

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**EFFECTO DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO PARA CONCRETOS
DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE 210 KG/CM² Y 280
KG/CM², ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA DE
COCHAMARCA – PASCO**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Wilmer Raphael CARHUAPOMA CARLOS

PASCO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“EFECTO DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO PARA CONCRETOS
DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE 210 KG/CM² Y 280
KG/CM², ELABORADOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA DE
COCHAMARCA – PASCO”**

Tesis Para el Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

PRESENTADO POR:

Bach. Wilmer Raphael CARHUAPOMA CARLOS

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE LA COMISIÓN DE JURADOS:

Mg. Julio Alejandro MARCELO AMES

PRESIDENTE

Mg. José German RAMIREZ MEDRANO

MIEMBRO

Ing. Mirko Paul RODRIGUEZ ROJAS

MIEMBRO

Ing. Pedro YARASCA CORDOVA

ASESOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo:

A mi Padre y Madre por todo el amor que me han brindado y por todos los sacrificios que han hecho por verme alcanzar esta meta.

A mis hermanos, por estar siempre a mi lado, mostrándome lo bueno que es compartir las cosas y los grandes momentos de felicidad y diversas emociones que siempre me han causado.

A mis amigos, por enseñarme, que no se necesita tener muchos, si no los mejores.

A los Ingenieros que me ofrecieron sus saberes y mejores conocimientos buscando encaminarme al éxito.

ÍNDICE

RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN.....	17

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1. DETERMINACION DEL PROBLEMA	18
1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMA	19
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	19
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	19
1.3. OBJETIVOS.....	20
1.3.1. OBJETIVOS GENERALES.....	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	20
1.4. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	20
1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.5.1. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.5.2. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.6. LIMITACIONES	23

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES	24
2.2. BASES TEORICO – CIENTIFICOS	25
2.2.1. EL CONCRETO	25
2.2.1.1. PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO	27

2.2.1.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO	48
2.2.2. EL AGREGADO EN EL CONCRETO.....	56
2.2.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS	57
2.2.3. LAS FIBRAS EN EL CONCRETO	65
A. CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS.....	65
B. TIPOS DE FIBRAS.....	66
B.1. FIBRAS DE ACERO.....	68
B.2. FIBRAS DE VIDRIO	68
B.3. FIBRAS NATURALES	69
B.4. FIBRAS DE POLIPROPILENO.....	70
2.2.4. DISEÑO DE CONCRETO.....	72
2.3. DEFINICION DE TÉRMINOS.....	78
2.4. HIPÓTESIS: GENÉRICO Y ESPECÍFICOS.....	81
2.4.1. HIPÓTESIS GENÉRICO.....	81
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	81
2.5. IDENTIFICACION DE VARIABLES.....	81
2.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	81
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	81
2.5.3. VARIABLES INTERVINIENTES.....	82

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	83
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	83

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	84
3.3.1. POBLACIÓN	84
3.3.2. MUESTRA.....	85
3.4. MÉTODOS DE INVESTIGACION	85
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	86
3.6. TECNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	87
3.6.1. TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS	87
A. EL AGREGADO	87
B. EL CEMENTO	92
C. EL AGUA	93
D. ADITIVOS.....	94
E. FIBRAS DE POLIPROPILENO.....	100
3.6.2. ANÁLISIS DE DATOS.....	112
A. EL AGREGADO	112
B. EL CEMENTO	112
C. EL AGUA	113
D. ADITIVOS.....	113
E. FIBRAS DE POLIPROPILENO.....	113
3.7. TRATAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS – DISEÑO DE MEZCLAS	114
3.7.1. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO 210 KG/CM2	114
3.7.2. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO 280 KG/CM2	119

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE CUADROS	124
4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	127
4.2.1. RESULTADOS PARA DISEÑO DE CONCRETO F'C=210KG/CM2	127
4.2.2. RESULTADOS PARA DISEÑO DE CONCRETO F'C=280 KG/CM2	129
4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	132
4.2.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERICO	132
4.2.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	132
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	134
4.2.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS PARA DISEÑO DE CONCRETO F'C=210KG/CM2	134
4.2.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS PARA DISEÑO DE CONCRETO F'C=280KG/CM2	136
CONCLUSIONES	138
RECOMENDACIONES	140
BIBLIOGRAFÍA	141
ANEXOS	143

LISTA DE CUADROS

Cuadro 01. Consistencia del concreto en función del asentamiento.....	30
Cuadro 02. Requisitos granulométricos para el agregado grueso.....	58
Cuadro 03. Límites para módulo de finura de agregado fino.....	63
Cuadro 04. Límites para módulo de finura de agregado grueso.....	63
Cuadro 05. Propiedades físicas del agregado fino.....	89
Cuadro 06. Propiedades físicas del agregado grueso.....	90
Cuadro 07. Límites máximos permisibles del agua para el concreto.....	93
Cuadro 08. Datos del agregado Fino y Grueso.....	112
Cuadro 09. Combinación de Agregados para concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$...	116
Cuadro 10. Peso de los materiales para un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$	118
Cuadro 11. Combinación de Agregados para concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$...	121
Cuadro 12. Peso de los materiales para un concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$	123
Cuadro 13. Rotura de probetas para diseño de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$	125
Cuadro 14. Rotura de probetas para diseño de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$	126
Cuadro 15. Resultados a 7 días para diseño de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$	127
Cuadro 16. Resultados a 14 días para diseño de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$	128
Cuadro 17. Resultados a 28 días para diseño de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$	128

Cuadro 18. Resultados a 7 días para diseño de concreto f'c=280kg/cm2.....	129
Cuadro 19. Resultados a 14 días para diseño de concreto f'c=280kg/cm2.....	130
Cuadro 20. Resultados a 28 días para diseño de concreto f'c=280kg/cm2.....	131
Cuadro 21. Resultados de diseño para concreto f'c=210kg/cm2.....	134
Cuadro 22. Resultados de diseño para concreto f'c=280kg/cm2.....	136

LISTA DE TABLAS

Tabla 01. Volumen unitario de agua.....	73
Tabla 02. Contenido de aire atrapado.....	73
Tabla 03. Módulo de fineza de la combinación de agregados.....	74
Tabla 04. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	74
Tabla 05. Relación agua/cemento por resistencia.....	75
Tabla 06. Contenido de aire incorporado y total.....	75
Tabla 07. Condiciones especiales de exposición.....	76
Tabla 08. Porcentaje de agregado fino.....	77
Tabla 09. Volumen unitario de agua.....	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Esquema Típico de la estructura interna del concreto endurecido.....	27
Figura 02. Cono De Abrams.....	29
Figura 03. Curva carga vs deformación típica del concreto.....	35
Figura 04. Curva carga vs deformación con diferentes relaciones agua/cemento.....	35
Figura 05. Prueba de Tensión Directa	39
Figura 06. Prueba de tensión indirecta – Esquema de Rotura y Fisuración.....	40
Figura 07. Prueba de tensión por flexión en especímenes prismáticas...	40
Figura 08. Resultados típicos de pruebas a tensión para varias relaciones agua/cemento.....	41
Figura 09. Curvas esfuerzo - deformación para concretos normales de diversas resistencias a la compresión.....	43
Figura 10. Idealización de la curva esfuerzo-deformación de concreto...	43
Figura 11. Efecto de la velocidad de carga en la resistencia a la compresión del concreto.....	44
Figura 12. Módulo de tangente y secante del concreto.....	45
Figura 13. Deformaciones longitudinales, transversales y volumétricas de una probeta sometida a carga axial.....	47
Figura 14. Curvas típicas de esfuerzo – deformación para concreto reforzado con fibras.....	66

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 01. Localización de la cantera Cochamarca.....	88
Imagen 02. Acopio del agregado insitu – cantera de Cochamarca.....	143
Imagen 03. Cemento tipo I, aditivo incorporador de aire y reductor de agua, usados en la investigación.....	143
Imagen 04. Ensayo de la arena y canto rodado, calculando sus propiedades físicas.....	144
Imagen 05. Pesado de las Fibras de Polipropileno para su uso en diferentes adiciones.....	144
Imagen 06. Mezclado de los materiales, en mezcladora de capacidad 1p3 obteniendo el concreto a ensayar en forma fresca.....	145
Imagen 07. Midiendo el Slump, del concreto a usar, la cual es de 6”, para nuestra investigación.....	145
Imagen 08. Determinando el contenido de aire en el concreto, por medio del método de presión, que debe estar entre 4 a 6%.....	146
Imagen 09. Probetas de concreto, con diferentes adiciones de fibras de polipropileno.....	146
Imagen 10. Ensayo de las probetas de concreto en la prensa, obteniendo la resistencia de compresión.....	147
Imagen 11. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=210$ kfg/cm ² sin adición.....	147
Imagen 12. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=210$ kfg/cm ² con adición de 2 kg de Macro fibra de polipropileno.....	147

Imagen 13. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=210$ kfg/cm ² con adición de 5 kg de Macro fibra de polipropileno.....	148
Imagen 14. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=210$ kfg/cm ² con adición de 9 kg de Macro fibra de polipropileno.....	148
Imagen 15. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=210$ kfg/cm ² con adición de 600 gr de micro fibra de polipropileno.....	148
Imagen 16. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=210$ kfg/cm ² con adición de 15 kg de fibra de acero.....	149
Imagen 17. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=280$ kfg/cm ² sin adición.....	149
Imagen 18. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=280$ kfg/cm ² con adición de 2 kg de Macro fibra de polipropileno.....	149
Imagen 19. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=280$ kfg/cm ² con adición de 5 kg de Macro fibra de polipropileno.....	150
Imagen 20. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=280$ kfg/cm ² con adición de 9 kg de Macro fibra de polipropileno.....	150
Imagen 21. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=280$ kfg/cm ² con adición de 600 gr de micro fibra de polipropileno.....	150

Imagen 22. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=280$ kfg/cm ² con adición de 15 kg de fibra de acero.....	151
---	-----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01. Curva Granulométrica del agregado fino.....	90
Gráfico 02. Curva Granulométrica del agregado grueso.....	91
Gráfico 03. Curva Granulométrica de agregado combinado, para concreto $f'c=210$ kg/cm ²	117
Gráfico 04. Curva Granulométrica de agregado combinado, para concreto $f'c=280$ kg/cm ²	122
Gráfico 05. Resultados a 7 días para diseño de concreto $f'c=210$ kg/cm ²	127
Gráfico 06. Resultados a 14 días para diseño de concreto $f'c=210$ kg/cm ²	128
Gráfico 07. Resultados a 28 días para diseño de concreto $f'c=210$ kg/cm ²	129
Gráfico 08. Resultados a 7 días para diseño de concreto $f'c=280$ kg/cm ²	130
Gráfico 09. Resultados a 14 días para diseño de concreto $f'c=280$ kg/cm ²	131
Gráfico 10. Resultados a 28 días para diseño de concreto $f'c=280$ kg/cm ²	131

RESUMEN

El presente estudio y los resultados presentados en este proyecto con énfasis de estructura, pretendió realizar una investigación, que aporte información relacionada con la utilización de fibras de polipropileno como refuerzo en el concreto, debido a la escasa o nula información que en la actualidad existe en nuestro país acerca de este material compuesto con agregados propios de nuestra región, en este caso, procedentes de la cantera “Cochamarca” ubicada en la localidad de Cochamarca, Distrito de Vicco, Provincia de Pasco, Región Pasco.

Se determinaron las propiedades físicas y mecánicas tanto de los agregados como del cemento a utilizar. En base a la resistencia a la compresión simple a la edad de 28 días en probetas cilíndricas de prueba, se seleccionó el Método propuesto por el A.C.I. para la obtención definitiva de la dosificación para la preparación de la mezcla, sin refuerzo, de 210 kg/cm² y 280 kg/cm². Luego se incorporaron, por separado, tres concentraciones distintas de fibra de polipropileno al mismo concreto definitivo obtenido anteriormente, con el objeto de seleccionar aquella que proporcione mejoras a la resistencia a la compresión simple.

Los resultados experimentales finales obtenidos, luego de comparar el comportamiento mecánico del concreto con fibra y aquel sin fibra, determinaron que el mejor comportamiento para el concreto $f'_c=210$ kg/cm², la concentración adecuada de macro fibra de polipropileno es de 9 kg por m³ de concreto y para el concreto $f'_c=280$ kg/cm², la concentración adecuada de macro fibra de polipropileno es de 5 kg por m³; incrementando la resistencia a la compresión de 12.03% y 13.32% respectivamente.

SUMMARY

The present study and the results presented in this 16lump16o with an emphasis on structure, intended to carry out research, which provides information related to the use of polypropylene fibers as reinforcement in concrete, due to the scarce or null information that currently exists in our country about this material composed of aggregates from our 16lump16, in this case, from the quarry "Cochamarca" located in the town of Cochamarca, Vicco District, Pasco Province, Pasco Region and Cemento Andino.

The physical and mechanical properties of both the aggregates and the cement to be used were determined. 16lump16on the simple compressive strength at the age of 28 days in cylindrical test specimens, the method proposed by the A.C.I. for the definitive obtaining of the dosage for the preparation of the mixture, without reinforcement, of 210 kg / cm² and 280 kg / cm². Then, three distinct concentrations of polypropylene fiber were incorporated separately into the same final concrete obtained previously, in order to select one that provides improvements to the simple compressive strength.

The final experimental results obtained, after comparing the mechanical behavior of concrete with fiber and that without fiber, determined that the best behavior for concrete $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$, the appropriate concentration of polypropylene macro fiber is 9 kg per m³ of concrete and for concrete $f'c = 280 \text{ kg / cm}^2$, the appropriate concentration of polypropylene macro fiber is 5 kg per m³; increasing compression resistance of 12.03% and 13.32% respectively.

INTRODUCCIÓN

El concreto como material de construcción, se ha convertido en el más utilizado en todo el mundo, por sus características de resistencia, versatilidad, durabilidad y economía, también debido a su fácil maleabilidad puede adaptarse a una gran cantidad de formas que lo hacen más versátil y además cuenta con resistencia al fuego.

En los últimos años, el uso de fibras como refuerzo del concreto ha tenido un auge importante en los diseños y producción de la mezcla, el rol principal de las fibras está ligado a reducir la fisuración por asentamiento, reducir la fisuración por contracción plástica, disminuir la permeabilidad, incrementar en la resistencia a la abrasión y al impacto.

A continuación en la investigación se añadirá fibras de polipropileno al concreto de diseños $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=280\text{kg/cm}^2$, cuya fibra de polipropileno es un aditivo de reforzamiento que se le añade al concreto, compuesta de material 100% virgen y cuenta con una forma de monofilamentos en dos presentaciones diferentes.

Además este trabajo, tendrá como beneficiarios para todas las entidades públicas y empresas privadas que se dedican a realizar proyectos y ejecutar obras de infraestructura en base al uso del concreto. Así mismo, para todos los profesionales de la construcción, buscando beneficiar a la Ciudad de Cerro de Pasco y a los distritos de alrededor, ubicada en el Perú Región Pasco.

Cabe resaltar que para nosotros, el presente trabajo nos ayudará a conocer el comportamiento de las fibras de polipropileno en el concreto, así como también las nuevas innovaciones de adiciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1. DETERMINACION DEL PROBLEMA

En la actualidad en nuestra Región Pasco se desconoce la variedad de materiales para reforzar el concreto, por ello se usa solo el acero como refuerzo Común.

Entre otros refuerzos podemos encontrar, los refuerzos naturales y sintéticos, en esta investigación nos centraremos en evaluar los efectos de las fibras de polipropileno como refuerzo al concreto de resistencias a la compresión de 210 kg/cm² y 280 kg/cm², cuyas fibras son refuerzos sintéticos.

En nuestra Provincia de Pasco, para la elaboración de concreto se usa los agregados de la localidad de Cochamarca, por ello se realizara los ensayos respectivos a dicha cantera, para estar al tanto de la calidad de agregado que se usa en las construcciones de nuestra localidad.

1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Qué efecto tendrán las fibras de polipropileno en las propiedades mecánicas de un concreto $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=280$ kg/cm², elaborado con agregados de la cantera de Cochamarca?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- a. ¿Cuál será la cantidad adecuada de fibra de polipropileno, que influirá al adicionarse al concreto, con resistencias a la compresión de 210 kg/cm² y 280 kg/cm²?
- b. ¿Cuánto será la resistencia a la compresión del concreto al adicionar las fibras de polipropileno y sin refuerzo alguno?
- c. ¿En cuánto variaran las resistencias del concreto con refuerzo y sin refuerzo de fibra de polipropileno?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVOS GENERALES

- a. Determinar el efecto que tienen de las fibras de polipropileno al adicionar en el concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$, elaborado con agregados de la cantera de Cochamarca.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a. Determinar la cantidad adecuada de fibra de polipropileno, que influirá al adicionarse al concreto, con resistencias a la compresión de 210 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 .
- b. Determinar la resistencia característica de los concretos diseñados, tanto para aquellos reforzados con fibras como para aquellos sin refuerzo alguno.
- c. Realizar comparaciones entre los valores de resistencia a la compresión simple de las probetas definitivas de hormigón con y sin refuerzo, para luego valorar la influencia de la adición de las Fibras de Polipropileno en la resistencia a la compresión en el concreto.

1.4. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

En actualidad en el Perú se ve influenciada por la llegada de una gran variedad de nuevas adhesiones que proporcionan una mejora al concreto, para ello tenemos la necesidad de saber las ventajas y desventajas de ellas, en esta ocasión se estudiara las Fibras de

polipropileno, que cuyas fibras aún no se encuentran en el mercado comercial.

Para ello en la presente investigación se enfocara en analizar, el comportamiento mecánico del concreto, añadiendo las fibras de polipropileno en diferentes adiciones, para el concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=280\text{kg/cm}^2$, elaborados con el agregado del Centro Poblado de Cochamarca.

1.5.IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad la industria de la construcción en nuestro país, tiene en el concreto, a uno de sus materiales principales e importantes para las consideraciones del diseño y costo de las obras que se proyectan y ejecutan. Es indiscutible que esta industria requiere del concreto de calidad para la ejecución de sus obras, lo cual hace inevitable la necesidad de agregados de calidad, que cumplan las especificaciones señaladas en normas técnicas nacionales e internacionales.

Inclusive las instituciones importantes alrededor del mundo han publicado numerosas normas y métodos para experimentación de concreto reforzados con distintos tipos de fibras. La mayoría de estas instituciones tales como la ACI, ASTM, de origen Americano o la BSI (British Standards Institution), de origen Británico, desarrollan programas de investigación de manera constante en sus respectivos países, para los cuales se emplean, en todos los casos, materia prima propia de sus regiones. Materia prima, que por cierto, dista mucho de poseer al menos similares características tanto físicas como mecánicas a las del resto de regiones del mundo. Lo cual hace

que aquellas normas internacionales para el diseño de concreto (sean o no reforzados), que mencionamos anteriormente, no se apliquen para materiales propios de nuestra región Pasco, en particular nuestro país, Perú.

Además para obtener un buen concreto depende del agregado, generalmente en nuestra zona se usa, los agregados provenientes de la localidad de Cochamarca, por ello es importante hacer la investigación con agregados provenientes de esa localidad.

Por otra parte, el uso del concreto reforzado con fibras está avanzando a una gran velocidad debido a varios factores, al constante incremento del precio del acero estructural y de sus derivados para el refuerzo del concreto durante los últimos años, a las nuevas tendencias constructivas, a las exigencias actuales de la industria de la construcción y a la gran variedad de tipos de fibras aparecidas en los últimos años que ha entrado en competencia con las fibras de acero más tradicionales, dicho sea de paso, siendo esta última la razón por la cual el interés tras las Fibras de Polipropileno.

1.5.2. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo desarrollado posee una estructura explicativa y pertenece a las Ciencias Básicas de la Carrera de Ingeniería Civil. Tiene un alcance referido a la Tecnología del Concreto y los aspectos puntuales que comprende la investigación están referidos a las nuevas adiciones que se pueden realizar para obtener un concreto de mejor calidad.

1.6. LIMITACIONES

- a. El trabajo de investigación alcanzara estudios de pre grado, con la aplicación de todos los conocimientos adquiridos en las aulas universitarias y las experiencias adquiridas en el desempeño de la carrera profesional.

- b. Esta investigación comprende solo para aquellos concretos elaborados con la Cantera de Cochamarca y para concretos 210 kg/cm² y 280 kg/cm².

- c. La poca o nula comercialización de las fibras de polipropileno en la región de Pasco y a nivel Nacional, esto con lleva a la escasa información sobre las fibras de polipropileno.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES

El concreto fue usado por primera vez en Roma alrededor de la tercera centuria antes de Cristo. Estaba constituido por agregados unidos mediante un aglomerante conformado por una mezcla de cal y ceniza Volcánica. Ese material podía sumergirse en agua manteniendo sus propiedades a diferencia de los morteros de cal usados siglos antes en la antigua Creta. La obra más grande erigida por los romanos fue el panteón con su bóveda de 43.20 m. de diámetro. El uso de este material en la construcción paso al olvido con la caída del Imperio y no fue sino hasta mediados del siglo XVIII que su uso se extendió nuevamente.

Pero no es hasta el año 1915 cuando llega al Perú la compañía constructora norteamericana Fundación Co. Para ejecutar entre muchos proyectos el terminal marítimo del Callao y la pavimentación de Lima. Es esta compañía la que trae los primeros hornos para la fabricación del cemento con lo que se inicia la tecnología del concreto local. En el año 1916 la compañía peruana de cemento portland compra los hornos a la Fundación e instala en el Rímac la primera fábrica de cemento comercial del Perú (compañía peruana de cemento portland) empleando materia prima de Atocongo. Entre 1955 y 1975 se crean las fábricas de cemento Chilca, Lima, Andino, Chiclayo, Pacasmayo, Sur y Yura, que van desarrollando diferentes tipos de cemento.

En la década de los 70 se comenzaron a utilizar en los países europeos pero es en España donde cobra más fuerza, se utilizaban concretos reforzados con fibras en diversos ámbitos: pavimentación de tableros de puentes, pavimentos industriales, contenedores de puertos, revestimientos de túneles, prefabricados, etc.

En la actualidad, la construcción de pavimentos y revestimientos de túneles con concreto reforzado con fibras de acero han tenido gran éxito. También cabe destacar su aplicación en el ámbito militar, utilizándose en pavimentación de carros de combate, hangares y recintos protegidos frente al impacto de metralla o proyectiles.

2.2. BASES TEORICO – CIENTIFICOS

2.2.1. EL CONCRETO

Del latín *concrētus*, concreto es un adjetivo que permite hacer mención a algo sólido, material o compacto. El concepto tiene otro uso en varios países latinoamericanos, derivado del vocablo

inglés *concrete*. En este caso, el concreto es la **mezcla de piedras y mortero** conocida también como **hormigón**.

El concreto es el material constituido por la mezcla en 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.

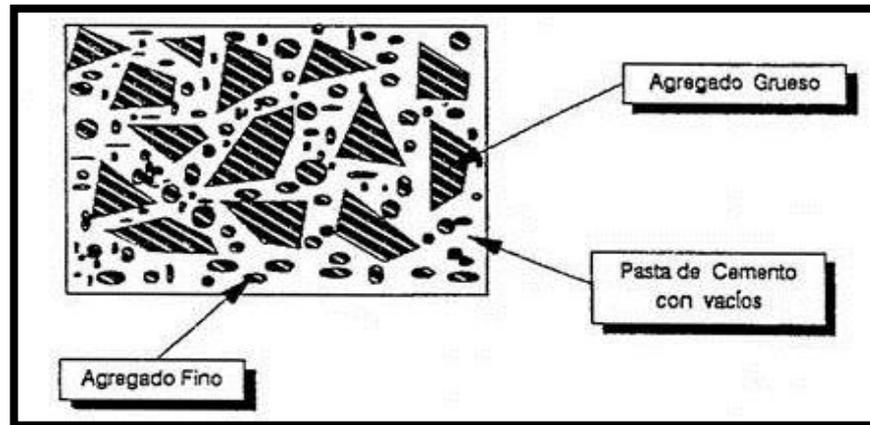
De esta definición se desprende que se obtiene un producto híbrido, que conjuga en mayor o menor grado a las características de los componentes, que bien proporcionados, aportan una o varias de sus propiedades individuales para construir un material manifiestan un comportamiento particular y original.

En consecuencia, para poder dominar el uso de este material, hay que conocer no solo las manifestaciones del producto resultante, sino también la de los componentes y sus interrelaciones, ya que son en primera instancia los que le confieren su particularidad.

Como cualquier material, se contrae al bajar la temperatura, se dilata si esta aumentada, se ve afectado por sustancias agresivas y se rompe si es sometido a refuerzos que superan sus posibilidades, por lo que responde perfectamente a las leyes físicas y químicas.

2.2.1.1. PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO

Figura 01. Esquema Típico de la estructura interna del concreto endurecido



En la **Fig. 01** 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.

2.2.1.1.1. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

a. Trabajabilidad – Consistencia:

Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas del proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación, no necesariamente resulta tal si dichas condiciones cambian.

Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa.

Por lo general un concreto es trabajable en la mayoría de circunstancias, cuando durante su desplazamiento mantiene

siempre una película de mortero de al menos $\frac{1}{4}$ " sobre el agregado grueso.

El método tradicional de *medir* la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el "Slump" o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo debe tenerse clara la idea que es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad, pues es fácilmente demostrable que se pueden obtener concretos con igual slump pero trabajabilidades notablemente diferentes para las mismas condiciones de trabajo.

Figura 02. Cono de Abrams



- El cono de Abrams, como se puede observar en la **fig. 02**, es un molde de forma troncocónica que tiene una altura de 30 cm, el cual es rellenado con el concreto objeto de ensayo. La pérdida de altura que experimenta la masa fresca del concreto una vez desmoldada, expresada en centímetros, da una medida de su consistencia, Se llena el molde en tres capas y se apisona cada capa con 25 golpes de la varilla-pisón distribuidas uniformemente.

- La capa inferior se llena hasta aproximadamente 1/3 del volumen total y la capa media hasta aproximadamente 2/3 del volumen total del cono, es importante recalcar que no se debe llenar por alturas, sino por volúmenes.
- La mesa de sacudidas sirve para someter a una masa de concreto hormigón fresco, de forma determinada, a una serie de sacudidas normalizadas, midiéndose el escurrimiento experimentado.

De acuerdo a la consistencia del concreto se clasifican en: seca, plástica, blanda, fluida y líquida. En el cuadro 01 se indican los tipos de estados de consistencia del concreto en función del asentamiento que se obtiene a través del cono de Abrams. La consistencia líquida no es admisible para concreto armado.

Cuadro 01. Consistencia del concreto en función del asentamiento

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
Seca (S)	0 a 2 cm
Plástica (P)	3 a 5 cm
Blanda (B)	6 a 9 cm
Fluida (F)	10 a 15 cm
Líquida (L)	>16 cm

*Según la citada normativa, y salvo en aplicaciones específicas que así se requiera, se debe evitar la aplicación de las consistencias seca y plástica, así como tampoco la

líquida, salvo que se consiga mediante aditivos súper plastificantes.

b. Movilidad – Segregación

Es la facilidad del concreto a ser desplazado mediante la aplicación de trabajo externo. Se evalúan en función de la viscosidad, cohesión y resistencia interna al corte.

La viscosidad viene dada por la fricción entre las capas de la pasta de cemento, la cohesión es la fuerza de adherencia entre la pasta de cemento y los agregados, y la resistencia interna al corte la provee la habilidad de las partículas de agregados a rotar y desplazarse dentro de la pasta.

Las diferencia 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 con los agregados finos es sólo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales) lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz.

Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración 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. En los concretos con contenidos de piedra > del 55% en peso con respecto al peso total de agregados, es frecuente confundir la segregación con la apariencia normal de estos concretos, lo cual es muy simple de verificar obteniendo dos muestras de concreto fresco de sitios diferentes y comparar

el contenido de gruesos por lavado, que no deben diferir en más de 6%.

c. Exudación – Contracción

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 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 pudiera tener.

No debe caerse en el error de considerar que la exudación es una condición anormal del concreto, ni en la práctica usual de “secar” el concreto espolvoreando cemento en la superficie ya que si esto se ejecuta mientras aún hay exudación, se crea una capa superficial muy delgada de pasta que en la parte inferior tiene una interface de agua que la aísla de la masa original.

En estas condiciones, al producirse la contracción por secado o cambios volumétricos por temperatura esta película delgada de pasta se agrieta, produciéndose el patrón de fisuración tipo panal de abeja, que los norteamericanos denominan “crazing”.

Si se espolvorea cemento cuando la exudación ha terminado, integrado la pasta con la mezcla original se logra reducir la relación Agua/Cemento en la superficie con resultados positivos en cuanto a durabilidad al desgaste.

La prueba estándar para medir la exudación está definida por la norma MTC E713-2000 necesitándose sólo una pipeta como equipo adicional a las balanzas, moldes y probetas graduadas que constituyen lo normal en laboratorio.

La contracción Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia.

Ya hemos visto que la pasta de cemento necesariamente se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación química, y a esto se le llama contracción intrínseca que es un proceso irreversible.

Pero además existe otro tipo de contracción inherente también a la pasta de cemento y 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.

2.2.1.1.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

a. Elasticidad

En general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente.

El concreto no es un material elástico estrictamente hablando, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga vs deformación en compresión, sin embargo, convencionalmente se acostumbra definir un “Módulo de elasticidad estático” del concreto mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama, o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido que normalmente es un % de la tensión última

En la Fig. 03 se esquematiza la curva Carga vs Deformación Típica del concreto y en la Fig. 04 se muestran curvas Carga vs Deformación para concretos con diferentes relaciones Agua/Cemento, los módulos de Elasticidad normales oscilan entre 250,000 a 350,000 kg/cm² y están en relación inversa con la relación Agua/Cemento.

Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de Elasticidad mayores y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres. La norma que establece como determinar el Módulo de elasticidad estático del concreto es la ASTM C- 469.

Figura 03. Curva Carga vs Deformación Típica del Concreto

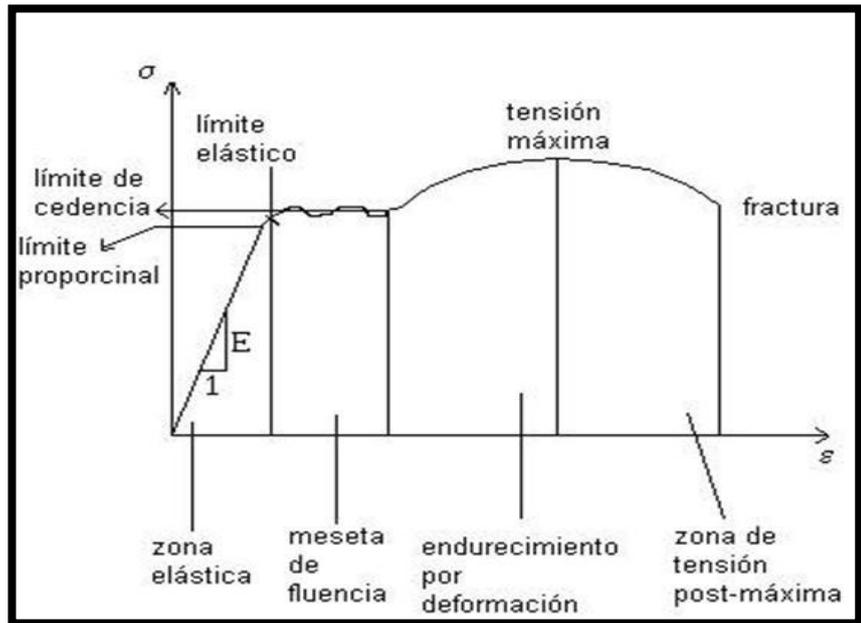
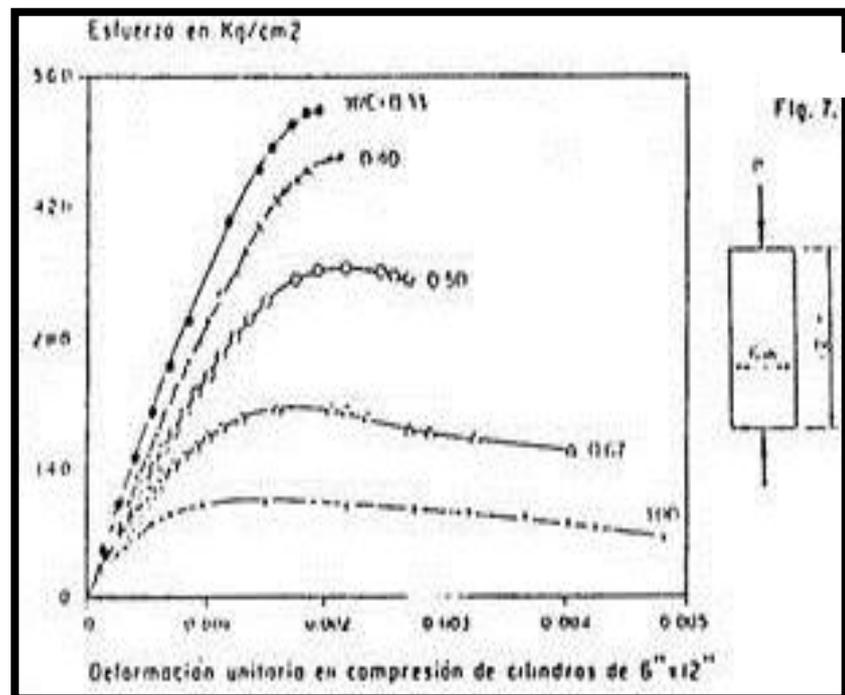


Figura 04. Curva Carga vs Deformación para concretos con diferentes relaciones Agua/Cemento



b. Resistencia

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.

La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, 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.

Un factor indirecto pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegan a desarrollar completamente las características resistentes del concreto.

c. 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.

La microfisuración aparece normalmente alrededor del 60% del esfuerzo último, y a una deformación unitaria de 0.0012, y en condiciones normales la figuración visible aparece para 0.003 de deformación unitaria.

d. Resistencia a la Compresión

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², Mpa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).

El ensayo universalmente conocido para determinar la resistencia a la compresión, es el ensayo sobre probetas cilíndricas elaboradas en moldes especiales que tienen 150 mm de diámetro y 300 mm de altura. Las normas NTC 550 y 673 son las que rigen los procedimientos de elaboración de los cilindros y ensayo de resistencia a la compresión respectivamente.

Es de vital importancia que se cumpla con todos los requerimientos presentes en las normas mencionadas, pues como hemos visto la resistencia del concreto se encuentra influenciada por muchas variables tanto internas como

externas, por tanto es indispensable que los procedimientos de elaboración de los cilindros y ensayo de los mismos sean estándares para evitar incluir otra variable más a los resultados de resistencia. A continuación se presentan los aspectos más importantes a tener en cuenta durante los procesos de elaboración, curado y ensayo de los especímenes, de acuerdo con la NTC673, NTC 550 y NTC 1377:

- Se debe garantizar que los moldes para la elaboración de los cilindros produzcan especímenes con las dimensiones establecidas en la norma.
- Antes de colocar el concreto en los moldes, estos se deben impregnar en su interior con un material que evite que el concreto se adhiera a la superficie del molde.
- Los cilindros se deben confeccionar en tres capas iguales, apisonando cada capa de acuerdo con los requerimientos de la norma.
- Los cilindros recién elaborados deben permanecer en reposo en un sitio cubierto y protegido de cualquier golpe o vibración, para ser desencofrados a las 24 horas +/- 8 horas.
- Una vez desencofrados, los cilindros se deben curar a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y a una humedad relativa $>95\%$, hasta el día del ensayo.
- Las tapas del cilindro se deben refrendar para garantizar que la superficie del cilindro sea totalmente plana, de lo

contrario se pueden presentar concentraciones de esfuerzos que disminuyen la resistencia del cilindro.

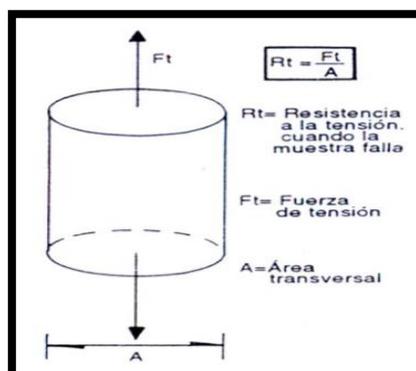
- La carga se debe aplicar a una velocidad que se encuentre dentro del intervalo de 0.14 Mpa/s a 0.34 Mpa/s y la velocidad escogida se debe mantener al menos durante la última mitad de la fase de carga prevista del ciclo de ensayo.

e. Resistencia a la Tensión

La resistencia a tensión depende de las resistencias a tensión propias de la pasta cemento y los agregados, y de la adherencia que se genera entre ambos, la influencia relativa de estos factores puede variar en función de los procedimientos que se utilizan para determinar la resistencia del concreto a tensión, que son básicamente tres y se presentan esquemáticamente.

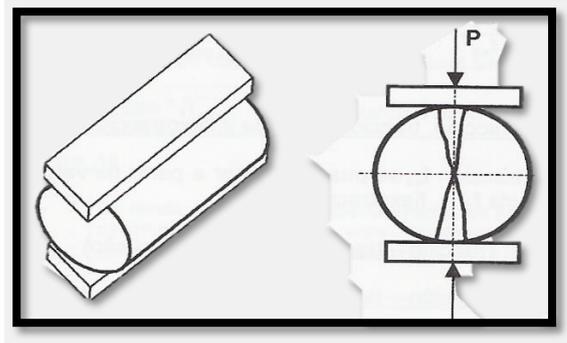
- **PRUEBA DE TENSIÓN DIRECTA:** Por medio del ensayo de especímenes cilíndricos o prismáticos, sometidos a una fuerza de tensión axial.

Figura 05. Prueba de Tensión Directa



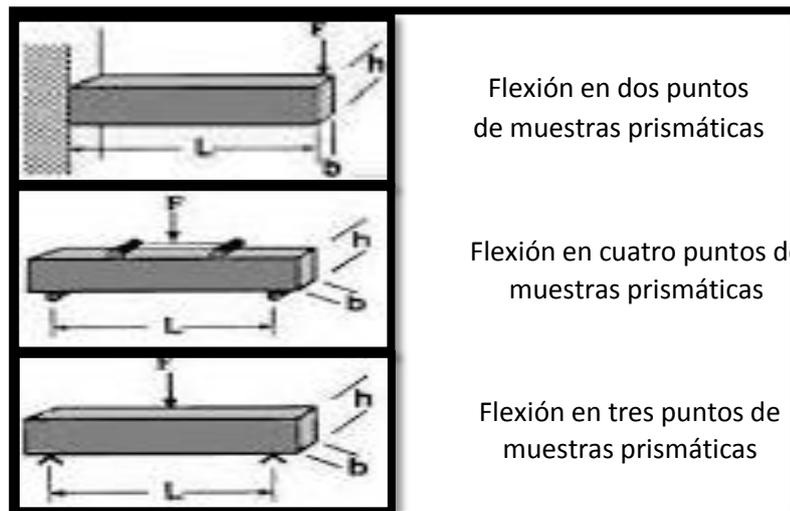
- **PRUEBA DE TENSIÓN INDIRECTA:** Mediante el ensayo de especímenes cilíndricos, sujetos a una carga de compresión diametral.

Figura 06. Prueba de Tensión Indirecta – Esquema de Rotura y Fisuración



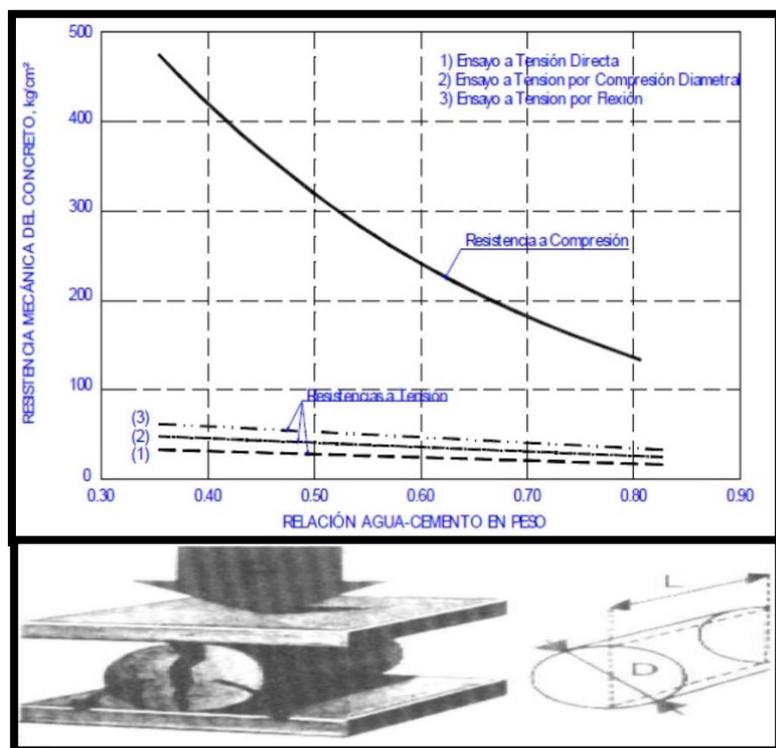
- **PRUEBA DE TENSIÓN POR FLEXIÓN EN ESPECÍMENES PRISMÁTICAS (VIGAS):** Los cuales pueden ser ensayados opcionalmente con una carga en el centro del claro, o con dos cargas concentradas iguales aplicadas en los dos tercios del claro.

Figura 07. Prueba de tensión por Flexión en Especímenes Prismáticas



La determinación de la resistencia a la tensión del concreto puede conducir a resultados diferentes, según el procedimiento que se utilice para medirla: en condiciones comparables, la prueba de tensión directa produce el valor de resistencia más bajo y la prueba a flexión el más alto, quedando en una posición intermedia la resistencia a la prueba por flexión el más alto, quedando en una posición intermedia la resistencia a tensión determinada por compresión diametral. No ocurre así cuando se trata de evaluar la resistencia a compresión, para cuya determinación sola se dispone de un procedimiento normalizado, de aceptación general. Resultados típicos de pruebas a tensión para varias relaciones agua – cemento, se muestra en la figura 08.

Figura 08. Resultados Típicos de Pruebas a Tensión para Varias Relaciones Agua/Cemento



A falta de información experimental confiable podrá considerarse, para concretos de peso normal (2240 a 2400 kg/m³), que la resistencia del concreto a tracción por flexión (Módulo de rotura), por la siguiente formula: (RNE E-060)

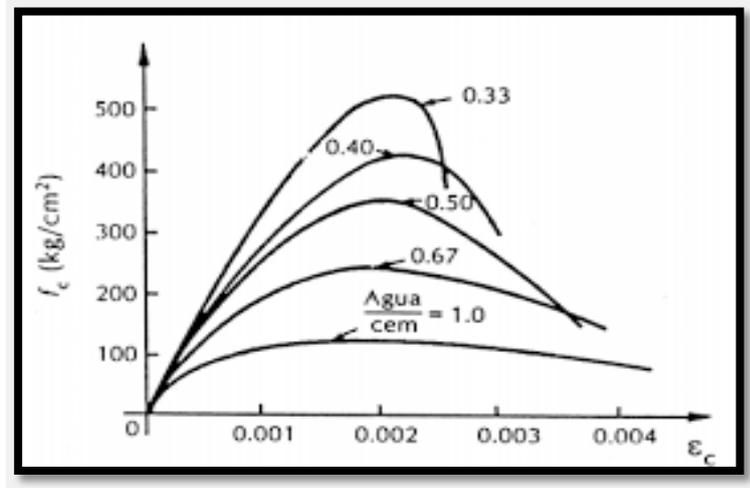
$$f'_{r} = 0.62\sqrt{f'_{c}} \quad \text{(Ecuación 01)}$$

f. Relación esfuerzo-deformación del concreto a compresión:

En la fig. 09 se muestran las curvas esfuerzo-deformación para concretos normales de diversas resistencias a la compresión. Las gráficas tienen una rama ascendente casi lineal cuya pendiente varía de acuerdo a la resistencia y se extiende hasta aproximadamente 1/3 a 1/2 de f'_{c} .

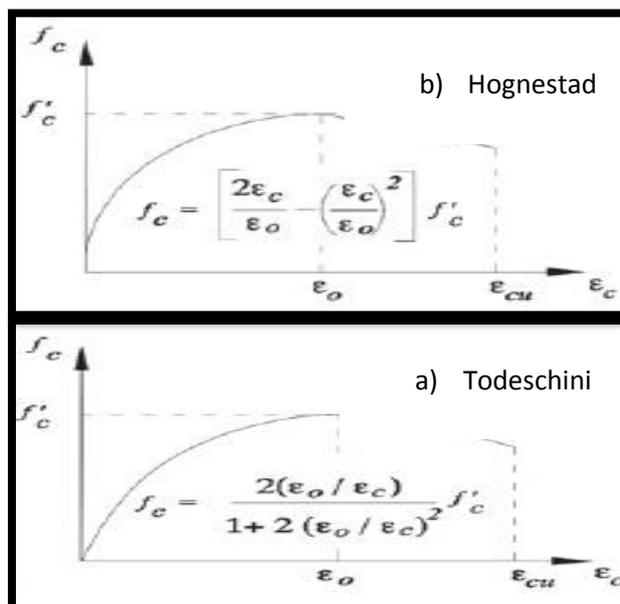
Posteriormente adoptan la forma de una parábola invertida cuyo vértice corresponde al esfuerzo máximo en compresión. La deformación correspondiente a este punto es mayor para los concretos más resistentes. Sin embargo, para los de menor resistencia es casi constante e igual 0.002. La rama descendente de las gráficas tiene una longitud y pendiente que varía de acuerdo al tipo de concreto. Para concretos de resistencias bajas tiende a tener menor pendiente y mayor longitud que para concretos de resistencias mayores. De ello se deduce que los concretos menos resistentes son los más dúctiles.

Figura 09. Curva Esfuerzo-Deformación para Concretos Normales de Diversas Resistencias a la Compresión



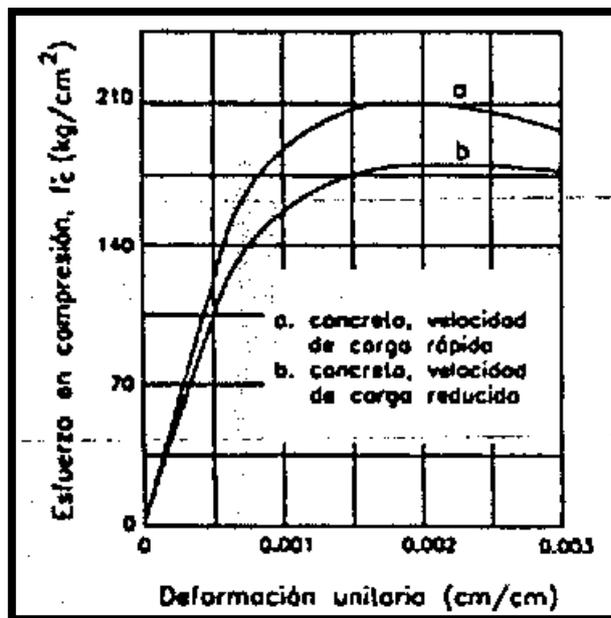
Hognestad y Todeschini han propuesto idealizaciones de la curva esfuerzo- deformación del concreto, las cuales se muestran en la fig. 10.

Figura 10. Idealización de la curva esfuerzo-deformación de concreto.



La curva esfuerzo-deformación del concreto varía de acuerdo a la velocidad de aplicación de la carga máxima como se muestra en la fig. 11. Si ésta se incrementa a un ritmo mayor, la resistencia máxima obtenida es mayor que si la carga se incrementa a razón menor, este efecto debe tenerse presente cuando se analice los resultados de las pruebas estándar elaboradas en el laboratorio.

Figura 11. Efecto de la velocidad de carga en la resistencia a la compresión del concreto.



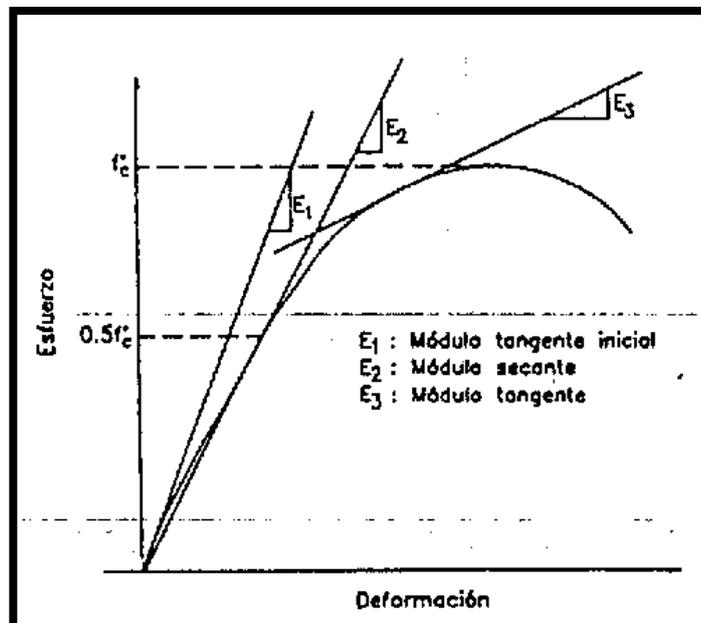
El módulo de elasticidad de un material es un parámetro que mide la variación de esfuerzo en relación a la deformación en el rango elástico. Es función del ángulo de la línea esfuerzo-deformación y es una medida de la rigidez o resistencia a la deformación de dicho material. El concreto presenta un comportamiento elastoplástico y por ello los esfuerzos no son

directamente proporcionales a la deformación. Por lo anterior, ha sido necesario definir términos como módulo secante y módulo tangente en un intento por convenir un valor para el módulo de elasticidad del concreto.

El modulo tangente se define como la pendiente de la recta tangente a la curva esfuerzo-deformación en un punto de ella. En particular, el modulo tangente que corresponde al esfuerzo nulo se denomina módulo tangente inicial. La determinación de este parámetro es difícil pues la recta tangente en el origen no está bien definida. Por su parte, el modulo secante es la pendiente de una recta secante a la curva, que une el punto de esfuerzo cero con otro cualquiera de la curva.

El modulo secante es más fácil de determinar que el modulo tangente, por ello, es el más utilizado.

Figura. 12. Módulo de tangente y secante del concreto



Para definir el módulo de elasticidad del concreto, el ACI emplea el concreto de modulo secante y propone (ACI-8.5.1):

$$E_c = 0.14W^{1.5}\sqrt{f'_c} \quad \text{(Ecuación 02)}$$

Donde:

E_c = Módulo de elasticidad del concreto.

W = Peso unitario del concreto en kg/cm^3 . La ecuación (01) es válida si este parámetro esta entre 1440 y 2480 kg/cm^3 .

f'_c = Resistencia a la compresión del concreto.

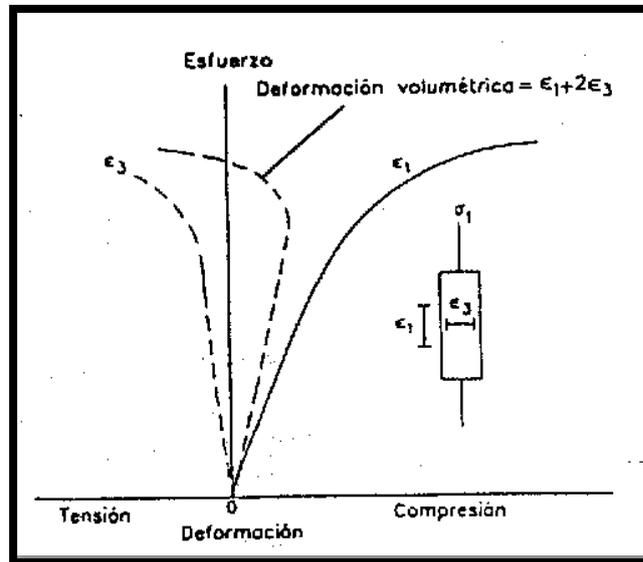
Para concretos normales, con pesos unitarios de aproximadamente 2300 kg/m^3 se usa también la siguiente expresión.

$$E_c = 15100\sqrt{f'_c} \quad \text{(Ecuación 03)}$$

g. Módulo de Poisson

El valor de este parámetro para el concreto oscila entre 0.15 y 0.20. En la fig. 13 se muestra las deformaciones longitudinales, transversales y volumétricas de una probeta sometida a carga axial. Como se aprecia, el volumen del espécimen disminuye durante casi toda la historia de carga. Solamente en la etapa final, aumenta dada las grandes deformaciones que experimenta.

Figura. 13. Deformaciones longitudinales, transversales y volumétricas de una probeta sometida a carga axial.



h. Módulo Elasticidad y Módulo de Corte (RNE E-060)

Para concreto de peso Unitario w_c comprendido entre 1450 y 2500 kg/m³, el módulo de elasticidad, E_c , para el concreto puede tomarse como:

$$E_c = (w_c)^{1.5} 0.043 \sqrt{f'_c} \quad (\text{en MPa}) \quad \text{(Ecuación 04)}$$

Para concreto de peso unitario normal ($w_c = 2300$ kg/m³), E_c , puede tomarse como:

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \quad (\text{en MPa}) \quad \text{(Ecuación 05)}$$

Pueden usarse otros valores de E_c que estén suficientemente respaldados por resultados de laboratorio.

En ausencia de resultados experimentales confiables, el módulo de rigidez al al esfuerzo cortante del concreto se podrá suponer igual a:

$$G = \frac{E_c}{2.3} \quad \text{(Ecuación 06)}$$

2.2.1.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO

a. El Cemento

El cemento es el material más activo de la mezcla de concreto, por tanto sus características y sobre todo su contenido (proporción) dentro de la mezcla tienen una gran influencia en la resistencia del concreto a cualquier edad. A mayor contenido de cemento se puede obtener una mayor resistencia y a menor contenido la resistencia del concreto va a ser menor.

El cemento debe cumplir con los requisitos de las NTP correspondientes.

b. Relación Agua-Cemento y Contenido De Aire

En el año de 1918 Duff Abrams formuló la conocida “Ley de Abrams”, según la cual, para los mismos materiales y condiciones de ensayo, la resistencia del concreto completamente compactado, a una edad dada, es inversamente proporcional a la relación agua-cemento. Este es el factor más importante en la resistencia del concreto:

$$\text{Relación agua-cemento} = A/C$$

Siendo:

A = Contenido de agua en la mezcla en kg

C = Contenido de cemento en la mezcla en kg

De acuerdo con la expresión anterior, existen dos formas de que la relación agua-cemento aumente y por tanto la resistencia del concreto disminuya: aumentando la cantidad de agua de la mezcla o disminuyendo la cantidad de cemento. Esto es muy importante tenerlo en cuenta, ya que en la práctica se puede alterar la relación agua-cemento por adiciones de agua después de mezclado el concreto con el fin de restablecer asentamiento o aumentar el tiempo de manejabilidad, lo cual va en detrimento de la resistencia del concreto y por tanto esta práctica debe evitarse para garantizar la resistencia para la cual el concreto fue diseñado.

También se debe tener en cuenta si el concreto va a llevar aire incluido (naturalmente atrapado más incorporado), debido a que el contenido de aire reduce la resistencia del concreto, por lo tanto para que el concreto con aire incluido obtenga la misma resistencia debe tener una relación agua-cemento más baja.

c. Influencia de los Agregados

La distribución granulométrica juega un papel importante en la resistencia del concreto, ya que si esta es continua permite la máxima capacidad del concreto en estado fresco y una mayor densidad en estado endurecido, lo que se traduce en una mayor resistencia.

La forma y textura de los agregados también influyen. Agregados de forma cúbica y rugosa permiten mayor adherencia de la interfase matriz-agregado respecto de los agregados redondeados y lisos, aumentando la resistencia del concreto. Sin embargo este efecto se compensa debido a que los primeros requieren mayor contenido de agua que los segundos para obtener la misma manejabilidad.

La resistencia y rigidez de las partículas del agregado también influyen en la resistencia del concreto.

CONSIDERACIONES DEL AGREGADO (RNE E-060)

- Los agregados para concreto deben cumplir con las NTP correspondientes.
- Los agregados que no cumplan con los requisitos indicados en las NTP, podrán ser utilizados siempre que el Constructor demuestre, a través de ensayos y por experiencias de obra, que producen concretos con la resistencia y durabilidad requeridas.
- El tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a ninguna de:
 - (a) $1/5$ de la menor separación entre los lados del encofrado.
 - (b) $1/3$ de la altura de la losa, de ser el caso.
 - © $3/4$ del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos. Estas limitaciones se pueden omitir si se demuestra que la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales

que el concreto se puede colocar sin la formación de vacíos o “cangrejas”.

- Los agregados que no cuenten con un registro o aquellos provenientes de canteras explotadas directamente por el Contratista, podrán ser aprobados por la Supervisión si cumplen con los ensayos normalizados que considere convenientes. Este procedimiento no invalida los ensayos de control de lotes de agregados en obra.
- Los agregados fino y grueso deberán ser manejados como materiales independientes. Cada una de ellos deberá ser procesado, transportado, manipulado, almacenado y pesado de manera tal que la pérdida de finos sea mínima, que mantengan su uniformidad, que no se produzca contaminación por sustancias extrañas y que no se presente rotura o segregación importante en ellos.
- Los agregados a ser empleados en concretos que vayan a estar sometidos a procesos de congelación y deshielo y no cumplan con el acápite 5.2.2 de la NTP 400.037 podrán ser utilizados si un concreto de propiedades comparables, preparado con agregado del mismo origen, ha demostrado un comportamiento satisfactorio cuando estuvo sometido a condiciones de intemperismo similares a las que se esperan.
- El agregado fino podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes. Deberá estar

libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas.

- El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa; deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas.
- La granulometría seleccionada para el agregado deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
- El lavado de los agregados se deberá hacer con agua potable o agua libre de materia orgánica, sales y sólidos en suspensión.
- El agregado denominado “hormigón” corresponde a una mezcla natural de grava y arena. El “hormigón” sólo podrá emplearse en la elaboración de concretos con resistencia en compresión no mayor de 10 Mpa a los 28 días. El contenido mínimo de cemento será de 255 Kg/m³. El hormigón deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica y otras sustancias dañinas para el concreto. En lo que sea aplicable, se seguirán para el hormigón las recomendaciones indicadas para los agregados fino y grueso.

d. Tamaño Máximo del Agregado

Antes de entrar a mirar cómo influye el tamaño máximo en la resistencia del concreto, se debe mencionar el término “eficiencia del cemento” el cual se obtiene de dividir la resistencia de un concreto por su contenido de cemento.

Recientes investigaciones sobre la influencia del tamaño máximo del agregado en la resistencia del concreto concluyen lo siguiente:

Para concretos de alta resistencia, mientras mayor sea la resistencia requerida, menor debe ser el tamaño del agregado para que la eficiencia del cemento sea mayor.

Para concretos de resistencia intermedia y baja, mientras mayor sea el tamaño del agregado, mayor es la eficiencia del cemento.

En términos de relación agua-cemento, cuando esta es más baja, la diferencia en resistencia del concreto con tamaños máximos, menores o mayores es más pronunciada.

e. Fraguado del Concreto

Otro factor que afecta la resistencia del concreto es la velocidad de endurecimiento que presenta la mezcla al pasar del estado plástico al estado endurecido, es decir el tiempo de fraguado. Por tanto es muy importante su determinación.

f. Edad del Concreto

En general, se puede decir que a partir del momento en que se presenta el fraguado final del concreto, comienza realmente el

proceso de adquisición de resistencia, el cual va aumentando con el tiempo.

Con el fin de que la resistencia del concreto sea un parámetro que caracterice sus propiedades mecánicas, se ha escogido arbitrariamente la edad de 28 días como la edad en la que se debe especificar el valor de resistencia del concreto.

Se debe tener en cuenta que las mezclas de concreto con menor relación agua-cemento aumentan de resistencia más rápidamente que las mezclas de concreto con mayor relación agua-cemento.

g. El Agua en el Concreto

CONSIDERACIONES:

- El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable.

- Se podrán utilizar aguas no potables sólo si:
 - (a) Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elementos embebidos.

 - (b) La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basa en ensayos en los que se ha utilizado agua de la fuente elegida.

© Los cubos de mortero para ensayos, hechos con agua no potable, deben tener resistencias a los 7 y 28 días, de por lo menos 90% de la resistencia de muestras similares hechas con agua potable. La comparación de los ensayos de resistencia debe hacerse en morteros idénticos, excepto por el agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo con la NTP 334.051.

- Las sales u otras sustancias nocivas presentes en los agregados y/o aditivos deberán sumarse a las que pueda aportar el agua de mezclado para evaluar el contenido total de sustancias inconvenientes.
- La suma de los contenidos de ión cloruro presentes en el agua y en los demás componentes de la mezcla (agregados y aditivos) no deberán exceder los valores indicados en la Tabla 4.5 del Capítulo 4, del RNE E-060.
- No se utilizará en el curado del concreto ni en el lavado del equipo, aquellas aguas que no cumplan con los requisitos anteriores.
- El curado del concreto es el proceso mediante el cual se controla la pérdida de agua de la masa de concreto por efecto de la temperatura, sol, viento, humedad relativa, para garantizar la completa hidratación de los granos de cemento y por tanto garantizar la resistencia final del concreto. El objeto del curado es mantener tan saturado como sea posible el concreto para permitir la total hidratación del cemento; pues

si está no se completa la resistencia final del concretos se disminuirá.

h. Temperatura

La temperatura es otro de los factores externos que afecta la resistencia del concreto, y su incidencia es la siguiente:

Durante el proceso de curado, temperaturas más altas aceleran las reacciones químicas de la hidratación aumentando la resistencia del concreto a edades tempranas, sin producir efectos negativos en la resistencia posterior.

Temperaturas muy altas durante los procesos de colocación y fraguado del concreto incrementan la resistencia a muy temprana edad pero afectan negativamente la resistencia a edades posteriores, especialmente después de los 7 días, debido a que se da una hidratación superficial de los granos de cemento que producen una estructura físicamente más pobre y porosa.

2.2.2. EL AGREGADO EN EL CONCRETO

El agregado según la ASTM es aquel material granular el cual puede ser arena, grava, piedra triturada o escoria, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico.

2.2.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS

a. Análisis Granulométrico. (NTP 400.012)

El Análisis Granulométrico se usa para determinar la gradación o distribución del tamaño de partículas en una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor de los materiales propuestos para su uso como agregados o los que están siendo utilizados como tales. Para realizar el Análisis Granulométrico del agregado grueso se sigue el siguiente procedimiento:

- Tomar una muestra de agregado de acuerdo a la NTP 400.010.
- Mezclar completamente la muestra y reducirla a la cantidad necesaria para el ensayo, aplicando la norma NTP 400.043.
- Secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ (Si se necesita resultados rápidos, no es necesario secar el agregado grueso, ya que los resultados varían muy poco) (NTP 400.012).
- Seleccionar tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida.
- Encajar los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra sobre el tamiz superior.

- Agitar los tamices manualmente o por medio de un aparato mecánico por un período suficiente, de tal manera que al final no más del 1% de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual.
- Verificar la masa total del material con la masa colocada en cada tamiz luego del tamizado. Si la cantidad difiere en más de 0.3% de la masa original, el resultado no deberá utilizarse.

La norma ASTM C33 establece los límites granulométricos, donde debe de estar comprendido el agregado grueso con el fin de que sea apto para la elaboración de concretos.

Cuadro 02. Requisitos granulométricos para el agregado grueso.

Tamaño Nominal	Requisitos granulométricos para el agregado grueso % que pasa por los tamices normalizados							
	37.5mm 1 1/2"	25mm 1"	19mm 3/4"	12.5mm 1/2"	9.5mm 3/8"	4.75mm Nº4	2.56mm Nº8	1.25 mm Nº16
25mm a 12.5 mm 1" a 1/2"	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	—	—	—
25mm a 9.5 mm 1" a 3/8"	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	—	—
25mm a 4.75 mm 1" a Nº4	100	95 a 100	—	25 a 60	—	0 a 10	0 a 5	—
19 mm a 9.5 mm 3/4" a 3/8"	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	—	—
19 mm a 4.75 mm 3/4" a Nº4	—	100	90 a 100	—	20 a 55	0 a 10	0 a 5	—

Fuente: Norma ASTM C33:2011.

b. Peso Específico. (NTP 400.021)

Agregado Fino:

$$Pe = \left(\frac{W_{sss}}{W_p + W_{sss} - W_{paf}} \right) \times \rho_{ea} \quad \text{(Ecuación 07)}$$

Siendo:

Pe = Peso Específico

W_{sss} = Peso del Agregado Fino.

W_p = Peso del picnómetro + Peso del Agua

W_{paf} = Peso del picnómetro + Peso de Agua + Peso del Agregado Fino

ρ_{ea} = Densidad del Agua = 1 gr/cm³

Agregado Grueso:

$$Pe = \left(\frac{W_{sss}}{V_{des}} \right) \quad \text{(Ecuación 08)}$$

Siendo:

Pe = Peso Específico

W_{sss} = Peso del Agregado Grueso superficialmente saturado.

V_{des} = Volumen desplazado. (De la probeta graduada).

c. Peso Unitario Suelto. (NTP 400.017)

Agregado Grueso y Fino:

- Seleccionamos una muestra representativa por cuarteo el agregado.

- La muestra debe estar previamente seca (Secada al Horno) a una temperatura constante de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Se mide el molde para obtener su volumen.
- Se pesa el molde.
- Seguidamente se llena del agregado.
- Luego se quita con cuidado el excedente, para que este esté al nivel del recipiente.
- Se llena los vacíos de la superficie con piedras pequeñas.
- Se retiran las piedras que han quedado fuera del molde.
- Finalmente se pesa la muestra.
- Este procedimiento se repite 3 veces.

$$P.U.S.S. = \frac{\sum W_s}{3V_m} \quad \text{(Ecuación 09)}$$

Siendo:

$\sum W_s$ = Sumatoria de los (Pesos de muestra – Peso del Molde)

V_m = Volumen del Recipiente

d. Peso Unitario Compactado. (NTP 400.017)

Agregado Grueso y Fino:

- Comenzamos echando la piedra en el molde hasta 1/3 de su capacidad.
- Luego con la varilla se golpea 25 veces en forma de espiral.
- Se sigue agregando la muestra hasta los 2/3 de la capacidad del recipiente y nuevamente se golpea 25 veces dentro.
- Finalmente, se llena el recipiente hasta que desborde y se compacta con 25 golpes.
- Luego se quita con cuidado el excedente, para que este esté al nivel del recipiente y se le da 2 golpes a los lados para terminar de compactar
- Se mueve y limpia el exceso del agregado con la brocha.
- Finalmente se pesa la muestra.
- Este procedimiento se repite 3 veces.

$$P. U. S. C. = \frac{\sum W_s}{3V_m} \quad \text{(Ecuación 10)}$$

Siendo:

$\sum W_s$ = Sumatoria de los Pesos

V_m = Volumen del Recipiente

e. Contenido Humedad. (NTP 339.185)

$$W = \left(\frac{W_w}{W_s} \right) \times 100\% \quad \text{(Ecuación 11)}$$

Siendo:

W = contenido de humedad expresado en %

Ww = peso del agua existente en la masa de suelo.

Ws = peso de las partículas sólidas

Nota: Para ensayo de Humedad se utiliza una Tara, para agregado grueso.

f. Absorción de los Agregados. (NTP 400.021)

$$\varphi = \left(\frac{W_{sss} - W_s}{W_s} \right) \times 100\% \quad \text{(Ecuación 12)}$$

Donde:

φ = Absorción del Agregado expresado en %

Wsss = Peso de la Muestra Saturada con superficie Seca

Ws = Peso de Muestra secada en horno.

Nota: Para ensayo de Humedad se utiliza una Tara, para agregado fino.

g. Módulo de Finura. (NTP 400.011)

Agregado Fino:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acum. tamicez (1 1/2"; 3/4"; 3/8"; N°4; N°8; N°16; N°30; N°50; N°100)}}{100} \quad \text{(Ecuación 13)}$$

Nota:

- Módulo de Fineza ideal 2.5 – 3.0 ► Tolerable: 2.7 – 3.5
- La NTP 400.012 brinda el siguiente análisis granulométrico para agregado fino:

Cuadro 03. Límites para módulos de finura de agregado fino

N° Tamiz	Abertura del Tamiz (mm)	Límite Superior	Límite Inferior
3/8"	9.5	100%	100%
N° 4	4.75	100%	95%
N° 8	2.36	100%	80%
N° 16	1.18	85%	50%
N° 30	0.6	60%	25%
N° 50	0.3	30%	10%
N° 100	0.15	10%	2%

Agregado Grueso:

$$MF = \frac{\sum \% \text{Ret.Acum.tamicez (6";3";1 1/2";3/4";3/8";N°4;N°8;N°16;N°30;N°50;N°100)}}{100} \text{ (Ecuación 14)}$$

Nota:

- No se toman los tamices 1" y 1/2"
- La NTP 400.012 brinda el siguiente análisis granulométrico para agregado grueso:

Cuadro 04. Límites para módulos de finura de agregado grueso

N° Tamiz	Abertura del Tamiz (mm)	Límite Superior	Límite Inferior
1"	25	100%	100%
3/4"	19	100%	90%
3/8"	9.5	55%	20%
N° 4	4.75	10%	0%
N° 8	2.36	5%	0%

h. Tamaño Máximo Nominal y Tamaño Máximo. (NTP 339.047)

El tamaño máximo del agregado grueso es el menor tamiz por el que se pasa toda la muestra y el tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado, la malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% del agregado dependiendo del número de tamaño.

El Tamaño Nominal Máximo del agregado es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

El agregado grueso tiene un tamaño nominal máximo de 1”.

El Tamaño Máximo del agregado es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

El agregado grueso tiene un tamaño máximo de 1 ½”.

i. Combinación de los agregados (DIN 1045)

Para calcular las proporciones adecuadas de nuestros agregados se usara los límites que nos proporciona la Norma Alemana.

2.2.3. LAS FIBRAS EN EL CONCRETO

A. CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS

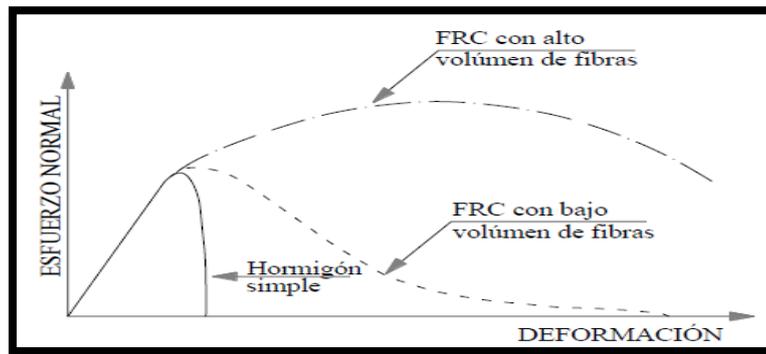
El concreto reforzado con fibras está constituido por una matriz formada principalmente por cemento, agregados fino y grueso, agua y fibras adecuadas, adicionalmente podrían incorporarse aditivos y adiciones.

La matriz del concreto mantiene al material unido dando resistencia a compresión y rigidez, distribuyendo los esfuerzos y protegiendo las fibras. Las fibras, por su parte, soportan los esfuerzos de tracción que resisten por adherencia al concreto, controlan la fisuración y reducen la intensidad de la misma, a la vez que mejoran la tenacidad.

Las fibras, al añadirse al concreto, se dispersan perfectamente en todo el volumen de éste. Esto confiere a dicha matriz un armado en tres dimensiones en el que las fibras cosen las fisuras del concreto formando un “puente” entre los agregados gruesos, permitiendo una formación controlada de las fisuras, y que llevan al concreto a un comportamiento dúctil después de la fisuración inicial. La adición de estas fibras no condiciona la naturaleza de los componentes del concreto por lo que éstos deben ser los adecuados para que el concreto alcance y mantenga las características requeridas.

La tenacidad se define cómo el área bajo una curva Esfuerzo – Deformación. En la Fig. 14 se puede ver que, al agregar fibras al concreto se incrementa en forma importante la tenacidad del material; es decir, el concreto reforzado con fibras es capaz de soportar.

Figura.14. Curvas típicas de Esfuerzo – Deformación para concreto reforzado con fibras



La efectividad de las fibras está relacionada con la capacidad de dispersión, frecuencia de fibra y finura de éstas. Resulta obvio que en función de la dosificación, de las longitudes de fibra y de las propiedades de las mismas se confiere al concreto propiedades distintas, de esta manera se acentúan más unas propiedades sobre otras en función de los distintos usos y aplicaciones del concreto reforzado con fibras.

B. TIPOS DE FIBRAS

Las fibras apropiadas empleadas en el refuerzo de matrices del concreto, son fibras discontinuas, rígidas o flexibles, que presentan una distribución discreta y uniforme dentro de la matriz que confiere al material isotropía y homogeneidad. La efectividad de la acción reforzante y la eficacia de la transmisión de tensiones por parte de las fibras dependen de muchos factores pero, especialmente, de la naturaleza, de sus propiedades y características.

PROPIEDADES:

- a. Propiedades Geométricas: Longitud, Sección Transversal, Relación de Aspecto, Forma.
- b. Propiedades Físico-Químicas: Rugosidad de la Superficie, Densidad, Estabilidad Química, Resistencia al fuego.
- c. Propiedades Mecánicas: Rigidez, Resistencia, Ductilidad, Elongación a la Rotura.

CARACTERISTICAS:

- a. Las fibras deben ser significativamente más rígidas que la matriz, es decir, un módulo de elasticidad más alto.
- b. El contenido de fibras por volumen debe ser adecuado.
- c. Debe haber una buena adherencia entre la fibra y la matriz.
- d. La longitud de las fibras debe ser suficiente.
- e. Las fibras deben tener una alta relación de aspecto; es decir, deben ser largas con relación a su diámetro.

Las fibras que comúnmente se están utilizando para reforzar el concreto, pueden ser clasificadas en dos tipos:

- b. Fibras de Módulo de Elasticidad Alto y de grandes esfuerzos, tales como el acero, vidrio, asbesto y carbón, las cuales producen mezclas fuertes, esto es, de gran rigidez y resistencia.

- c. Fibras de Módulo de Elasticidad Bajo y de gran alargamiento, tales como el nylon, polipropileno y el polietileno, que tienen una gran capacidad de absorción de energía hasta su rotura y que no conducen a un mejoramiento total de esfuerzos, sino que proporcionan mejores características de resistencia ante cargas abrasivas, explosivas y de impacto.

B.1. FIBRAS DE ACERO

Las fibras de acero son un conjunto de filamentos metálicos obtenidos mediante la deformación de alambres de acero estirados en frío. Como resultado de ese proceso, conocido como trefilación, se producen fibras con diámetros entre 0.6 y 1.0 mm, de formas rectas u onduladas con mejores propiedades de adherencia.

Cuando estas fibras se mezclan en la elaboración de concreto (con el fin de reforzarlo), se consigue un mejor desempeño de propiedades mecánicas como flexo tracción, resistencia al impacto, durabilidad, ductilidad, tenacidad y disminución de fisuras.

En la actualidad, cuentan con una alta aceptación entre diseñadores, constructores y propietarios.

B.2. FIBRAS DE VIDRIO

Los materiales compuestos generados por las fibras de vidrio, son ampliamente conocidos en el mercado mundial con el nombre de GRC (Glass Fibre Reinforced Cement). Este es pues un material en el cual su matriz resistente es un mortero de cemento Portland armada con fibras de vidrio las cuales son

resistentes a los álcalis liberados con la hidratación del cemento.

Las fibras de vidrio presentan un módulo elástico muy superior al de la mayoría de las fibras orgánicas, como las de polipropileno, pero menor que el del acero. Todas las fibras (inorgánicas, orgánicas y metálicas) han sido estudiadas con profundidad, pero en el caso de las fibras de vidrio han llevado a un menor conocimiento de su empleo, hasta de existencia entre los diseñadores, especificadores y productores de concreto y la misma industria de prefabricación.

Es lógico que las fibras de vidrio que tienen un módulo elástico aproximadamente 10 veces superior al polipropileno, sean más efectivas durante un mayor periodo de tiempo.

Otra propiedad que desarrolla el concreto reforzado con fibras de vidrio es la dureza a la fractura que cada vez es más fuerte como medida de la resistencia al impacto, los procedimientos de ensayo pueden variar y hacen difíciles las comparaciones, pero hay que considerar que los ensayos de impacto son comparativos no obstante, las investigaciones y ensayos que se han hecho en el mundo han llevado a concluir que las fibras ayudan a aumentar la resistencia al impacto.

B.3. FIBRAS NATURALES

Las fibras naturales se han usado como una forma de refuerzo desde mucho tiempo antes de la llegada de la armadura convencional de concreto. Los ladrillos de barro reforzados con paja y morteros reforzados con crin de caballo son unos pocos ejemplos de cómo las fibras naturales se usaron como una

forma de refuerzo. Muchos materiales de refuerzo natural se pueden obtener con bajos niveles de costos de energía, usando la mano de obra y la pericia disponibles en la región. Estas fibras se usan en la producción de concretos con bajo contenido de fibras.

B.4. FIBRAS DE POLIPROPILENO

La fibra de polipropileno es un aditivo de reforzamiento que se le añade al concreto, mejorando así, la calidad de construcciones ya que de modo permeable ayuda a que el agua no dañe al concreto y sufra fisuras por la humedad ya que reduce que se agriete y fracturen las grandes construcciones.

Esta fibra de polipropileno está compuesta de material 100% virgen y cuenta con una forma de monofilamentos que reducen las grietas en el concreto, pues ésta actúa como un refuerzo tridimensional en el concreto para disipar los esfuerzos dentro de su masa, reduciendo los agrietamientos por contracción plástica en estado fresco, y los agrietamientos por temperatura en estado endurecido y también reduce la segregación de los materiales y la filtración de agua.

Si el elemento de concreto requiere además una protección contra la formación de hongos, microbios y bacterias, como es el caso en hospitales, fábricas de alimentos, laboratorios, tanques de agua potable, plantas de tratamiento de aguas residuales, granjas, comedores y cocinas, puede usarse con toda seguridad la fibra de polipropileno en forma de multifilamentos, diseñada para proteger el concreto contra el ataque de microorganismos.

Las fibras de polipropileno están elaboradas con un agente antimicrobiano que forma parte integral de su composición, la cual altera la función metabólica de los microorganismos impidiendo su crecimiento y reproducción.

Ventajas de la fibra de polipropileno en el concreto

- Eliminan totalmente las fisuras
- Protege la cabilla
- Permite un fraguado más homogéneo
- Muy económica
- Aumente la resistencia a la flexión y compresión
- Elimina la necesidad de posterior curado
- Aumenta la calidad y durabilidad del concreto
- Aglutina mejor la mezcla

Propiedades de la fibra de polipropileno

- Absorción de agua a 20° c: ninguna
- Conductividad técnica y eléctrica: baja

- Resistencia a las sales y ácidos: alta
- Resistencia a las bases agente oxidantes y microorganismo:
alta
- Resistencia a la abrasión: buena

2.2.4. DISEÑO DE CONCRETO

El proporcionamiento de mezclas de concreto o mortero, más comúnmente designado como diseño de mezclas, es un proceso que consiste en la selección de los ingredientes disponibles (cemento, adiciones cementantes o suplementarias, agua, presencia de aire y aditivos) y la determinación de sus cantidades relativas para producir un material con el grado requerido de consistencia , manejabilidad y plasticidad; que al fraguar y endurecer a la velocidad apropiada en condiciones de humedad y temperatura satisfactorias adquiera las propiedades de resistencia, módulo de elasticidad , compacidad y peso unitario , impermeabilidad y durabilidad, estabilidad de volumen y apariencia adecuadas.

El diseño de mezclas de concreto, de morteros y de lechadas, es un factor crítico dentro del buen comportamiento de una estructura.

TABLAS DE DISEÑOS DE MEZCLAS – METODO ACI

TABLA N° 1. Volumen Unitario de Agua

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

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

TABLA N° 2. Contenido de Aire Atrapado

Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso.	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 %

TABLA N° 3. Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados

Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados.				
Tamaño máximo nominal del agregado grueso.	6	7	8	9
3 / 8 "	3.96	4.04	4.11	4.19
1 / 2 "	4.46	4.54	4.61	4.69
3 / 4 "	4.96	5.04	5.11	5.19
1 "	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1 / 2 "	5.56	5.64	5.71	5.79
2 "	5.86	5.94	6.01	6.09
3 "	6.16	6.24	6.31	6.39

TABLA N° 4. Peso del Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto

Vólumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumén del concreto, para diversos módulos de fineza del fino. (b / b _o)				
Tamaño máximo nominal del agregado grueso.	2.40	2.60	2.80	3.00
3 / 8 "	0.50	0.48	0.46	0.44
1 / 2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3 / 4 "	0.66	0.64	0.62	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1 / 2 "	0.76	0.74	0.72	0.70
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

TABLA N° 5. Relación Agua/Cemento por Resistencia

f'c (Kg/cm ²)	Relación agua/cemento 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	

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

TABLA N° 6. Contenido de Aire Incorporado y Total

Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso.	Contenido de aire de total (%)		
	Exposición Suave	Exposición Moderada	Exposición Severa
3/8 "	4.5 %	6.0 %	7.5 %
1/2 "	4.0 %	5.5 %	7.0 %
3/4 "	3.5 %	5.0 %	6.5 %
1 "	3.0 %	4.5 %	6.0 %
1 1/2 "	2.5 %	4.5 %	5.5 %
2 "	2.0 %	4.0 %	5.0 %
3 "	1.5 %	3.5 %	4.5 %
6 "	1.0 %	3.0 %	4.0 %

TABLA N° 7. Condiciones Especiales de Exposición

Condiciones de exposición	Relación w/c máxima, en concretos con agregados de peso normal	Resistencia en compresión mínima en concretos con agregados livianos
<p>Concreto de baja permeabilidad</p> <p>(a) Expuesto a agua dulce.....</p> <p>(b) Expuesto a agua de mar o aguas solubles.....</p> <p>(c) Expuesto a la acción de aguas cloacales.....</p>	<p>0.50</p> <p>0.45</p> <p>0.45</p>	<p>2.60</p>
<p>Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condiciones húmedas</p> <p>(a) Bardineles, cunetas, secciones delgadas.....</p> <p>(b) Otros elementos</p>	<p>0.45</p> <p>0.50</p>	<p>300</p>
<p>Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina, o rocío de estas aguas</p> <p>Sí el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.....</p>	<p>0.40</p> <p>0.45</p>	<p>325</p> <p>300</p>

La resistencia f_c no deberá ser menor de 245 Kg/Cm² por razones de durabilidad

TABLA N° 8. Porcentaje de Agregado Fino

Tamaño máximo Nominal del Agregado Grueso	Agregado Redondeado				Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico				Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico			
	5	6	7	8	5	6	7	8
Agregado Fino – Módulo de Fineza de 2.3 A 2.4								
3 / 8"	60	57	54	51	69	65	61	58
1 / 8"	49	46	43	40	57	54	51	48
3 / 4"	41	38	35	33	48	45	43	41
1"	40	37	34	32	47	44	42	40
1 1 / 2"	37	34	32	30	44	41	39	37
2"	36	33	31	29	43	40	38	36
Agregado Fino – Módulo de Fineza de 2.6 A 2.7								
3 / 8"	66	62	59	56	75	71	67	64
1 / 2"	53	50	47	44	61	58	55	53
3 / 4"	44	41	38	36	51	48	46	44
1"	42	39	37	35	49	46	44	42
1 1 / 2"	40	37	35	33	47	44	42	40
2"	37	35	33	32	45	42	40	38
Agregado Fino – Módulo de Fineza de 3.0 A 3.1								
3 / 8"	74	70	66	62	84	80	76	73
1 / 2"	59	56	53	50	70	66	62	59
3 / 4"	49	46	43	40	57	54	51	48
1"	47	44	41	38	55	52	49	46
1 1 / 2"	44	41	38	36	52	49	46	44
2"	42	38	36	34	49	46	44	42

. Los valores de la tabla corresponden a porcentajes del agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado.

.. los valores corresponden agregado grueso angular en concretos de peso normal sin aire incorporado.

TABLA N° 9. Volumen Unitario de Agua

Tamaño máximo Nominal	Volumen unitario de agua, expresado en Lt/m3.					
	Slump: 1" a 2"		Slump: 3" a 4"		Slump: 6" a 7"	
	agregado redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado angular	agregado redondeado	agregado angular
3/8 "	185	212	201	227	230	250
1/2 "	182	201	197	216	219	238
3/4 "	170	189	185	204	208	227
1 "	163	182	178	197	197	216
1 1/2 "	155	170	170	185	185	204
2 "	148	163	163	178	178	197
3 "	136	151	151	167	163	182

Los valores de esta tabla corresponden a concretos sin aire incorporado

2.3. DEFINICION DE TÉRMINOS

- **Absorción:** Proceso por el cual un líquido es atraído hacia un sólido poroso y tiende a llenar los poros permeables del mismo; también el aumento de masa de un sólido poroso que se produce como resultado de la penetración de un líquido en sus poros permeables.
- **Adhesión:** Estado en el cual dos superficies se mantienen unidas por los efectos interfaciales que pueden consistir en fuerzas moleculares, acción de trabazón, o ambas.
- **Aglomerantes:** Materiales cementantes, ya sea cementos hidratados o productos de cemento o cal y materiales silíceos reactivos; los tipos de cemento y las condiciones de curado determinan el tipo general de aglomerante formado; también se denomina así a los materiales tales como el asfalto, las resinas y otros materiales que forman la matriz del concreto, morteros y lechadas arenosas.
- **Agregado:** Son las arenas, gravas naturales y piedra triturada utilizada para formar la mezcla que da origen al concreto.
- **Concreto:** Elemento deformable, formado por cemento, grava, arena y agua, que en estado plástico toma la forma de recipiente.
- **Compresión:** Proceso físico o mecánico que consiste en someter a un cuerpo a la acción de dos fuerzas opuestas para que disminuyan su volumen.
- **Contracción:** Reducción de volumen producido por el secado.

- **Calor de hidratación:** Es el calor que se genera por la reacción entre el cemento y el agua.
- **Dureza:** Oposición que ofrecen los materiales a alteraciones como la penetración, la abrasión, el rayado, la cortadura entre otras.
- **Durabilidad:** Capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta.
- **Exudación:** Aparición de una cantidad de agua superior a la normal en la superficie de un concreto fresco.
- **Esfuerzo:** Resistencia que ofrece el área de un material para una carga aplicada externamente.
- **Fraguado:** Proceso por el cual el concreto pasa de estado fresco a estado endurecido.
- **Granulometría:** Cantidad y tamaño de los agregados.
- **Hidratación:** Es el proceso de agregar o adicionar agua a los agregados y al cemento.
- **Incorporación de Aire:** 1.- capacidad de un material o proceso de desarrollar un sistema de pequeñas burbujas de aire dentro de una pasta cementicia, mortero o concreto durante el mezclado. 2.- incorporación de aire en forma de pequeñas burbujas (generalmente de menos de 1 mm) durante el mezclado del concreto o mortero.

- **Moldeado:** Procedimiento de imitación de volumen de los objetos con tres dimensiones en un soporte plano.
- **Probetas:** Concreto hecho en el laboratorio, el cual se ensaya para obtener resultados, puede tener forma de cilindro o prisma.
- **Resistencia:** Es la capacidad de soportar un esfuerzo a una intensidad dada por un periodo de tiempo determinado.
- **Relación agua – cemento:** Relación que se obtiene dividiendo el peso del agua entre el peso del cemento.
- **Sangrado:** Es una forma de segregación en la cual una parte del agua de la mezcla tiende a elevarse a la superficie de un concreto recién colado.
- **Segregación:** Es 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 y mortero.
- **Trabajabilidad:** Facilidad con la que puede mezclarse, manejarse, transportarse, y colocarse en su posición final el concreto con una pérdida de homogeneidad mínima.
- **Textura:** Forma rugosa o lisa que puede optar el concreto.
- **Volumen Absoluto:** en el caso de los sólidos, volumen desplazado por las propias partículas, incluyendo sus vacíos permeables e impermeables, pero excluyendo el espacio entre partículas; en el caso de los fluidos, su volumen.

2.4. HIPÓTESIS: GENÉRICO Y ESPECÍFICOS

2.4.1. HIPÓTESIS GENÉRICO

- a Las fibras de polipropileno tienen efecto sobre el concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$, aumentando la resistencia a la compresión, elaborado con agregados provenientes del Centro poblado de Cochamarca.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

- a. La cantidad de fibra de polipropileno a adicionar, influirá en la resistencia del concreto de 210 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 .
- b. Las dimensiones de las fibras de polipropileno que intervienen en la adición del concreto influyen en la resistencia de la misma.
- c. Las resistencias del concreto con fibras de polipropileno se verán incrementadas con respecto al concreto sin adiciones de fibras de polipropileno.

2.5. IDENTIFICACION DE VARIABLES

2.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

- Fibras de Polipropileno.

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Concretos de resistencias a la compresión de 210 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 .

2.5.3. VARIABLES INTERVINIENTES

- Altitud msnm.
- Estado del Tiempo.
- Características mecánicas del agregado.
- El tipo de Agua a Usar.
- El tipo de Aditivo Incorporador de Aire y Reductor de Agua.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

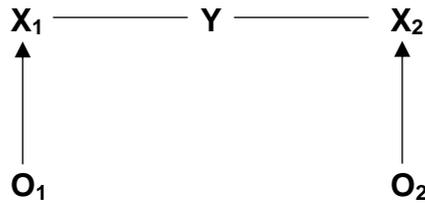
3.1. NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN: **Experimental**, debido a que las variables independientes influenciaron en las variables dependientes, ya que el resultado de este se dará en función de cuan estudiadas están.

3.1.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN: **Cuantitativo**, debido a que permite examinar los datos de manera numérica.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Diseño de post-prueba únicamente y grupos intactos, la cual sigue de acuerdo al siguiente esquema:



Donde a la Variable X_1 se le hace la primera observación O_1 , para luego adicionar Y , obteniendo X_2 y haciendo la segunda observación.

Siendo:

- X_1 : Resistencia a la compresión del concreto sin adicionar Fibras de Polipropileno.
- X_2 : Resistencia a la compresión del concreto adicionando Fibras de Polipropileno.
- Y : Fibras de Polipropileno.
- O_1 : Primera observación y descripción antes de adicionar las Fibras de Polipropileno.
- O_2 : Segunda observación y descripción despues de adicionar las Fibras de Polipropileno.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. POBLACIÓN

La población considerada es el concreto de resistencias a la compresión de 210 kg/cm² y 280 kg/cm², elaborados con agregados de la Cantera de Cochamarca.

3.3.2. MUESTRA

El presente estudio será objeto de investigación de 2 diseños de mezclas con 4 diferentes adiciones de Fibras de Polipropileno.

- El Primer diseño de mezcla será para concreto de resistencia a la compresión de 280 kg/cm², a dicha mezcla se adicionara 2, 5 y 9 kg de Macro Fibra de Polipropileno por m³ de concreto, y de 600 gr de Micro Fibra de Polipropileno por M³, obteniendo un total de 15 probetas, las cuales se ensayaran a los 7 días, 14 días y 28 días.
- El Segundo diseño de mezcla será para concreto de resistencia a la compresión de 280 kg/cm², a dicha mezcla se adicionara 2, 5 y 9 kg de Macro Fibra de Polipropileno por m³ de concreto, y de 600 gr de Micro Fibra de Polipropileno por M³, obteniendo un total de 15 probetas, las cuales se ensayaran a los 7 días, 14 días y 28 días.

3.4. METÓDOS DE INVESTIGACION

El Método de Investigación es de:

- **Observación no Participante:** Realizaremos la observación desde fuera.
- **Cuantitativa:** Examinaremos los datos de manera numérica.
- **Experimento:** Reproduciremos el objeto de estudio en condiciones controladas, también modificaremos las condiciones bajo las cuales tiene lugar el proceso, por último estudiaremos sus propiedades.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

La técnica de investigación a usar será la **Investigación Experimental**, ya es una técnica de investigación científica.

Utilizaremos instrumentos cuantitativos de medición y precisión, e informativos para poder recolectar nuestros datos.

a. Instrumentos Cuantitativos de medición y precisión: entre ellas utilizaremos:

- Horno Eléctrico, se utilizara para secado de muestras.
- Balanza Electrónica, con precisión de 10 gr.
- Probeta Graduada, Picnómetro, Cono.
- Tamices de diferentes diámetros, para tamizado de muestras.
- Prensa para ensayos a compresión, para determinar la resistencia a compresión.

b. Instrumentos Informativos: Las cuales encontramos en físico y/o digital vía Web, entre ella usaremos:

- Revistas.
- Folletos.
- Fichas técnicas de los Productos a Usar.

3.6. TECNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.6.1. TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS

La técnica de procesamiento de datos es Experimental, cuantitativo e Informativo, a continuación procesamiento de datos de las Variables a intervenir en la Investigación:

A. EL AGREGADO

A.1. Ubicación, Acceso y Agregados Extraídos de la Cantera

Se visitó una cantera perteneciente a la Centro Poblado de Cochamarca, la cual produce material pétreo a través de explotación procedente de los alrededores de la zona.

- **Ubicación de Cantera**

Región : Pasco

Provincia : Pasco

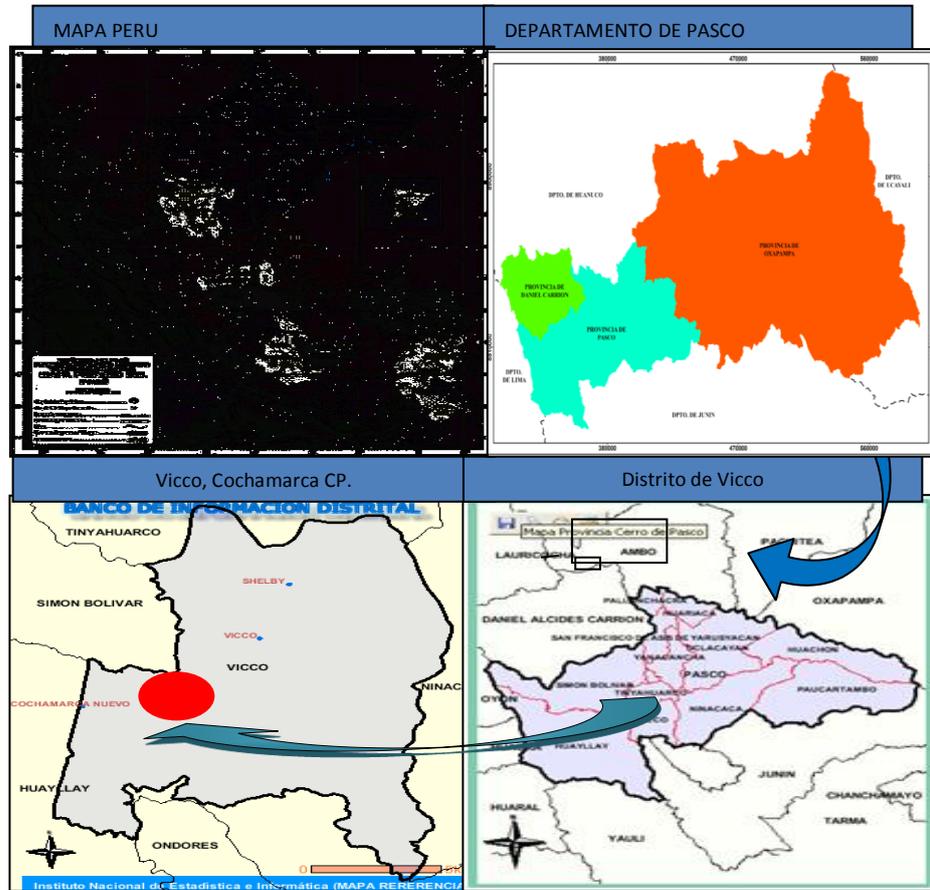
Distrito : Vicco

Centro Poblado : Cochamarca

Altura : 4182 msnm

Coordenadas Latitud/longitud : 10°51'30"S
76°16'20"W

Imagen 01. Localización de la cantera Cochamarca



- **Acceso:**

Esta cantera tiene buena accesibilidad con respecto a la ciudad de Cerro de Pasco y sus distritos, teniendo una distancia aproximada de 20 km entre la localidad de Cochamarca y la Ciudad de Cerro de Pasco

- **Agregados extraídos:**

Se obtuvo Arena y Canto Rodado, libre de material orgánico y finos, esto es gracias al previo lavado de los agregados, que se hacen después de haberlos extraídos.

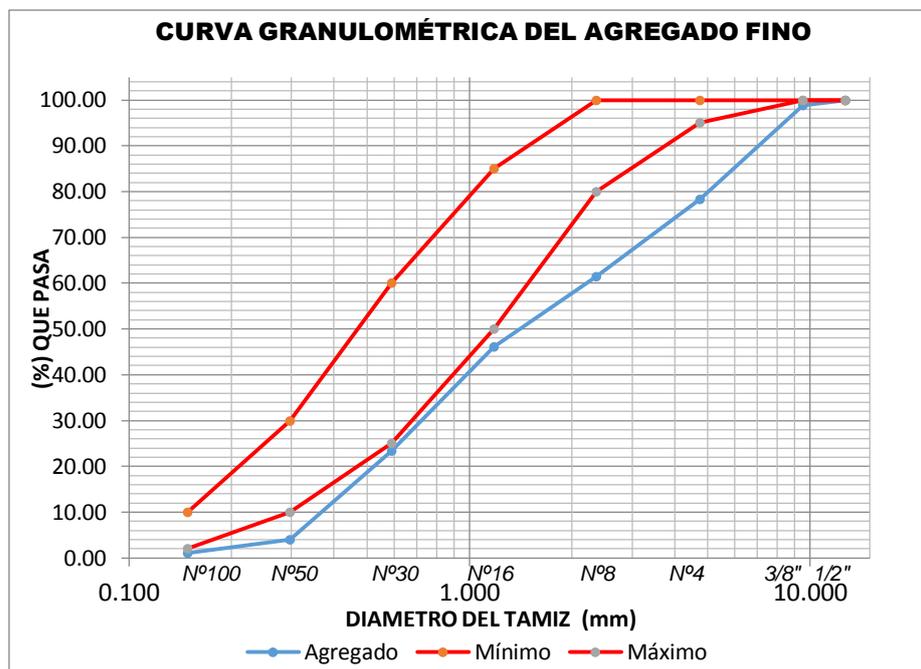
A.2. Ensayo de las muestras de los agregados.

- Agregado Fino

Cuadro 05. Propiedades físicas del agregado fino

PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO FINO							
PESO ESPECIFICO				CONTENIDO DE HUMEDAD			
Pmuestra s.s.s =	500	gr		Arena Humeda =	500.00	gr	
Peso fiola + agua	680	gr		Arena seca =	466.00	gr	
P. fiola + P.sss + Agua	985	gr		Humedad =	7.30	%	
Volumen sss	195	cm ³		Factor de humedad =	4.42	%	
Pmuestra seca =	486	gr		MALLA 200			
P.E m =	2.492	gr/cm ³		Arena Seca =	486	gr.	
P.E sss =	2.564	gr/cm ³		Arena lavada seca =	475	gr.	
Absorcion =	2.881	%		% FINOS =	2.26	%	
P.U.S de la arena =	1510	kg/m ³		P.U.C de la arena =	1650	kg/m ³	
GRANULOMETRIA						HUSO: Arena	
TAMIZ	DIAMETRO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	(%) RETENI DO	(%) RET. ACUM.	(%) Q' PASA	MAXIMO	MINIMO
1/2"	12.700	0	0.00	0.00	100.00	100	100
3/8"	9.525	17	1.11	1.11	98.89	100	100
N° 4	4.75	316	20.56	21.67	78.33	100	95
N° 8	2.36	260	16.92	38.58	61.42	100	80
N° 16	1.18	235	15.29	53.87	46.13	85	50
N° 30	0.59	350	22.77	76.64	23.36	60	25
N° 50	0.297	298	19.39	96.03	3.97	30	10
N° 100	0.149	44	2.86	98.89	1.11	10	2
FOND O	0.000	17	1.11	100.00	0.00		
	SUMA	1537.00	100.00				
	M.F=	3.87					

Gráfico 01. Curva Granulométrica del agregado fino.



- Agregado Grueso**

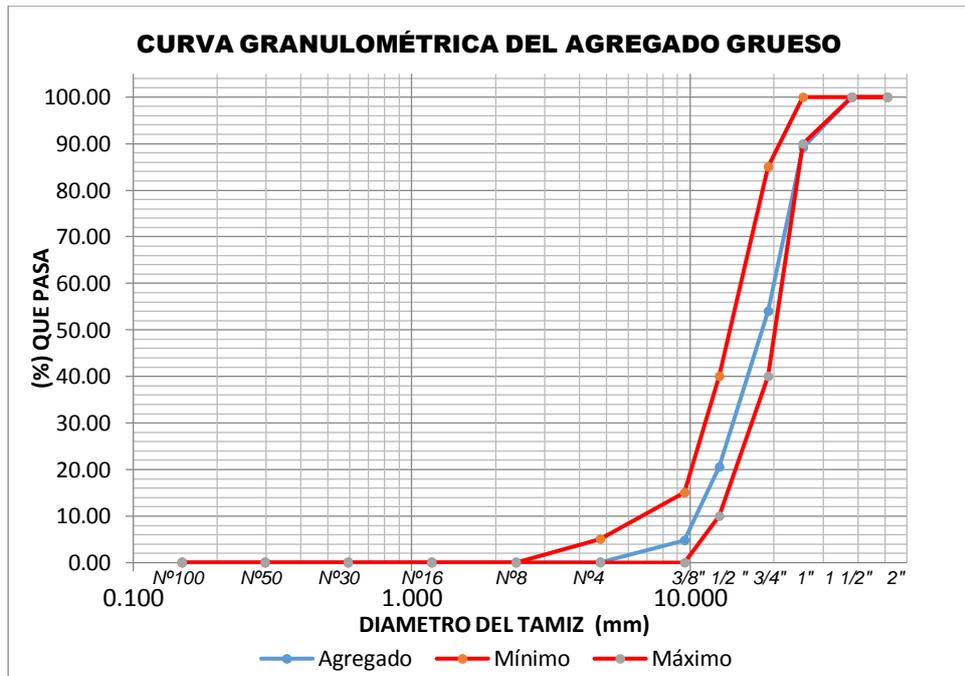
Cuadro 06. Propiedades físicas del agregado grueso

PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GRUESO – CANTO RODADO DE 3/4"			
PESO ESPECIFICO		CONTENIDO DE HUMEDAD	
Pmuestra s.s.s =	369.5 gr	Piedra Humeda =	1000.00 gr
Volumen inicial en probeta	450 cm ³	Piedra seca =	957.00 gr
Volumen final en probeta	586.5 cm ³	Humedad =	4.49 %
Volumen desplazado	136.5 cm ³	Factor de humedad =	3.26 %
Pmuestra seca =	365 gr	Pesos unitarios	
P.E m =	2.674 gr/cm³	P.U.S piedra =	1580 kg/m³
P.E sss =	2.707 gr/cm³	P.U.C piedra =	1645 kg/m³
Absorcion =	1.233 %		
GRANULOMETRIA			HUSO: 67

TAMIZ	DIAMETRO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) Q' PASA	MINIMO	MAXIMO
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.4	843.00	9.93	9.93	90.07	100	100
3/4"	19.05	3014.00	35.49	45.41	54.59	100	90
1/2"	12.700	2868.00	33.77	79.18	20.82	79	50
3/8"	9.525	1360.00	16.01	95.20	4.80	55	20
N° 4	4.75	404.00	4.76	99.95	0.05	10	0
N° 8	2.36	0.00	0.00	99.95	0.05	5	0
N° 16	1.18	0.00	0.00	99.95	0.05	0	0
N° 30	0.59	0.00	0.00	99.95	0.05	0	0
N° 50	0.297	0.00	0.00	99.95	0.05	0	0
N° 100	0.149	0.00	0.00	99.95	0.05	0	0
FONDO	0.000	4.00	0.05	100.00	0.00		
	SUMA	8493.00	100.00				

M.F= 7.40
 TM = 1 1/2"
 TMN= 1"

Gráfico 02. Curva Granulométrica del agregado grueso.



B. EL CEMENTO

Se optó por el cemento más comercial de la zona, la cual es el Cemento Tipo I.

CARACTERISTICAS

- Cemento Portland Tipo I.
- Cumple con las Norma Técnica Peruana (NTP) 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150
- Producto obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso.
- Bajo contenido de álcalis. (Las Cuales protegen los concretos preparados con agregados que, por su acción del álcalis, pueden tener una reacción destructiva. El cemento cumple ampliamente con los requisitos físicos y químicos, generales y opcionales de las Normas ASTM y NTP de Indecopi.
- Peso Específico: 3.15 gr/cm³

VENTAJAS

Proporciona una Mayor resistencia a la compresión a mayor edad del concreto, reportándose en ensayos de mortero que a 90 días superan las 5,900 libras/pulg².

PRESENTACIÓN

Bolsas de 42.5 kg (3 pliegos) y a granel (a despacharse en camiones bombonas)

C. EL AGUA

El agua utilizada en la elaboración del concreto y mortero debe ser apta para el consumo humano, libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas.

El agua que se usó en los ensayos es el agua potable de Pasco, para ello se tiene en consideración los límites máximos permisibles de concentración de sustancias en el agua, las cuales se muestra en el siguiente cuadro son los siguientes:

Cuadro 07. Límites máximos permisibles del agua para el concreto

Sustancias y Ph	Límite máximo
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	200 ppm
Sales de magnesio	125 ppm
Sales solubles	300 ppm
Sólidos en suspensión	10 ppm
Materia orgánica expresada en oxígeno consumido	0.001 ppm
Ph	6 < pH < 8

Norma ITINTEC 339-088

D. ADITIVOS

Generalmente para todo concreto se usa aditivos, para regular algunas propiedades, ya sea acelerando el fraguado, retrasándolo, entre otros.

En este caso se usó el aditivo de rango medio W-73, la cual permite el mejor control de concreto y reducir la cantidad de agua a usar.

También se usó el Aditivo incorporador de aire, la cual permite generar durante el mezclado del concreto un sistema de pequeñas burbujas de 0.025 a 0.1 mm espaciadas uniformemente en toda la masa del concreto. El sistema de burbujas provee al concreto de una resistencia especial contra el intemperismo, en particular protege al concreto del deterioro producido por las heladas o los ciclos de congelamiento y deshielo, por esta razón se dice que el aire introducido mejora la durabilidad del concreto.

D.1. W-73 Aditivo De Rango Medio – Ulmen

Descripción

Es un reductor de agua de rango medio, aditivo especial para cementos siderúrgicos que incorpora materias primas de alta tecnología, permitiendo un mejor control del concreto.

No contiene cloruros, no es tóxico ni inflamable.

No requiere cuidados ni precauciones especiales y se trata como cualquier aditivo convencional.

Propiedades

- Reduce la razón agua cemento sin alterar la plasticidad del concreto.
- Mantiene la fluidez del concreto fresco sin alterar negativamente las resistencias mecánicas.

Campo de Aplicación

Es adecuado para concreto bombeables, fluidos, premezclados y pretensados.

Información Técnica

Aspecto : Líquido levemente viscoso.

Color : Beige transparente.

Densidad : 1.050 +/- 0.02 g/ml

Viscosidad : 17 +/- 2 (s)

pH : 7 +/- 1

Sólidos : 20 +/- 3

Envase : Cilindro de 220 kg. O Contenedor retornable de 1,100 kg.

Uso y Dosis

Se agrega directamente sobre el concreto en dosis que varían entre 0.5% y 1% del peso del cemento. La dosis más adecuada se determina con ensayos de prueba específicos.

Reduce de 10% al 15% del agua a usar.

Duración

6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro sistema de control de calidad, certificado bajo ISO 9001.

D.2. Sikaer

Descripción

Aditivo incorporador de aire, elaborado a base de agentes tenso activos que adicionado al concreto genera micro burbujas que se reparten uniformemente en la masa del concreto, no contiene cloruros.

Usos

- Concreto sometido a bajas temperaturas.
- Concreto de subterráneos, cimientos, sobrecimientos, obras hidráulicas en general (represas, canales, etc).

- Concreto en carreteras, aeropuertos, entre otros.
- Transporte del concreto en camión tolva.
- Concreto a la vista, concreto bombeado.

Características / Ventajas

En Concreto fresco:

- Permite un aumento en la trabajabilidad y/o una disminución en el agua de amasado.
- Reduce la segregación en el concreto, especialmente en las faenas de transporte.
- Reduce la exudación en el concreto.
- Incrementa la cohesión interna de la masa del concreto.
- Permite reducir el tiempo de vibración y colocación.
- Mejora el aspecto superficial del concreto.
- Incremento de la impermeabilidad.

En Concreto endurecido:

- Aumento de las resistencias a la acción de aguas agresivas.

- Incremento de las resistencias a ciclos de hielo y deshielo.
- Rompe la capilaridad.

Norma

Cumple con la Norma ASTM C 260.

Datos Básicos

- **Forma.**

ASPECTO : Líquido.

COLORES : Ámbar Translucido

PRESENTACIÓN :
Paquete x 4 envases PET x 4 L.
Balde x 20 L.
Cilindro x 200 L.

- **Almacenamiento.**

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL:
SIKAAER se puede almacenar durante 1 año en su envase original cerrado, sin deterioro y en lugar fresco y bajo techo. A temperaturas bajo 5 °C se puede producir turbidez en el aditivo, lo cual no altera su efectividad.

- **Datos Técnicos.**

DENSIDAD : 1.01 - 1.02 kg/L

Información del Sistema

- **Detalles de Aplicación.**

CONSUMO / DOSIS : 0.02% a 0.12% del peso del cemento.

- **Método de Aplicación.**

Se utiliza diluido en el agua de amasado. Mayores dosis pueden ser utilizadas si así se determina en ensayos previos con los materiales a usar en la obra.

La incorporación de aire en un concreto depende principalmente de:

- Los agregados pétreos (granulometría y forma de los granos).
- Razón a/c.
- Dosis de cemento por m³ de concreto elaborado.
- Finura del cemento.
- Relación de áridos finos/gruesos.
- Tipo de mezcladora y tiempo de mezclado.
- Temperatura, etc.

- La plasticidad, a menor asentamiento se necesita mayor esfuerzo para lograr la cantidad de aire deseado.

E. FIBRAS DE POLIPROPILENO

Las Fibras de Polipropileno no son comerciales en la actualidad, la cual se hallaron dos tipos de fibras, los micros y macro fibras las cuales son:

E.1. Macro Fibra de Polipropileno – Sika Fiber Force PP-48

Descripción

Es una fibra de polipropileno macro sintética estructural, diseñada y usada como el refuerzo secundario de concreto, es fabricada a partir de polímeros de polyolefina de alto desempeño y deformadas mecánicamente en todo el cuerpo para maximizar el anclaje en el concreto, lo que resulta en una mayor unión interfacial y eficiencia de la resistencia de la flexión y absorción de energía. SIKA FIBER FORCE PP-48 esta específicamente diseñada y fabricada en una instalación certificada bajo la norma ISO 9001:2000, para ser usada como refuerzo secundario de concreto a una tasa de adición mínima de 2 kg por metro cubico. Cumple con norma ASTM C 1116/C 1116 M, concreto tipo III reforzado con fibra, JSCE-S14 y con la norma Europea EN-14889-2 como clase II.

Usos

- Losas industriales sobre el piso, tráfico ligero, medio o pesado.

- Áreas para estacionamiento.
- Elementos Pre-fabricados.
- Pavimentos de concreto tráfico ligero, medio o pesado.
- Plataformas compuestas de metal y concreto.
- Aceras y entradas de automóviles.
- Capas superpuestas y coberturas.
- Aplicaciones no magnéticas.
- Shotcrete vía húmeda o vía seca, ya sea definitivo o temporal.

Características / Ventajas

- Incrementa la resistencia a la tenacidad, absorción de energía e impacto del concreto, así como la resistencia residual y ductilidad.
- No afecta notoriamente la fluidez (Slump) de la mezcla como otras fibras multifilamento.
- Disminuye la tendencia al arrancamiento dentro de la matriz del concreto.
- Máxima resistencia al agrietamiento en estado fresco como endurecido del concreto.

- Máxima resistencia al arrancamiento dentro de la matriz del concreto.
- Reduce el desgaste en bombas y tuberías cuando la mezcla es bombeada.
- Alta resistencia a los ataques químicos y a los álcalis.
- Es segura y más fácil de usar que el refuerzo tradicional.
- No se corroe con las aguas agresivas.
- Ahorra tiempo y molestias durante la aplicación y el proceso concentrado del mineral.

Datos Básicos

- **Forma.**

Aspecto : Fibra monofilamento deformada mecánicamente.

Colores : Blanco.

Presentación : Caja x 5 kg.

- **Almacenamiento.**

Condiciones de almacenamiento / Vida Útil: Indefinido en un lugar seco y bajo techo, en su envase original.

- **Normas.**

Siempre se coloca uniformemente en el concreto y cumpliendo con los códigos vigente y normas siguientes.

- ASTM C 94/C 94M Especificación estándar para concreto premezclado.
- ASTM C 1116/C 1116M Especificación estándar para concreto reforzado con fibras.
- ASTM C 1399 Método de prueba estándar para obtener la resistencia residual promedio del concreto reforzado con fibras.
- ASTM C 1436 Especificación estándar de materiales para Shotcrete.
- ASTM C 1609/C 1609M Método de prueba estándar para obtener el rendimiento de la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando una viga con carga de tres puntos). Reemplaza la norma ASTM C 1018.
- ASTM C 1550 Método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando un panel Redondo con carga central.)
- JCI-SF4 para la resistencia a la flexión y para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras y JSCE-S14.
- EFNARC panel cuadrado-2005.

- ACI 304 Guía para la medición, mezcla, transporte y distribución del concreto.
- ACI 506 Guía para Shotcrete.
- EN 14889-2 Definiciones, especificaciones y conformidad de fibras poliméricas.

• **Datos Técnicos.**

- ABSORCIÓN DE AGUA : 0%
- GRAVEDAD ESPECÍFICA : 0.92
- LARGO DE LA FIBRA : 48 mm
- ANCHO DE LA FIBRA : 1.2855 mm
- ESPESOR DE LA FIBRA : 0.3325 mm
- RESISTENCIA A LA TRACCIÓN : 620 Mpa
- CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA : Baja
- FIBRAS POR KILO : 32,760 unidades +/- 3%
- PUNTO DE FUSIÓN : 440 °C
- PUNTO DE ABLANDAMIENTO : 170 °C
- RESISTENCIA A ÁLCALIS, SALES Y ÁCIDOS : Alta.

COMPATIBILIDAD: SIKA FIBER FORCE PP-48 es compatible con todos los aditivos para concretos SIKA y las sustancias químicas que aumentan el rendimiento del concreto. No se debe usar las fibras macro sintéticas SIKA FIBER FORCE PP-48 para remplazar refuerzos estructurales.

PRECAUCIONES: No se debe usar las fibras macro sintéticas SIKA FIBER FORCE PP-48 como un medio para usar secciones de menor espesor que el diseño original. Para el espaciado de las juntas, siga las directrices estándar de la industria sugeridas por PCA y ACI.

Información Del Sistema

- **Detalles de Aplicación.**

Consumo / Dosis

La dosis de aplicación para la fibra macro sintética estructural SIKA FIBER FORCE PP 48 es de 2 a 9 kg/m³ de concreto o Shotcrete, dependiendo de la ductilidad, resistencia residual, tenacidad o absorción de energía requerido. En las pruebas para determinar la cantidad exacta de fibra a usar, si el concreto es lanzado (Shotcrete vía húmeda o seca) las muestras (paneles cuadrados EFNARC o circulares ASTM C-1550) tienen que ser obtenidas en campo, lanzado con el equipo a usar, ya que por su naturaleza las fibras sintéticas durante el lanzamiento o proyección una parte de ellas se pierde. No se recomienda obtener los paneles en laboratorio ya que los resultados difieren apreciablemente.

- **Métodos de Aplicación.**

Diseños De Mezclas Y Procedimientos

El refuerzo con SIKA FIBER FORCE PP-48 es un proceso mecánico, no químico.

Debido a la eficiencia de la fibra no se necesita modificación del diseño de mezcla ya que no afecta notoriamente la fluidez de la mezcla. Consulte con un asesor técnico de SIKA Perú S.A. para recomendaciones adicionales. La fibra macro sintética SIKA FIBER FORCE PP-48 se agrega a la mezcladora antes, durante o después de hacer mezclas con los otros materiales del concreto. Se requiere un tiempo de mezclado de por lo menos de 3 a 5 minutos por metro cúbico como se especifica en la norma ASTM C-94.

Acabado

Se puede dar un acabado al concreto reforzado con SIKA FIBER FORCE PP-48 usando las técnicas de acabado de acuerdo a ACI 304, Sección C3.

- **Bases.**

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

- **Restricciones Locales.**

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

- **Información de Seguridad e Higiene.**

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

E.2. Micro Fibra de Polipropileno – Sikafiber PE

Descripción

Fibra sintética (micro fibra de polipropileno), de alta tenacidad que evita el agrietamiento de concreto y morteros.

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.

USOS

- Losas de concreto (placas, pavimentos, techos, etc.)

- Mortero y concreto proyectado (shotcrete).
- Paneles de fachada.
- Elementos prefabricados.
- Revestimiento de canales.

Características

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.

Datos Básicos

- **Forma.**

ASPECTO : Fibra
COLOR : Crema claro
PRESENTACIÓN : Bolsa de 600 g

- **Almacenamiento.**

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL:
Un año en un lugar seco y bajo techo, en envases bien cerrados.

- **Datos Técnicos.**

- DENSIDAD REAL APROX. : 1.17 kg/L
- ABSORCIÓN DE AGUA : < 2%
- MÓDULO DE ELASTICIDAD : 15,000 kg/cm²
- ALARGAMIENTO DE ROTURA : 26%
- RESISTENCIA A TRACCIÓN : 468 kg/cm²
- RESISTENCIA QUÍMICA :
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.

Información Del Sistema

Método de Aplicación:

- **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 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 m^3 de concreto.
- Para mezclas de shotcrete, utilizar de 2 a 8 kg de SIKAFIBER PE por m^3 de concreto.

Instrucciones De Seguridad

- **Precauciones durante la manipulación:**

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.

3.6.2. ANÁLISIS DE DATOS

A. EL AGREGADO

El agregado Fino proveniente de la cantera de Cochamarca, en los ensayos obtuvimos en la granulometría del agregado Fino que no está dentro del rango según NTP 400.012.

El agregado grueso que se usara es Canto Rodado, en el ensayo de granulometría si está dentro del rango, con Modulo de Fineza de 7.40, Tamaño máximo de 1 ½" y Tamaño máximo nominal de 1".

En ambos agregados tenemos como siguientes resultados:

Cuadro 08. Datos del agregado Fino y Grueso

AGREGADOS	ARENA FINA	CANTO RODADO
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1510.00	1580.00
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1650.00	1645.00
Peso Específico (kg/m ³)	2564.00	2707.00
Módulo de Fineza	3.87	7.41
TMN		1"
% Abs	2.88	1.23
% W	7.30	4.49

B. EL CEMENTO

Analizando los datos del cemento, se usará el Cemento tipo I, la cual es comercial en nuestra zona.

C. EL AGUA

Utilizaremos el agua potable de Cerro de Pasco, cuya agua se usa en todas las construcciones de la Zona.

D. ADITIVOS

Analizando los aditivos tenemos:

- El Aditivo W-73 se reducirá el agua a un 15%, usando el 0.8% del peso del cemento.
- El aditivo incorporador de aire, se usara 0.02 % del peso del cemento.

E. FIBRAS DE POLIPROPILENO

En fibras de polipropileno, tenemos dos clases, en la cual usaremos de la siguiente manera:

- La Macro Fibra, se usara en 3 adiciones de 2, 5 y 9 kg por m³.
- La Micro Fibra, se usara en 1 adición de 600 gr por m³.

3.7. TRATAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS – DISEÑO DE MEZCLAS

3.7.1. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO 210 KG/CM2

Con los datos obtenidos de los agregados, cemento, agua, aditivos y fibras de polipropileno, a continuación realizaremos el diseño de mezclas para un concreto de 210 kg/cm².

a. Calculo de Aire Atrapado

Utilizaremos la tabla N° 2 del Método ACI.

TABLA N° 2. Contenido de Aire Atrapado

Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso.	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 %

Tenemos Tamaño Máximo Nominal (TMN) = 1"

Por lo tanto contenido de aire = **1.5%**

b. Cálculo de Volumen Unitario de Agua

Utilizaremos la tabla N° 1 del Método ACI.

TABLA N° 1. Volumen Unitario de Agua

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

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Para un Asentamiento de 6" y TMN de 1", con aire incorporado tenemos:

$$\text{Agua} = 184.00 \text{ l/m}^3$$

$$\text{Reductor de agua al 15\% W-73} = \mathbf{156.40 \text{ l/m}^3}$$

c. Cálculo de Relación A/C

Utilizaremos la tabla N° 5 del Método ACI.

TABLA N° 5. Relación Agua/Cemento por Resistencia

f'c (Kg/cm ²)	Relación agua/cemento 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	

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Para una F'c = 210 (kg/cm²) + con aire incorporado

Interpolando:

200.00	0.61
210.00	x
250.00	0.53

La Relación **a/c= 0.594**

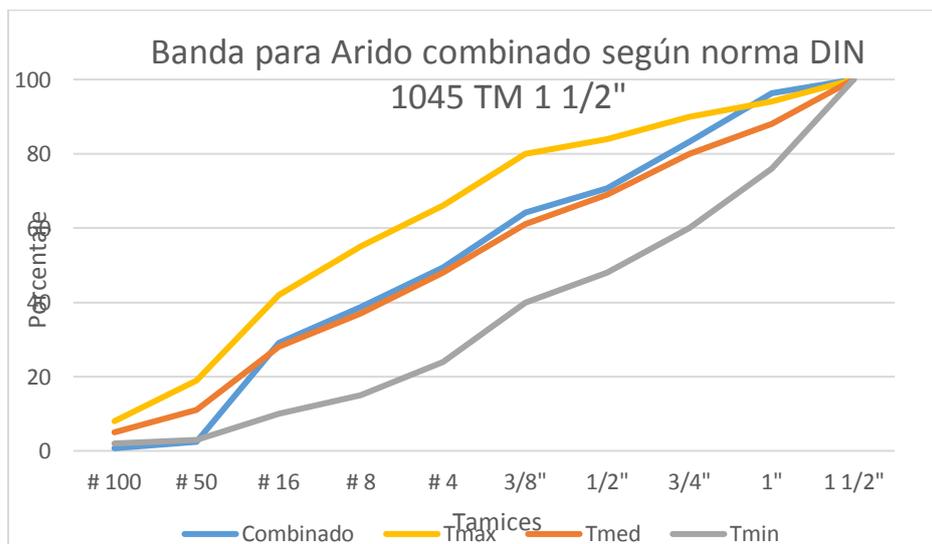
d. Granulometría de Agregado Combinado

Para tamaño Nominal 1" utilizaremos

Cuadro 09. Combinación de Agregados para concreto
 $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Malla	Combinado	Tmax	Tmed	Tmin	Arena	Piedra
1 1/2"	100	100	100	100	100.0	100.0
1"	96	94	88	76	100.0	89.1
3/4"	83	90	80	60	100.0	54.0
1/2"	71	84	69	48	100.0	20.6
3/8"	65	80	61	40	98.9	4.8
# 4	50	66	48	24	78.3	0.0
# 8	39	55	37	15	61.4	0.0
# 16	30	42	28	10	46.1	0.0
# 50	3	19	11	3	4.0	0.0
# 100	1	8	5	2	1.1	0.0

Gráfico 03. Curva Granulométrica de agregado combinado,
 para concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$.



La Proporción Óptima es de **Arena/Piedra = 63/37**

e. Calculo de Peso de los Materiales a Usar

Cuadro 10. Peso de los materiales para un concreto

$f'c=210\text{kg/cm}^2$

Código de ensayo : 01						%	M.F	%ABS	%HU
CEMENTO		A/C =	0.59	ARENA	63	3.87	2.88	7.30	
MARCA y TIPO		Dosis de W-73	0.80%	PIEDRA	37	7.41	1.23	4.49	
Andino tipo I		Dosis de Sikaer	0.020%	GLOBAL	100	5.36			
Materiales	P.E (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Diseño seco para 1m ³	Diseño s.s.s para 1m ³	Correc. Por humid.	Diseño correg. Para 1m ³	Diseño corregido para Laboratorio		
Cemento	3150	0.0836	263 kg	263 kg		263.3 kg	5.27 kg		
Agua	1000	0.1564	199 L	156 L		81 L	1.62 kg		
Arena	2564	0.4681	1167 kg	1200 kg	47	1252 kg	25.0 kg		
Piedra	2707	0.2749	735 kg	744 kg	27	768 kg	15.36 kg		
W-73	1050	0.0020	2.11 kg	2.11 kg		2.1 kg	42.1 gr.		
Sikaer	1010	0.0001	0 kg	0 kg		0.1 kg	1.05 gr.		
Adición		0.0000	0 kg	0 kg		0.0 kg	0.000 kg		
Aire	100	0.0150	1.5 %	1.50 %		1.5 %	1.50 %		
Total		1.0000	2366 kg	2366 kg		2371 kg			
Agua Retenida:			Rendimiento	1.00		V. Molde (m ³) =	0.007060		
0 L			P.U.C (Kg/m ³) =	2370		Peso Neto C (Kg) =	16.730		

- Se adicionara 2, 5 y 9 kg x m³, de Macro Fibra de Polipropileno.
- Se adicionara 600 gr x m³, de Micro Fibra de Polipropileno.
- Para comparaciones se adicionara 15 kg x m³ de fibra de acero.

3.7.2. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO 280 KG/CM2

Con los datos obtenidos de los agregados, cemento, agua, aditivos y fibras de polipropileno, a continuación realizaremos el diseño de mezclas para un concreto de 280 kg/cm²

a. Calculo de Aire Atrapado

Utilizaremos la tabla N° 2 del Método ACI.

TABLA N° 2. Contenido de Aire Atrapado

Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso.	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 %

Tenemos Tamaño Máximo Nominal (TMN) = 1"

Por lo tanto contenido de aire = **1.5%**

b. Cálculo de Volumen Unitario de Agua

Utilizaremos la tabla N° 1 del Método ACI.

TABLA N° 1. Volumen Unitario de Agua

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

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Para un Asentamiento de 6" y TMN de 1", con aire incorporado tenemos:

$$\text{Agua} = 184.00 \text{ l/m}^3$$

$$\text{Reductor de agua al 15\% W-73} = \mathbf{156.40 \text{ l/m}^3}$$

c. Cálculo de Relación A/C

Utilizaremos la tabla N° 5 del Método ACI.

TABLA N° 5. Relación Agua/Cemento por Resistencia

f'c (Kg/cm ²)	Relación agua/cemento 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	

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Para una F'c = 280 (kg/cm²) + con aire incorporado
Interpolamos:

250.00	0.53
280.00	x
300.00	0.46

La Relación **a/c= 0.49**

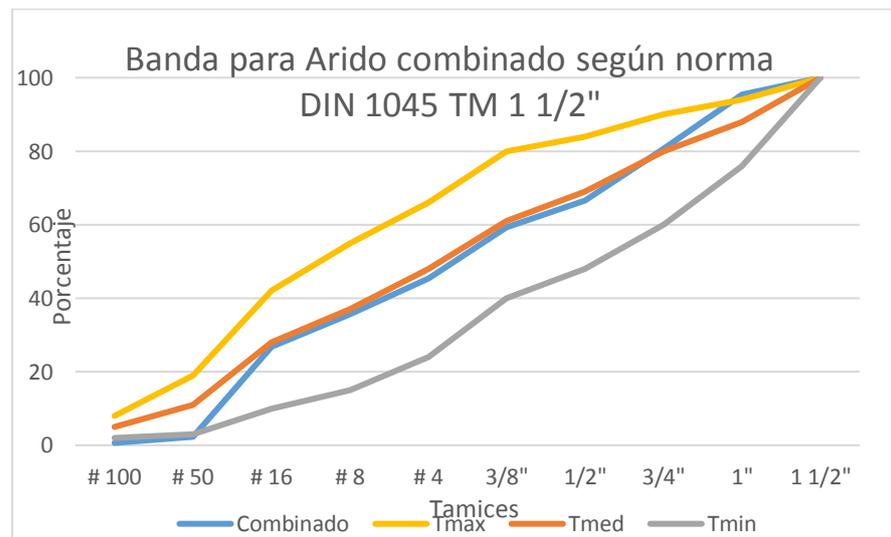
d. Granulometría de Agregado Combinado

Para tamaño Nominal 1" utilizaremos

Cuadro 11. Combinación de Agregados para concreto
 $f'c=280\text{kg/cm}^2$

Malla	Combinado	Tmax	Tmed	Tmin	Arena	Piedra
1 1/2"	100	100	100	100	100.0	100.0
1"	95	94	88	76	100.0	89.1
3/4"	81	90	80	60	100.0	54.0
1/2"	67	84	69	48	100.0	20.6
3/8"	59	80	61	40	98.9	4.8
# 4	45	66	48	24	78.3	0.0
# 8	36	55	37	15	61.4	0.0
# 16	27	42	28	10	46.1	0.0
# 50	2	19	11	3	4.0	0.0
# 100	1	8	5	2	1.1	0.0

Gráfico 04. Curva Granulométrica de agregado combinado, para
concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$



La Proporción Óptima es de **Arena/Piedra = 58/42**

e. Calculo de Peso de los Materiales a Usar

Cuadro 12. Peso de los materiales para un concreto

$f'c=280\text{kg/cm}^2$

Código de ensayo : 02						%	M.F	%ABS	%HU
CEMENTO		A/ C =	0.49	ARENA	58	3.87	2.88	7.30	
MARCA y TIPO		Dosis de W-73	0.80%	PIEDRA	42	7.41	1.23	4.49	
Andino Tipo V		Dosis de Sikaer	0.020%	GLOBAL	100	5.36			
Materiales	P.E (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Diseño seco para 1m ³	Diseño s.s.s para 1m ³	Correc. por humid.	Diseño correg. para 1m ³	Diseño corregido para Laboratorio		
Cemento	3050	0.1282	391 kg	391 kg		391 kg	7.82 kg		
Agua	1000	0.1564	195 L	156 L		86 L	1.73 kg		
Arena	2564	0.4045	1008 kg	1037 kg	45	1082 kg	21.63 kg		
Piedra	2707	0.2929	783 kg	793 kg	26	818 kg	16.37 kg		
W-73	1050	0.0030	3.13 kg	3.13 kg		3.1 kg	62.56 gr.		
Sikaer	1010	0.0001	0.078 kg	0.08 kg		0.1 kg	1.56 gr.		
Adicion		0.0000	0 kg	0 kg		0.0 kg	0.00 kg		
Aire	100	0.0150	1.5 %	1.50 %		1.5 %	1.50 %		
Total		1.0000	2381 kg	2381 kg		2381 kg			
Agua Retenida:			Rendimiento	1.00		V. Molde (m ³) =	0.007050		
0 L			P.U.C (Kg/m ³) =	2386		Peso Neto C (Kg) =	16.823		

- Se adicionara 2, 5 y 9 kg x m3, de Macro Fibra de Polipropileno.
- Se adicionara 600 gr x m3, de Micro Fibra de Polipropileno.
- Para comparaciones se adicionara 15 kg x m3 de fibra de acero.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE CUADROS

Luego de haber elaborado el diseño de mezclas, se procedió a materializar los datos, realizando la mezcla de concreto, de diseños $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ y $f'c = 280\text{kg/cm}^2$, haciendo las adiciones correspondientes de las fibras de polipropileno, y con fines de comparación se adiciono fibras de acero.

Se realizó probetas estándares según norma de 12"x6", para realizar los ensayos respectivos a los 7 días, 14 días y 28 días.

Obteniendo los siguientes cuadros:

Cuadro N° 13. Rotura de probetas para diseño de concreto f'c=210kg/cm2

ROTURA DE PROBETAS													
N° DIAS	AREA (CM2)	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS PARA CONCRETO F'C = 210 KG/CM2											
		SIN FIBRA		+ 2 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)		+ 5 KG. SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)		+ 9 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)		+ 600 GR. - SIKA FIBER LHO PE (MICRO FIBRA - POLIPROPILENO)		+ 15 KG. - SIKA FIBER LHO 45/35 NB (FIBRA DE ACERO)	
		CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)
7.00	176.71	308.30	177.91	306.80	177.04	312.90	180.56	325.40	187.77	278.10	160.48	289.70	167.17
14.00	176.71	326.50	188.41	356.70	205.84	369.60	213.28	401.00	231.40	374.90	216.34	454.20	262.10
28.00	176.71	406.40	234.52	439.70	253.73	449.00	259.10	455.30	262.73	450.20	259.79	503.50	290.55

1KN = 101.97 kg

Cuadro N° 14. Rotura de probetas para diseño de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$

ROTURA DE PROBETAS													
N° DIAS	AREA (CM2)	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS PARA CONCRETO F'C = 280 KG/CM2											
		SIN FIBRA		+ 2 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)		+ 5 KG. SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)		+ 9 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)		+ 600 GR. - SIKA FIBER LHO PE (MICRO FIBRA - POLIPROPILENO)		+ 15 KG. - SIKA FIBER LHO 45/35 NB (FIBRA DE ACERO)	
		CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)
7.00	176.71	502.20	289.80	498.10	287.43	576.10	332.44	541.80	312.65	558.20	322.11	528.20	304.80
14.00	176.71	598.40	345.31	638.50	368.45	686.20	395.98	579.50	334.40	674.10	388.99	692.10	399.38
28.00	176.71	663.50	382.88	704.00	406.25	751.90	433.89	643.60	371.39	685.50	395.57	722.50	416.92

1KN = 101.97 kg

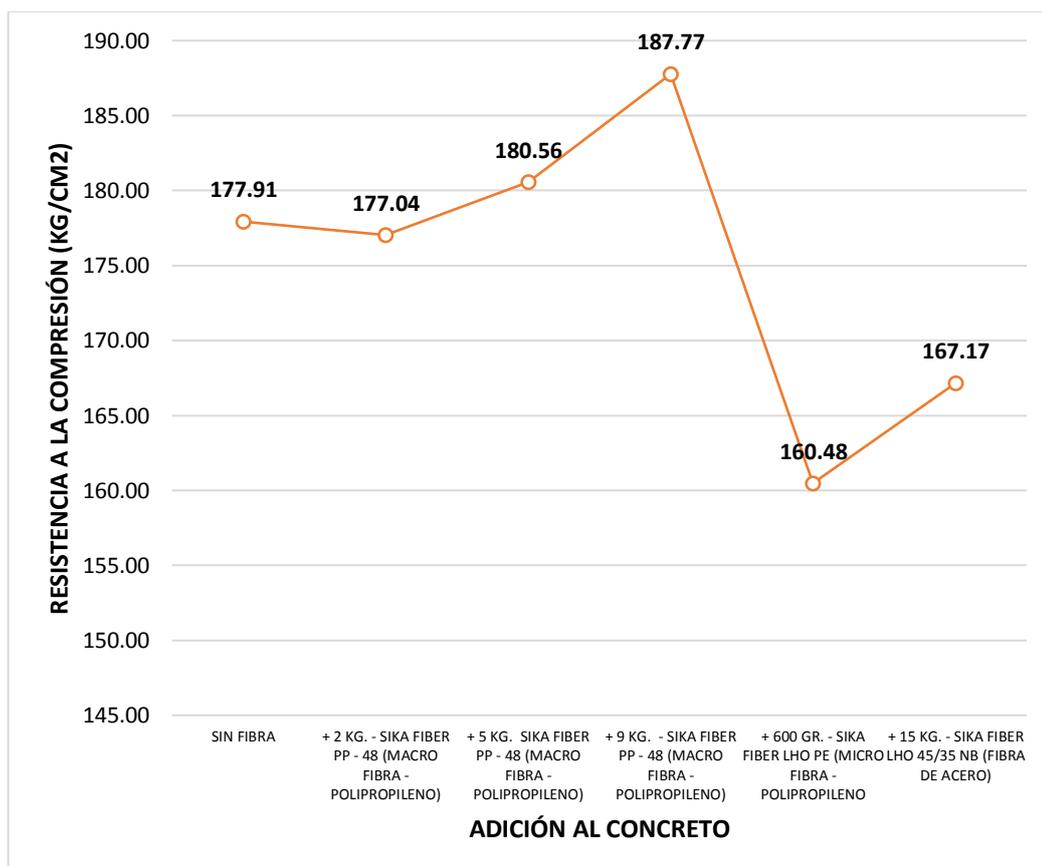
4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. RESULTADOS PARA DISEÑO DE CONCRETO $f'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$

Cuadro N° 15. Resultados a 7 días para diseño de concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$

7 DIAS	SIN FIBRA	+ 2 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 5 KG. SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 9 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 600 GR. - SIKA FIBER LHO PE (MICRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 15 KG. - SIKA FIBER LHO 45/35 NB (FIBRA DE ACERO)
$f'c = (\text{KG}/\text{CM}^2)$	177.91	177.04	180.56	187.77	160.48	167.17
%	100.00%	99.51%	101.49%	105.55%	90.20%	93.97%

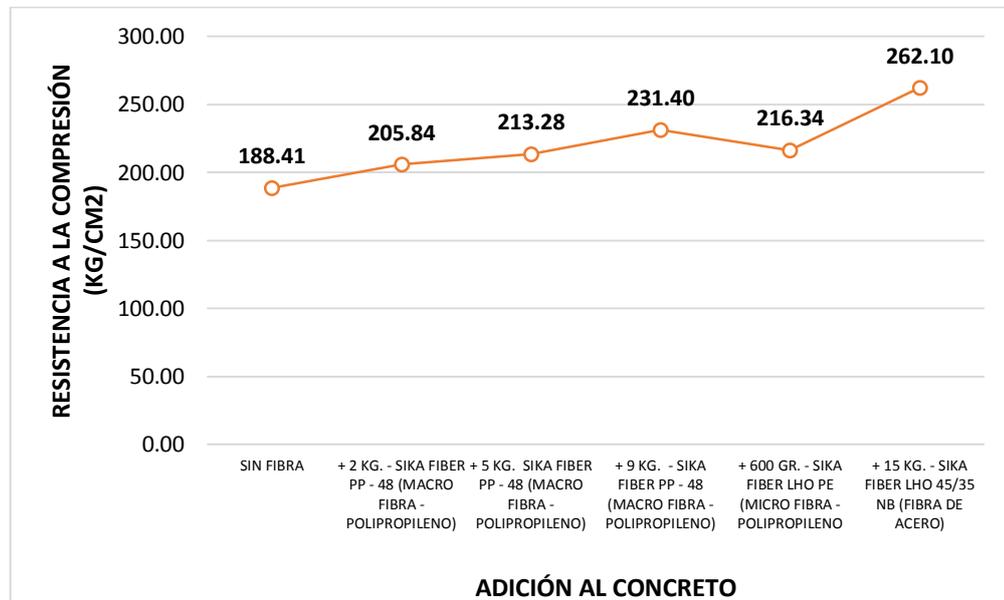
Gráfico 05. Resultados a 7 días para diseño de concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$



Cuadro N° 16. Resultados a 14 días para diseño de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$

14 DIAS	SIN FIBRA	+ 2 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 5 KG. SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 9 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 600 GR. - SIKA FIBER LHO PE (MICRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 15 KG. - SIKA FIBER LHO 45/35 NB (FIBRA DE ACERO)
F'C = (KG/CM2)	188.41	205.84	213.28	231.40	216.34	262.10
%	100.00%	109.25%	113.20%	122.82%	114.82%	139.11%

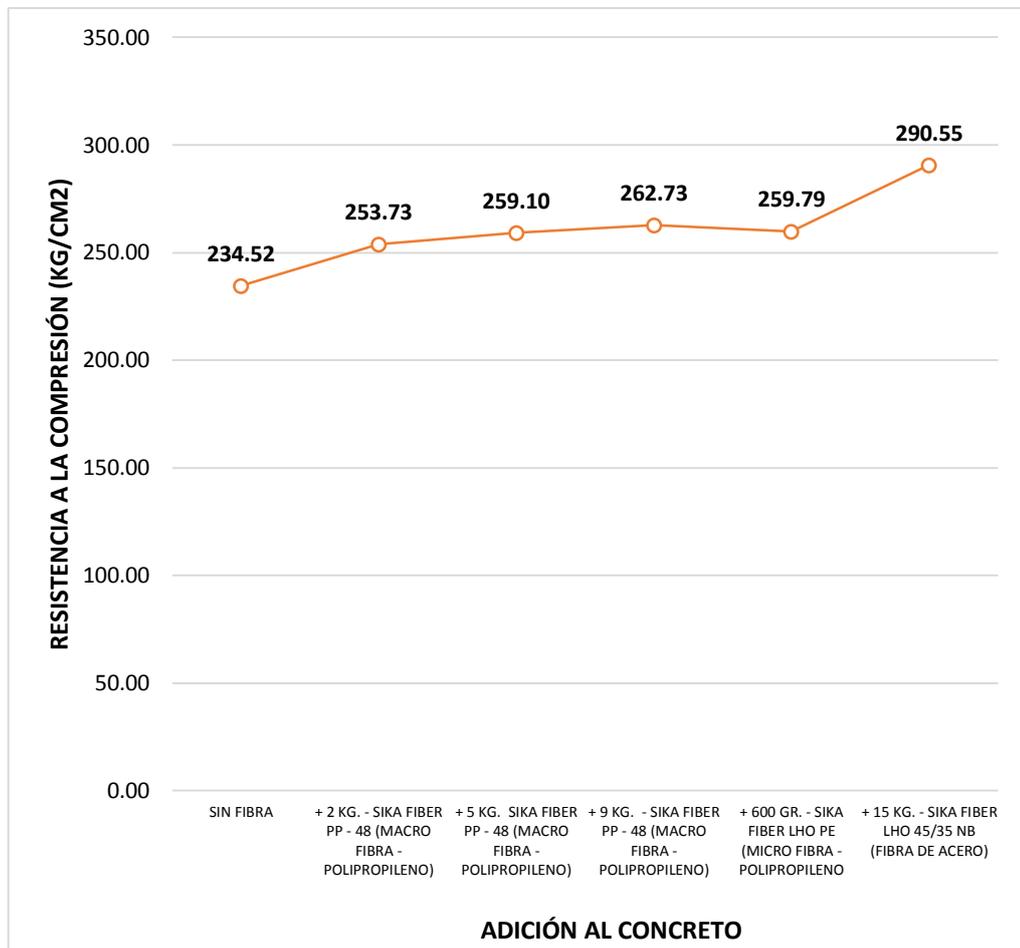
Gráfico 06. Resultados a 14 días para diseño de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$



Cuadro 17. Resultados a 28 días para diseño de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$

28 DIAS	SIN FIBRA	+ 2 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 5 KG. SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 9 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 600 GR. - SIKA FIBER LHO PE (MICRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 15 KG. - SIKA FIBER LHO 45/35 NB (FIBRA DE ACERO)
F'C = (KG/CM2)	234.52	253.73	259.10	262.73	259.79	290.55
%	100.00%	108.19%	110.48%	112.03%	110.78%	123.89%

Gráfico 07. Resultados a 28 días para diseño de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$

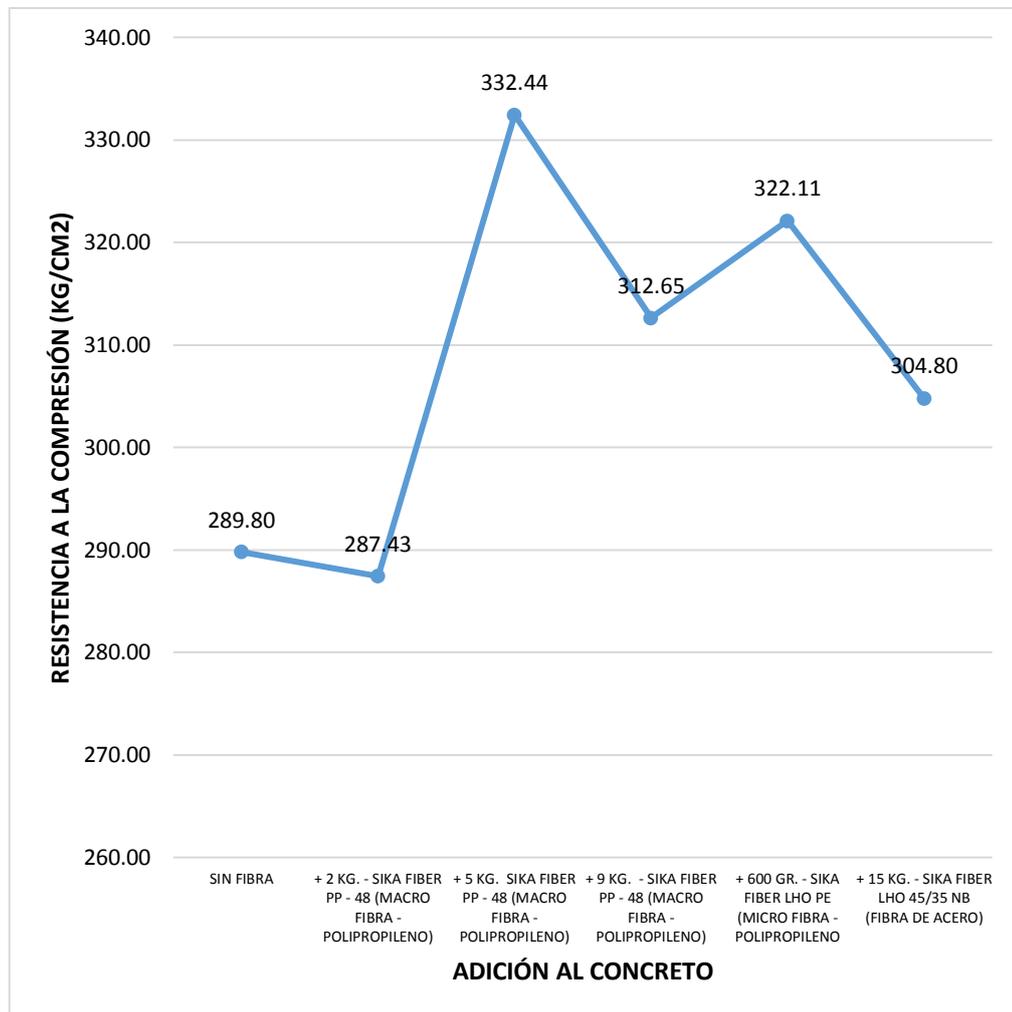


4.2.2. RESULTADOS PARA DISEÑO DE CONCRETO $F'c=280\text{ KG/CM}^2$

Cuadro 18. Resultados a 7 días para diseño de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$

7 DIAS	SIN FIBRA	+ 2 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 5 KG. SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 9 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 600 GR. - SIKA FIBER LHO PE (MICRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 15 KG. - SIKA FIBER LHO 45/35 NB (FIBRA DE ACERO)
$F'c =$ (KG/CM2)	289.80	287.43	332.44	312.65	322.11	304.80
%	100.00%	99.18%	114.72%	107.89%	111.15%	105.18%

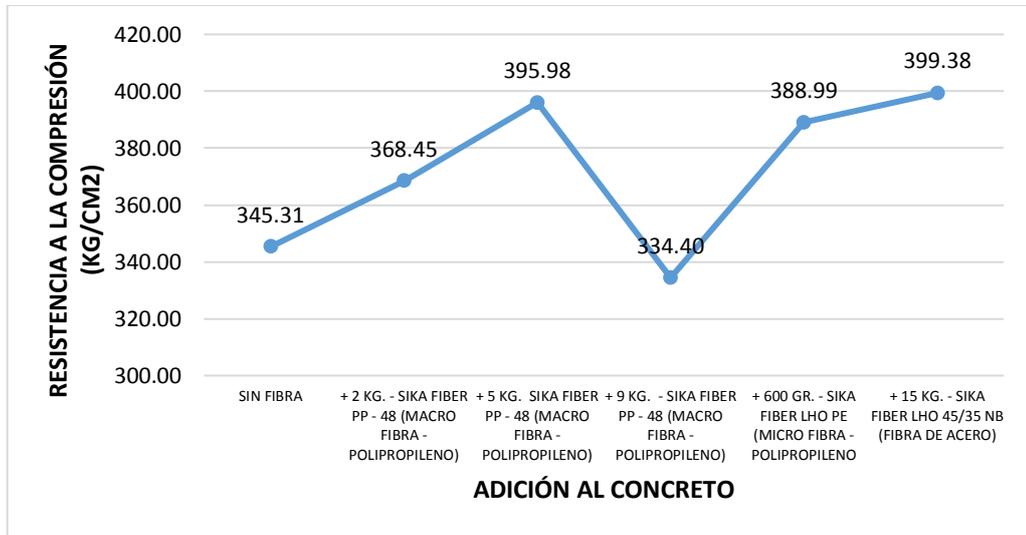
Gráfico 08. Resultados a 7 días para diseño de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$



Cuadro 19. Resultados a 14 días para diseño de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$

14 DIAS	SIN FIBRA	+ 2 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 5 KG. SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 9 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 600 GR. - SIKA FIBER LHO PE (MICRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 15 KG. - SIKA FIBER LHO 45/35 NB (FIBRA DE ACERO)
$F'c =$ (KG/CM2)	345.31	368.45	395.98	334.40	388.99	399.38
%	100.00%	106.70%	114.67%	96.84%	112.65%	115.66%

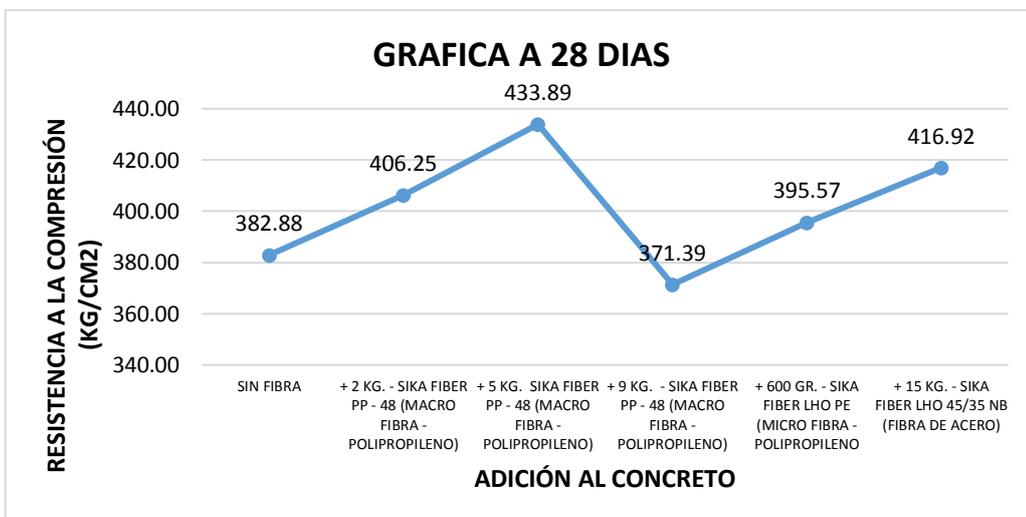
Gráfico 09. Resultados a 14 días para diseño de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$



Cuadro 20. Resultados a 28 días para diseño de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$

28 DIAS	SIN FIBRA	+ 2 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 5 KG. SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 9 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 600 GR. - SIKA FIBER LHO PE (MICRO FIBRA - POLIPROPILENO)	+ 15 KG. - SIKA FIBER LHO 45/35 NB (FIBRA DE ACERO)
$F'c =$ (KG/CM2)	382.88	406.25	433.89	371.39	395.57	416.92
%	100.00%	106.10%	113.32%	97.00%	103.32%	108.89%

Gráfico 10. Resultados a 28 días para diseño de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$



4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.2.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERICO

- a Las fibras de polipropileno tienen efecto sobre el concreto de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$, aumentando la resistencia a la compresión, elaborado con agregados provenientes del Centro poblado de Cochamarca.

Decisión:

Podemos determinar que las fibras de polipropileno SI TIENEN EFECTO sobre el concreto, aumentando la resistencia a la compresión.

4.2.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

- a. La cantidad de fibra de polipropileno a adicionar, influirá en la resistencia del concreto de 210 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 .

Decisión:

La cantidad de fibras de polipropileno adicionadas al concreto SI INFLUYEN, en la resistencia del concreto.

- b. Las dimensiones de las fibras de polipropileno que intervienen en la adición del concreto influyen en la resistencia de la misma.

Decisión:

La dimensión de las fibras de polipropileno SI INFLUYEN, en la resistencia del concreto.

- d. Las resistencias del concreto con fibras de polipropileno se verán incrementadas con respecto al concreto sin adiciones de fibras de polipropileno.

Decisión:

Las resistencias del concreto con fibras de polipropileno SI SE VEN INCREMENTADAS con respecto al concreto sin adiciones de fibras de polipropileno.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS PARA DISEÑO DE CONCRETO F'C=210KG/CM2

El diseño de concreto se elaboró para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², y ensayándolo a 7, 14 y 28 días, teniendo como resultados 177.91 kg/cm², 188.41 kg/cm² y 234.52 kg/cm² respectivamente, al adicionar las fibras de polipropileno, se notó que aumento y disminución de la resistencia en las diferentes proporciones, que son las siguientes:

Cuadro 21. Resultados de diseño para concreto f'c=210kg/cm²

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)									
Adiciones/Días	7 DIAS			14 DIAS			28 DIAS		
SIN FIBRA	177.91	100.00%	0.00%	188.41	100.00%	0.00%	234.52	100.00%	0.00%
+ 2 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	177.04	99.51%	- 0.49%	205.84	109.25%	9.25%	253.73	108.19%	8.19%
+ 5 KG. SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	180.56	101.49%	1.49%	213.28	113.20%	13.20%	259.10	110.48%	10.48%
+ 9 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	187.77	105.55%	5.55%	231.40	122.82%	22.82%	262.73	112.03%	12.03%
+ 600 GR. - SIKA FIBER LHO PE (MICRO FIBRA - POLIPROPILENO)	160.48	90.20%	- 9.80%	216.34	114.82%	14.82%	259.79	110.78%	10.78%
+ 15 KG. - SIKA FIBER LHO 45/35 NB (FIBRA DE ACERO)	167.17	93.97%	- 6.03%	262.10	139.11%	39.11%	290.55	123.89%	23.89%

- Adicionando 2 kg de Macro fibra de polipropileno, a los 7 días la resistencia disminuye en un 0.49%, pero a los 14 días se incrementa en un 9.25%, teniendo al final a los 28 días un aumento de resistencia de 8.19%.
- Adicionando 5 kg de Macro fibra de polipropileno, a los 7 días la resistencia a la compresión aumenta en 1.49%, a los 14 días se

incrementa en un 13.20%, teniendo al final a los 28 días un aumento de resistencia de 10.48%.

- Adicionando 9 kg de Macro fibra de polipropileno, a los 28 días la resistencia a la compresión aumenta en 5.55%, a los 14 días se incrementa en un 22.82%, teniendo al final a los 28 días un aumento de resistencia de 12.03%.
- Adicionando la Microfibra de polipropileno, a los 7 días la resistencia disminuye en 9.80%, pero a los 14 días se incrementa en un 14.82%, teniendo al final a los 28 días un aumento de resistencia de 10.78%.
- En la actualidad generalmente se solo se usan las fibras de acero para mejorar la resistencia del concreto, para comparar de adición 15 kg, teniendo como resultado a los 7 días la resistencia disminuye en 6.03%, pero a los 14 días se incrementa en un 39.11%, teniendo al final a los 28 días un aumento de resistencia de 23.83%.

4.2.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS PARA DISEÑO DE CONCRETO F'C=280KG/CM2

El diseño de concreto se elaboró para una resistencia a la compresión de 280 kg/cm², y ensayándolo a 7, 14 y 28 días, teniendo como resultados 289.80 kg/cm², 345.31 kg/cm² y 382.88 kg/cm² respectivamente, al adicionar las fibras de polipropileno, se notó que aumento y disminución de la resistencia en las diferentes proporcione, que son las siguientes:

Cuadro 22. Resultados de diseño para concreto f'c=280kg/cm²

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)									
ENSAYO EN:	7 DIAS			14 DIAS			28 DIAS		
SIN FIBRA	289.80	100.00 %	0.00%	345.31	100.00%	0.00%	382.88	100.00%	0.00%
+ 2 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	287.43	99.18%	-0.82%	368.45	106.70%	6.70%	406.25	106.10%	6.10%
+ 5 KG. SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	332.44	114.72 %	14.72%	395.98	114.67%	14.67%	433.89	113.32%	13.32%
+ 9 KG. - SIKA FIBER PP - 48 (MACRO FIBRA - POLIPROPILENO)	312.65	107.89 %	7.89%	334.40	96.84%	-3.16%	371.39	97.00%	-3.00%
+ 600 GR. - SIKA FIBER LHO PE (MICRO FIBRA - POLIPROPILENO)	322.11	111.15 %	11.15%	388.99	112.65%	12.65%	395.57	103.32%	3.32%
+ 15 KG. - SIKA FIBER LHO 45/35 NB (FIBRA DE ACERO)	304.80	105.18 %	5.18%	399.38	115.66%	15.66%	416.92	108.89%	8.89%

- Adicionando 2 kg de Macro fibra de polipropileno, a los 7 días la resistencia disminuye en 0.82%, a los 14 días se incrementa en un 6.70%, teniendo al final a los 28 días un aumento de resistencia de 6.10%.
- Adicionando 5 kg de Macro fibra de polipropileno, a los 7 días la resistencia a la compresión aumenta en 14.72%, a los 14 días se incrementa en un 14.67%, teniendo al final a los 28 días un aumento de resistencia de 13.32%.

- Adicionando 9 kg de Macro fibra de polipropileno, a los 28 días la resistencia a la compresión aumenta en 7.89%, pero a los 14 días disminuye en 3.16%, teniendo al final a los 28 días un disminución de resistencia en 3.32%.
- Adicionando la Microfibra de polipropileno, a los 7 días la resistencia a la compresión aumenta en 11.15%, a los 14 días se incrementa en un 12.65%, teniendo al final a los 28 días un aumento de resistencia de 3.32%.
- Para comparar de adición 15 kg de fibra de acero, teniendo como resultado a los 7 días la resistencia a la compresión aumenta en 5.18%, a los 14 días se incrementa en un 15.66%, teniendo al final a los 28 días un aumento de resistencia de 8.89%.

CONCLUSIONES

- El agregado utilizado en esta investigación es proveniente de la Cantera de Cochamarca. El módulo de finura de la arena es de 3.87 y su granulometría no está comprendida entre los límites especificados en la NTP 400.012, lo que nos indica que el agregado no es adecuado para ser utilizado en mezclas para concreto.
- El Canto rodado tiene como TNM 1", y su granulometría está comprendida entre los límites especificados en la NTP 400.012, lo que nos indica que el agregado es adecuado para ser utilizado en mezclas para concreto.
- Para a la combinación y la dosificación adecuada de cada agregado se trabajó según la Norma DIN para TM de agregado grueso 1 ½", trabajando con una relación para el concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ de Arena/Piedra (63/37) y para concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ de Arena/Piedra (58/42).
- La adición de las fibras de polipropileno al diseño de concreto de resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y 280 kg/cm^2 , dan un incremento significativo en dicha propiedad mecánica, a la vez eleva el Modulo de Elasticidad, Modulo de Corte y la Resistencia del Concreto a Tracción por Flexión, que están proporcionalmente ligadas, a la resistencia a la compresión.
- Para diseño de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, al adicionar 9 kg de fibra por metro cúbico, se tiene mejores resultados, que con de 2, 5 kg y la micro fibra.

- Para diseño de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, las micro fibra, le agrega una resistencia considerable al concreto.
- Para diseño de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, adicionar fibras de acero tiene mejores resultados que las fibras de polipropileno, en 11.86%.
- Para diseño de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$, al adicionar 5 kg de fibra por metro cúbico, se tiene mejores resultados, que con de 2, 9 kg y la micro fibra.
- Para diseño de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$, las micro fibra, le agrega una resistencia considerable al concreto.
- Para diseño de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$, adicionar fibras de acero no tiene mejores resultados que las fibras de polipropileno.
- Para diseño de concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$, la macro fibra de polipropileno adicionando 5kg, tiene mejores resultados que las fibras de acero, en 4.43%.
- Se pudo comprobar que las probetas que incluyen fibra tienen la capacidad de mantenerse unido pese al agrietamiento producido luego del ensayo de compresión simple, a diferencia de aquellas probetas sin refuerzo, las cuales luego de producirse la falla se separan e incluso estallan.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para realizar un diseño de mezcla en el cual se vaya a incluir fibra de polipropileno y otra fibra, se hagan los respectivos estudios y análisis de las propiedades de los agregados que van a ser utilizados en la mezcla, ya que los resultados obtenidos en esta investigación no se pueden generalizar para todo tipo de agregado.
- Para el uso correcto de la Fibra de polipropileno, se recomienda realizar ensayos en diferentes proporciones, así para llegar al óptimo.
- En el país disponemos en grandes recursos naturales, que se pueden usar como fibras entre ellas esta, la cabuya, el bambú, entre otras, se recomienda que se investigue el uso de estos materiales como refuerzo del concreto, con el objeto de mejorar las propiedades mecánicas del mismo, a costos significativamente menores en relación a la utilización de fibras sintéticas.
- Se espera que las conclusiones obtenidas en la presente investigación, permitan resolver algunos problemas existentes en las obras que se construyen en el país y puedan justificar su aplicación en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Pasquel Carbajal, Enrique. (1999), *Tópicos de Tecnología del Concreto, Segunda Edición*. Lima, Perú.
- McCormac C., Jack. (2005), *Diseño de Concreto Reforzado, Quinta edición*. Col. del Valle, México.
- Harmsen E., Teodoro. (2005), *diseño de estructuras de concreto armado, cuarta edición*. Lima, Perú.
- Rivva López, Enrique. (2012), *Concreto de Alta Resistencia*. Lima, Perú. ICG.
- Empresa editora Macro EIRL (Ed.) (2014), *Reglamento Nacional de Edificaciones, Sexta Edición*. Lima, Perú. Editorial Macro
- Comité ACI 318, (2011), *American Concrete Institute, Primera Edición*. Lima, Perú. ACI.
- ASTM. (1942), *Standard Method of Test for Organic Impurities in Sands for Concrete: C 40*", Filadelfia.

Páginas Electrónicas

- Página Web: <https://texdelta.com/fibra-de-polipropileno-para-la-construccion/>.
- Página Web: <https://www.taringa.net/posts/ebooks-tutoriales/5104645/Hor-migon-Armado---Tablas-de-Calculo-DIN-1045-CIRSOC-201.html>
- Página Web: <http://www.unacem.com.pe/wp-content/uploads/2012/03/Cemento-Andino-TIPO-I.pdf>.
- Página Web: <http://elconcreto.blogspot.pe/2009/01/el-agua-del-concreto.html>.
- Página Web: <https://prezi.com/fwacpsan4dji/requisitos-de-calidad-del-agua-para-el-concreto/>.
- Página Web: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ccid/v2n2/v2n2a3.pdf>.
- Página Web: <https://civilgeeks.com/2017/06/20/efectos-la-adicion-fibra-polipropileno-las-propiedades-plasticas-mecanicas-del-concreto-hidraulico/>.
- Página Web: <http://www.inacal.gob.pe/principal/categoria/normas-tecnicas-peruanas>.

ANEXOS

Imagen 02. Acopio del agregado Insitu – Cantera de Cochamarca



Imagen 03. Cemento Tipo I, Aditivo Incorporador de Aire y Reductor de Agua, usados en la investigación



Imagen 04. Ensayo de la arena y canto rodado, calculando sus propiedades físicas.



Imagen 05. Pesado de las Fibras de Polipropileno para su uso en diferentes adiciones.



Imagen 06. Mezclado de los materiales, en mezcladora de capacidad 1p3 obteniendo el concreto a ensayar en forma fresca.



Imagen 07. Midiendo el Slump, del concreto a usar, la cual es de 6", para nuestra investigación.



Imagen 08. Determinando el contenido de aire en el concreto, por medio del método de presión (ASTM C231), que debe estar entre 4 a 6%.



Imagen 09. Probetas de concreto, con diferentes adiciones de fibras de polipropileno.



Imagen 10. Ensayo de las probetas de concreto en la prensa, obteniendo la resistencia de compresión



Imagen 11. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=210$ kfg/cm² sin adición.



Imagen 12. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=210$ kfg/cm² con adición de 2 kg de Macro fibra de polipropileno.



Imagen 13. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'_c=210$ kfg/cm² con adición de 5 kg de Macro fibra de polipropileno.



Imagen 14. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'_c=210$ kfg/cm² con adición de 9 kg de Macro fibra de polipropileno.



Imagen 15. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'_c=210$ kfg/cm² con adición de 600 gr de micro fibra de polipropileno.



Imagen 16. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'_c=210$ kfg/cm² con adición de 15 kg de fibra de acero.



Imagen 17. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'_c=280$ kfg/cm² sin adición.



Imagen 18. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'_c=280$ kfg/cm² con adición de 2 kg de Macro fibra de polipropileno.



Imagen 19. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=280$ kfg/cm² con adición de 5 kg de Macro fibra de polipropileno.



Imagen 20. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=280$ kfg/cm² con adición de 9 kg de Macro fibra de polipropileno.

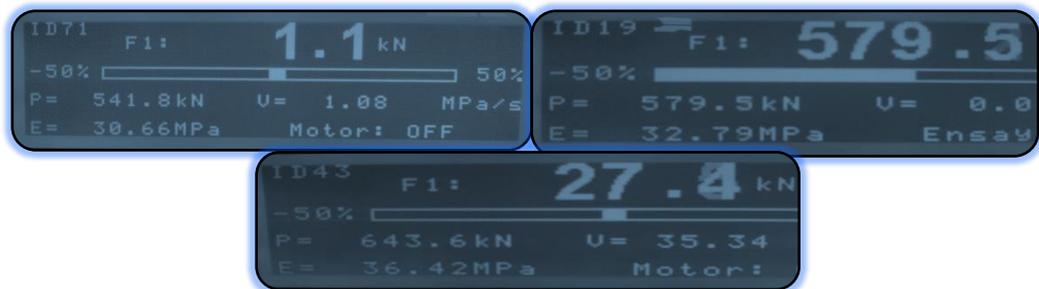


Imagen 21. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=280$ kfg/cm² con adición de 600 gr de micro fibra de polipropileno.



Imagen 22. Resultados de la Prensa a compresión en KN, para probetas de 7, 14 y 28 días, de concreto en diseño $f'c=280$ kfg/cm² con adición de 15 kg de fibra de acero.



“Quien no es dueño de su pensamiento,
No es dueño de sus actos”

Víctor Hugo