

"AÑO DE LA DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA Y DEL FORTALECIMIENTO DE LA EDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS CIVIL AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - LIRCAY



*Vº Bº
Edison Odón*

TESIS

"ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE FIBRAS DE POLIPROPILENO PROVENIENTES DE PLÁSTICOS RECICLADOS EN CONCRETOS DE F'C=210 KG/CM2 EN EL DISTRITO DE LIRCAY, PROVINCIA DE ANGARAES, REGIÓN HUANCABELICA"

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

TECNOLOGÍA EN CIENCIA DE LOS MATERIALES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. VILLANUEVA CAMPOS, Edison Odón

Bach. YARANGA HUATARONGO, Huber

ASESOR:

Ing. URIEL NEIRA CALSIN

LIRCAY - PERÚ

2015



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la facultad de Ingeniería de Minas-Civil-Ambiental, en el paraninfo de la FIMCA, Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Lircay, a los trece días del mes de Agosto del año Dos mil Quince; siendo las 11:00am se instaló los miembros del jurado en base a la resolución de Consejo de Facultad N° 086-2015-FIMCA-UNH, de fecha Cinco de Agosto del año Dos mil Quince, en la cual se resuelve:

- Artículo Primero: Aprobar la hora y fecha para la sustentación de Tesis, cuyo título es "Estudio de la Influencia de Fibras de Polipropileno provenientes de plásticos reciclados en concretos de $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en el distrito de Lircay, Provincia de Angaraes, Región Huancavelica". Siendo los responsables del Proyecto de Investigación, los Bachilleres: Villanueva Campos, Edison Odon y Yaranga Huatarongo Huber; miembros del Jurado: como presidente Ing. Enrique Rigoberto Camac Ojeda; Secretario Arg. Hugo Camilo Salas Tocasa; Vocals Ing. Andrés Zósimo Nahui Gaspar. - con la finalidad de evaluar la sustentación de la tesis referida, inmediatamente se procede con la intervención del Presidente dando los instrucciones correspondientes para dar inicio a la sustentación, primero dando el tiempo reglamentario de 30 minutos, seguidamente terminando la sustentación se procedió a la formulación de preguntas pertinentes, las cuales fueron absueltas por los tesisistas.

Los miembros del Jurado después de un intenso debate, se resuelve: Aprobar la Sustentación de Tesis por: Unanimitad, siendo las 12:30pm del día Trece de Agosto del año Dos Mil Quince, en señal de conformidad firman al pie del presente.


 ING. ENRIQUE CAMAC OJEDA
 Presidente

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA
 CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL
 DE LA ORIGINAL QUE TENGO A LA VISTA
 HUANCABELICA


 ARG. HUGO C. SALAS
 SECRETARIO


 Mtro. VICTOR ROBERTO MAMANI MACHACA
 Secretario General


 ING. NAHUI GASPAR A.
 (Vocal)

28 OCT. 2015

*A mi madre, por quien mi vida
tiene razón de existir, a mis
hermanos por su apoyo
incondicional quienes son el
pilar en mi formación
profesional*

EDISON O.

A mis padres quienes con su apoyo incondicional tanto económico y moral fueron parte de este logro; Rafael y Josefina, además a mis hermanos que forman parte de *mi motivación para alcanzar mis metas y objetivos.*

HUBER.

AGRADECIMIENTOS

- Al Creador del Universo, por todo lo que somos.
- Al personal directivo, jerárquico, docente y administrativo de la Facultad de Ingeniería Minas-Civil-Ambiental de la Universidad Nacional de Huancavelica, sede Lircay.
- A nuestros seres queridos, quienes desde lo alto velan por el bienestar de sus hijos, a nuestros padres, por su apoyo en bien de nuestra formación personal y profesional.
- Al Ing. Enrique Rigoberto, CAMAC OJEDA, Director de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, por su invaluable apoyo.
- Y finalmente al Señor Asesor Ing. Uriel Neira Calsin, por su tiempo y dedicación en la consecución de la presente investigación.
- A la UNH, en especial a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil – Lircay por haberme acogido en sus recintos para mi formación profesional.

ÍNDICE

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice.....	iv
Introducción.....	vii
Resumen.....	viii

Capítulo I: Problema

1.1. Planteamiento del problema.....	09
1.2. Formulación del problema.....	10
1.3. Objetivo general y específicos.....	11
1.4. Justificación.....	12

Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes.....	15
2.1.1. A nivel internacional.....	15
2.1.2.A nivel nacional.....	16
2.2. Bases teóricas.....	17
2.2.1. Historia y Evolución del Concreto Reforzado con Fibras.....	20
2.2.2. Concreto.....	21
2.2.2.1 Propiedades del concreto.....	21
2.2.2.1.1 Propiedades del concreto en estado no endurecido.....	22
2.2.2.1.2 Propiedades del concreto en estado endurecido.....	25
2.2.3 Tipos de concreto.....	26
2.2.3.1 Por el Peso específico.....	26
2.2.3.2 Según su aplicación.....	26
2.2.3.3 Por su composición.....	27
2.2.3.4 Concreto especiales.....	27
2.2.4 Componentes del concreto.....	33

2.2.4.1	Cemento.....	33
2.2.4.1.1	Composición del Cemento.....	34
2.2.4.1.2	Tipos de cementos y sus principales aplicaciones.....	35
2.2.4.1.3	Requisitos y normas para los diferentes tipos de cementos.....	37
2.2.4.1.4	Almacenamiento del Cemento.....	40
2.2.4.2	Agregados.....	42
2.2.4.2.1	Agregado fino.....	42
2.2.4.2.2	Agregado grueso.....	43
2.2.4.3	Agua en el concreto.....	44
2.2.5	Fibras en el concreto.....	47
2.2.5.1	Tipos de fibras apropiadas para concretos.....	49
2.2.5.2	Clasificación general de las fibras.....	51
2.3.	Metodología del diseño de mezclas del Concreto.....	54
2.3.1	Generalidades.....	54
2.3.2	Métodos de Diseño de Mezclas.....	55
2.3.3	Método de diseño del ACI.....	55
2.3.2.2	El Método Walker.....	56
2.3.2.3	El Método del Modulo de fineza de la combinación de agregados.....	57
2.3.4	Elección del método de diseño.....	58
2.3.5	Criterios básicos a tener en cuenta.....	59
2.3.6	Secuencia de pasos para el diseño de mezcla.....	60
2.3.7	Datos para el diseño de mezcla.....	61
2.3.8	Tablas utilizadas para los diseños de mezcla.....	61
2.4.	Hipótesis.....	64
2.4.1	Hipótesis Alternativa.....	64
2.4.2	Hipótesis Nula.....	65
2.5.	Definición de Términos.....	65
2.6	Identificación de Variables.....	68
2.7	Definición operativa de variables e indicadores.....	68

Capítulo III: Metodología de la investigación

3.1. Ámbito de estudio.....69
3.2. Tipo de investigación.....69
3.3. Nivel de investigación.....69
3.4. Método de investigación.....69
3.5. Diseño de Investigación.....69
3.6. Población, muestra y muestreo.....70
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....70
3.8. Procedimientos de recolección de datos.....71
3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....71

Capítulo IV: Resultados

4.1. Presentación de resultados.....72
4.2. Prueba de Hipótesis.....145
Conclusiones.....147
Recomendaciones.....148
Referencias bibliográficas (Modelo Vancouver).....149
Anexos.....150

u3

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo de investigación es evaluar la influencia de fibras de Polipropileno provenientes de plásticos reciclados en concretos de $f'c=210$ kg/cm², lo que condujo a realizar una evaluación a partir de los agregados y cómo estos junto con la pasta, y las fibras de polipropileno logran un desempeño óptimo con resultados que mejoran las características de un concreto normal.

Para esta investigación se usaron los agregados provenientes de la cantera de Tucupampa, ubicado en la provincia de Angaraes - Lircay, el estudio comprendió la utilización de un tipo de cemento con el fin de obtener parámetros de comparación entre los diseños de mezcla obtenidos, para ello se tuvo que hacer diseños de mezcla con uso de fibras de polipropileno.

El presente trabajo para efectos didácticos, se ha desarrollado en cuatro capítulos, como sigue:

En el capítulo I, PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, comprende: la formulación, el problema; los objetivos de la investigación, y la justificación

En el capítulo II, MARCO TEORICO, trata a cerca de los antecedentes del estudio y las bases científicas.

En el capítulo III, METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION, se ha considerado el tipo de investigación, la población, muestra, muestreo, los instrumentos y las técnicas que se utilizaron para la recolección de datos.

En el capítulo IV, ANALISIS E INTERPRETACION DE DATOS, se demuestra a través de la prueba estadística de student (t).

RESUMEN

La presente investigación se basa en el estudio de la influencia de la Fibra de Polipropileno, en la resistencia a compresión en diferentes tipos de construcción. Para ello se procedió a realizar mezclas para varias dosificaciones. Las probetas cilíndricas fueron ensayadas a edades de curado de 7, 14, 28 días según la norma ASTM D695, con el objeto de obtener los valores de resistencia a compresión propuestos. Para que la investigación tenga validez se elaboraron 12 probetas cilíndricas. Con los resultados obtenidos de los ensayos, se procedió a realizar un análisis estadístico para evaluar si la fibra difiere de la mezcla sin fibra. El trabajo de laboratorio se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio de mecánica de suelos y Pavimentos. Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones Huancavelica (DRTC-HVCA).

Este Trabajo de investigación ha sido estructurado en cuatro capítulos: En el primero capítulo se expone respectivamente el planteamiento del problema, formulación del problema, objetivos: general y específicos, justificación. En el segundo capítulo, se expone el Marco Teórico: antecedentes, bases teóricas, hipótesis, variables de estudio. En el tercer capítulo se exponen la metodología de la investigación: ámbito de estudio, tipo de investigación, nivel de investigación, metodología de investigación, diseño de investigación, población, muestra, muestreo, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procedimiento de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de dato. El Cuarto capítulo está conformado por los resultados: presentación de resultados, discusión.

Las conclusiones y recomendaciones del caso son escritas después de los resultados, para finalizar con la bibliografía y anexos; en estos últimos, se agregan todos los resultados de los ensayos de los agregados, diseño de mezcla, ensayos de resistencia a compresión.

CAPITULO I: PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema.

El problema de resistencia a la, compresión, fisuración y durabilidad del concreto normal $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$, relacionada con el área de construcción de las diferentes estructuras, tales como:

Edificaciones, pisos industriales/comerciales, pavimentos y entre otros.

Con la incorporación de fibras de polipropileno de tipo discontinuas rígidas flexibles al concreto normal $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$, se alcanzara una alta resistencia a Compresión, a fin de garantizar elevada resistencia a la Compresión, por lo tanto comprometer y motivar a la población la implicancia que tiene la influencia de fibras de polipropileno y resolver la durabilidad, resistencia y por último el costo.

En las últimas décadas, el empleo de concreto reforzado con fibras se está generalizando en el mundo de la construcción a escala internacional. Ya es habitual ejecutar con este material obras de soleras y pavimentaciones industriales, concretos proyectados para el sostenimiento de túneles, taludes y ejecución de piscinas, concretos prefabricados, etc.

Actualmente en el Perú, en los últimos años, el uso de fibras en el concreto recién se está dando a conocer y por ende se ha vuelto una nueva tecnología de aplicación,

empresas del sector aditivos y concretos premezclados están tomando la iniciativa para la promoción de su uso para su aplicación en el campo de las construcciones industriales, y minería, respetando detalladamente las aplicaciones de su uso.

Las ventajas del concreto con fibras de polipropileno son: (1) concreto dúctil con una gran cantidad de soporte de carga, las fibras encoladas en peines se pueden trabajar y mezclar muy fácilmente, su forma alargada y fina ofrece beneficios en la repartición del refuerzo; (2) Control eficaz de fisuras, los extremos de las fibras de polipropileno están adaptados para hacer posible un buen anclaje y una fisuración controlada; (3) Alta resistencia a Compresión, se fabrican con plásticos reciclados, a fin de garantizar elevada resistencia a la Compresión.

Los usos de dicha fibra son:

- Edificaciones.
- Pisos Industriales/Comerciales.
- Pavimentos.
- Entre otros.

Con el presente tema de investigación se pretende dar una visión global de las ventajas y aplicaciones de los concretos reforzados con fibras de Polipropileno presente en el mercado nacional, así como los métodos de ensayo y fórmulas de cálculo, con el objetivo de contribuir a estandarizar su empleo.

1.2. Formulación del Problema.

1.2.1. Problema General:

¿De qué manera influye la incorporación de las fibras de polipropileno provenientes de plásticos reciclados en la resistencia a la compresión en

concretos de $F'c=210$ kg/cm² que se utilizan comúnmente en los diferentes tipos de construcción en el Distrito de Lircay, Provincia de Angaraes?

1.2.2. Problema Específicos:

- ¿Cómo influye la incorporación de % de las fibras de polipropileno en el concreto?
- ¿Cuál será la resistencia del concreto con fibras de polipropileno y sin fibras de polipropileno?

Objetivos.

1.2.3. General.

- ❖ Desarrollar un concreto con mayor resistencia a la compresión - tensión y menor tendencia a la fragmentación en estado endurecido, que ofrezca una mejor respuesta a los esfuerzos, en diversos tipos de construcciones como pavimentos, portuarios, etc., etc.
- ❖ De determinar la influencia al incorporar las fibras de polipropileno provenientes de plásticos reciclados en la resistencia a la compresión y tensión en concretos de $F'c=210$ kg/cm², que ofrezca una mejor respuesta en diferentes tipos de construcción en el Distrito de Lircay, Provincia de Angaraes.
- ❖ Determinar la influencia al incorporar las fibras de polipropileno provenientes de plásticos reciclados en la resistencia a la compresión en concretos de $F'c=210$ kg/cm², que ofrezca una mejor respuesta en diferentes tipos de construcción en el Distrito de Lircay, Provincia de Angaraes.

1.2.4. Específico.

- Conocer las fibras sintéticas que se pueden obtener, a partir del reciclaje de los desechos plásticos, y la aplicación de fibras de PP, en concretos hidráulicos.
- Mejorar la tecnología desarrollada para el diseño del concreto, en cuanto a la formación de fisuras, grietas, y resistencia.
- Diseñar mezclas de concreto reforzado, con diferentes porcentajes de fibras con polipropileno, para evaluar mediante análisis experimental
- Diseñar mezclas de concreto reforzado con diferentes % de fibras de polipropileno para evaluar mediante ensayos de laboratorio.
- Determinar la resistencia máxima del concreto diseñados, tanto para aquellos con refuerzo de fibras como para aquellos sin refuerzo alguno.
- Realizar comparaciones entre los valores de resistencia a la compresión simple de las probetas con y sin refuerzo, para luego valorar la influencia de la adición de las Fibras de Polipropileno en la resistencia a la compresión.
- Realizar la comparación de costo con y sin refuerzo de fibras de polipropileno.

1.3. Justificación.

Actualmente los problemas de fisuración, agrietamiento, y como consecuencia a ello la corrosión de acero de refuerzo en las estructuras de todo el ámbito de la provincia de Angaraes son severos. Esto provoca daños a las estructuras a las que se tiene que dar un constante mantenimiento.

Esta situación exige día a día desarrollar nuevos materiales y si con ello se logra al mismo tiempo, una resistencia mayor a $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$, y reducción en los costos, por M3 de concreto, siempre en cuando adicionando la fibra de PP, el impacto puede ser importante.

si mejorando sus características de tenacidad, control de fisuración, resistencia a compresión. Si en conjunto se plantea una posible solución de qué hacer con los grandes volúmenes de basura y residuos de plásticos generados en la ciudad de Lircay y demás ciudades del Perú y del mundo, se hace evidente la importancia de este proyecto El concreto con refuerzo de fibra de polipropileno ha venido revolucionando en el mercado, actúa de manera estructural. Debido a la adición de fibra, así mejorando sus características de tenacidad, control de fisuración, resistencia a Compresión.

Además son especialmente adecuados para sobrellevar acciones dinámicas y prevenir situaciones donde se requiere el control de los procesos de fisuración, ya que cosen las fisuras del concreto formando un "puente" entre los agregados gruesos, llevando al concreto a un comportamiento dúctil luego de la fisuración inicial evitando así la fractura frágil. El aumento de la tenacidad es una de las características más apreciadas del concreto reforzado con fibra.

Si en conjunto se plantea una posible solución de qué hacer con los grandes volúmenes de basura y residuos de plásticos generados en la ciudad de Lircay y demás ciudades del Perú y del mundo, se hace evidente la importancia de este proyecto.

Esta tarea queda en manos de los centros de estudios superiores, siendo uno de ellos la Universidad Nacional de Huancavelica, donde a través de los alumnos como catedráticos buscan desarrollar mediante sus propuestas de tesis, soluciones a los problemas que afectan a la sociedad, como lo es el ámbito del presente proyecto.

Con este proyecto de investigación se pretende resolver problemas estructurales en condiciones ambientales agresivas, y al mismo tiempo encontrar una aplicación para los productos obtenidos a partir del reciclaje, empleándolos para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de materiales clásicos como el concreto.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Dentro de los antecedentes para la elaboración de este trabajo de investigación de grado, se tomaron en cuenta algunas tesis procedentes de reconocidas universidades.

2.1.1. A nivel internacional:

Se tiene la siguiente investigación:

- a. El investigador de la universidad Politécnica de Madrid **MORAÑO A. y GUILLEN J. (2005)** la investigación titulado **“El Enfibrado de los Materiales de Construcción” (Experimentación en España)**

Sus conclusiones fueron las siguientes:

- todas las fibras mejoran las propiedades mecánicas de los materiales a las que se les añade, fundamentalmente a la resistencia a tracción y por tanto todas las características relacionadas con esta propiedad, elasticidad, absorción de energía, ductilidad. (1)
- b. El investigador de la universidad Metropolitana de Ecuador **HUGO CESAR RAMIRES (2012)** la investigación titulado **“Diseño de Hormigones con Fibras de Polipropileno Para Resistencias A La Compresión De 21 Y 28 Mpa Con Agregados De La Cantera De Pifo”.** (Experimentación en Ecuador)

- El objetivo general de la presente investigación es determinar la cantidad adecuada de fibra de polipropileno a adicionarse a un hormigón, para su diseño, con agregados procedentes de la cantera de Pifo y Cemento Selvalegre para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa.

2.1.2. A nivel nacional:

Se tiene las siguientes investigaciones:

- a. El investigador de la Universidad de Huánuco **YICELA ALBORNOZ CAJAS (2013)** la investigación titulada **“Mejoramiento de las Propiedades Físico-Mecánicas de la base Y Sub-Base En Pavimentos Flexibles Mediante La Aplicación De Fibra De Tunas En El Distrito De Huánuco”**.

(Experimentación en Huánuco)

- El objetivo de este trabajo de investigación fue comparar el comportamiento del concreto reforzado, para determinar el esfuerzo de Tracción del concreto reforzado con fibras de acero y fibra de polipropileno.

Así se ve la necesidad de conocer en nuestro país las dosificaciones adecuadas de fibra de polipropileno en nuestro caso, para cada tipo distinto de árido y así optimizar económica y técnicamente el uso de recursos y conseguir satisfacer las especificaciones que en obra se requieran.

- b. El investigador de la Universidad Continental Huancayo **NISHIHARA ALCOCER, JORGE LUIS (2012)** la investigación titulada **“Influencia de las Fibras Naturales de Maguey a Manera de Adiciones en el Control de Fisuras Por Contracción Plástica en los Pavimentos Rígidos de Concreto Hidráulico”**.

(Experimentación en Huancayo)

- EL objetivo de este trabajo es Determinar la influencia de las Fibras Naturales del Maguey como adición al concreto en el Control de Fisuras por Retracción Plástica en los Pavimentos Rígidos.

2.2. BASES TEÓRICAS:

En primer lugar, veamos que es diseño de mezclas .

Según el ACI (el American Concrete Institute) publica el trabajo "Recommended Practice for the Design of Concrete Mixed" preparado por el Comité 613.

Esta recomendación incluye un conjunto de pasos para el diseño de mezclas de concreto por el método de los valores absolutos, basándose en la selección de la relación agua-cemento, en la resistencia a la compresión deseada, en la consistencia del concreto y en las condiciones de servicio.

En 1954 el mencionado Comité revisa y reemplaza aspectos importantes de la recomendación de 1944. La nueva incluye procedimientos para el diseño directo de concretos con y sin aire incorporado e igualmente reemplaza el procedimiento de seleccionar el porcentaje de agregado fino sobre la base de una variedad de factores por el de emplear el coeficiente b/b_0 para determinar la cantidad de agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

En este procedimiento se toma en consideración la angularidad o perfil y el contenido de vacíos del agregado grueso en el peso unitario seco varillado del volumen de agregado, y el peso del agregado grueso en la unidad cúbica de concreto es calculado multiplicando el factor b/b_0 por el peso unitario seco varillado. Sin embargo se considera discutible considerar la cantidad de agregado grueso para diferentes contenidos de cemento, asentamientos y concretos con y sin aire incorporado.

Según el ACI "En la década de los 70, el ACI revisa la recomendación ACI 613-54 y la reemplaza por la recomendación ACI 211-71, la cual experimenta diversas modificaciones hasta 1911 en que se publica la recomendación ACI 211.1-91, vigente hasta la fecha. Complementarias a la misma se publican la recomendación 211.2.98, la recomendación 211.3-97 y la recomendación 211.4R-93".

Según el método de Walker "En la década de los 60, atendiendo a los importantes cuestionamientos de la Ley de Abrams, la National Ready Mixed Concrete Association, encarga a un grupo de investigadores, encabezados por Stanton Walker e integrado por Delmar Bloem y Richard Gaynor, que realice, en la Universidad de Maryland, todos los estudios conducentes a determinar cuáles eran los factores que intervenían en la resistencia del concreto y presentasen una propuesta para la selección de las proporciones de las mezclas de concreto. La propuesta finalmente presentada, después de numerosas y profundas investigaciones, se diferenciaba del método del ACI, en que primero se calcula el contenido del agregado fino y por diferencia con la unidad, el contenido del agregado grueso. Los cálculos indicados se hacen a partir de una tabla empírica basada en el contenido de cemento y el tamaño máximo del agregado".

Según el método del modulo de fineza de la combinación de agregados Muchos investigadores han cuestionado el método de diseño del ACI y han tratado de buscar un procedimiento en el cual la relación fino -grueso se modifique en función del contenido de pasta en consideración al contenido de cemento de ésta.

En el método del módulo de fineza de la combinación de agregados, los contenidos de agregados fino y grueso varían para las diferentes resistencias, siendo esta variación función, principalmente, de la relación agua-cemento y del contenido total de agua, expresado a través del contenido de cemento de la mezcla.

Este método tiene como consideración fundamental además de lo ya expresado, la premisa de que el módulo de fineza del agregado, fino o grueso, es un índice de su superficie específica y que en la medida que esta aumenta se incrementa la demanda de pasta así como que si se mantiene constante la pasta y si incrementa la fineza del agregado disminuye su resistencia por adherencia.

Como consecuencia de las investigaciones se ha podido establecer una ecuación que relaciona el módulo de fineza de los agregados fino y grueso. Aplicando esta ecuación es posible determinar el módulo de fineza de la combinación de agregados más conveniente.

Dicha ecuación es la siguiente:

$$r_f = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} \times 100$$

Donde:

m_f = módulo de fineza del agregado fino

m_g = módulo de fineza del agregado grueso

m = coeficiente obtenido de la tabla del módulo de fineza de la combinación de agregados.

Para el método de Walker "El valor obtenido de esta ecuación, multiplicado por el volumen absoluto de agregado, nos permite conocer el volumen absoluto de agregado fino y por diferencia se puede determinar el volumen absoluto de agregado grueso".

2.2.1. Historia y Evolución del Concreto Reforzado con Fibras.

El concepto de usar fibras, para intentar mejorar el comportamiento mecánico y estructural de los materiales de construcción, es muy antiguo.

Así se conoce que, en el año de 1847, Joseph-Louis Lambot en los Estados Unidos, sugirió el uso de refuerzos continuos en formas de alambres y mallas en el concreto para de esta forma crear un nuevo material de construcción. Esta idea dio lugar al ferro-cemento y al concreto armado, como hoy día se lo conoce. Sin embargo, el uso de refuerzos continuos requiere una cuidadosa localización de los mismos, una alta y hábil labor de tecnología, y por tanto un costo más alto en la fabricación de elementos. Mecánicamente es una material anisotrópico y heterogéneo, cuyo dominio ha llegado a ser posible, luego de varias décadas de investigación.

Desde el siglo pasado, se ha estudiado el concreto reforzado con fibras, con el objetivo de contar con un material estructural moldeable, homogéneo e isotrópico.

Las fibras se han utilizado para reforzar materiales frágiles. La paja por ejemplo fue usada para reforzar los ladrillos de arcilla cocidos al sol, y el pelo de caballo se utiliza para reforzar las molduras de yeso. En tiempos más

recientes, a gran escala se utilizó comercialmente las fibras de asbesto (hoy prohibido), para fabricados de cemento.

Esta evolución de las aplicaciones se basó en los estudios e investigaciones llevados a cabo en muchas universidades, institutos técnicos así como en comités internacionales que velan por la mejora de la calidad y aplicaciones de este material.

2.2.2. Concreto

Según Flavio Abanto Castillo (2000) "el término de concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogenio. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto". (6)

Siendo hoy en día el concreto el material de construcción que mayor se emplea en nuestro país, se debe no solo dominar su uso y las manifestaciones del producto resultante sino también la de sus componentes y su interrelación ya que son en primera instancia los que le confieren su particularidad.

2.2.2.1. Propiedades del concreto

Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus materiales componentes, pudiendo ser mejor comprendidas si se analiza la naturaleza del concreto.

El mismo Flavio Abanto Castillo (2000); "Se sabe que la estructura del concreto no es homogénea y que 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 el proceso mismo de elaboración, en que durante la etapa en que la pasta es plástica, se posibilita el acomodo de los diferentes componentes hasta su ubicación definitiva al endurecer". (7)

2.2.2.1.1 Propiedades del concreto en estado no endurecido

a. Trabajabilidad. Es la facilidad que tiene el concreto para ser mezclado, manipulado y puesto en obra, con los medios de compactación del que se disponga. La trabajabilidad depende de:

- Dimensiones del elemento.
- Secciones armadas.
- Medios de puesta en obra.

Habrà una mayor trabajabilidad cuando:

- Contenga más agua. Repercute en la resistencia (Baja).
- Más finos.
- Agregados redondeados.
- Más cemento.
- Fluidificantes / plastificantes.
- Adiciones.

b. Consistencia

Según el Ing. Enrique Pascal Carbajal se denominamos consistencia a la mayor o menor facilidad que tiene el concreto fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica. La consistencia depende de:

- Agua de amasado.
- Tamaño máximo del agregado.
- Granulometría.
- Forma de los agregados influye mucho el método de compactación.

Tipos de Consistencia:

- Seca – Vibrado enérgico.
- Plástica – Vibrado normal.
- Blanda – Apisonado.
- Fluida – Barra.

Tabla: Consistencia / asentamiento

CONSISTENCIA	ASIENTO (cm.)
Seca	0 – 2
Plástica	3 – 5
Blanda	6 – 9
Fluida	10 – 15

*Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto
Ing. Enrique Pasquel Carbajal. (8)*

c. Exudación

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. 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.

d. Contracción

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

Como se sabe la pasta de cemento necesariamente se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación química, 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 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. Debemos tener muy claro que el concreto de

todas maneras se contrae, por lo que debemos tomar las medidas adecuadas, a fin de evitar la aparición de fisuras.

2.2.2.1.2 Propiedades del concreto en estado endurecido

- **Físico-químicas:**

- a. Impermeabilidad.**

El concreto es un sistema poroso y nunca va a ser totalmente impermeable. Se entiende por permeabilidad como la capacidad que tiene un material de dejar pasar a través de sus poros un fluido.

Para lograr una mayor impermeabilidad se pueden utilizar aditivos impermeabilizantes así como mantener una relación agua cemento muy baja. La permeabilidad depende de:

- Finura del cemento.
- Cantidad de agua.
- Compacidad.

- b. Durabilidad.**

Depende de los agentes agresivos, que pueden ser mecánicos, químicos o físicos. Los que más influyen negativamente son:

- Sales.
- Calor.
- Agente contaminante.
- Humedad.

c. Resistencia Térmica.

- Bajas temperaturas Hielo / deshielo (deterioro Mecánico).
- Altas temperaturas $>300^{\circ}\text{C}$.
- **Mecánicas:**

d. Resistencia a compresión.

La resistencia a la compresión del concreto normalmente se la cuantifica a los 28 días de vaciado el concreto, aunque en estructuras especiales como túneles y presas, o cuando se emplean cementos especiales, pueden especificarse tiempos menores o mayores a 28 días.

e. Resistencia a flexión

Generalmente su valor corresponde a 10% de la resistencia en compresión del concreto de un determinado f_c , esta propiedad nos sirve para diseñar estructuras que estarán cargadas y en el que es muy importante conocer esta propiedad.

2.2.3. Tipos Concreto:**2.2.3.1. Por el peso Especifico**

- Ligero, cuyo peso unitario se encuentre entre 1200–2000 Kg/m³.
- Normal, cuyo peso unitario se encuentre entre 2000–2800 Kg/m³.
- Pesado, cuyo peso unitario se encuentre entre >2800 Kg/m³.

2.2.3.2. Según su aplicación

- Simple: Concreto sin ninguna armadura. Buena resistencia a compresión.
- Armado: Con acero. Buena resistencia a compresión y a flexión.
- Pretensado: Resistencia a tracción: viguetas.

- Postensado: Resistencia a tracción: se introducen fundas.

2.2.3.3. Por su composición

- Ordinario.
- Ciclópeo: con áridos de 50 cm.
- Cascotes: Hormigón de desechos y ladrillos.
- Refractario: resistente a altas temperaturas (cemento de aluminato cálcico), etc.

2.2.3.4. Concretos especiales

La clasificación de los concretos especiales está relacionada con las variantes y adiciones en los componentes y en la innovación de los equipos de producción colocación y compactación, la cantidad de tipos de concreto es muy amplia entre estos tenemos:

- **Concreto masivo.-**

Para construcción de estructuras de grandes dimensiones donde el problema del calor de hidratación es un factor crítico por los grandes volúmenes de concreto. Su uso está ligado principalmente en la construcción de represas.

- **Concreto compactado con rodillo.-**

Es un tipo de concreto masivo en que la compactación se efectúa con el equipo convencional para movimiento de tierras y compactación de suelos. La particularidad de este concreto está en el control de la cantidad de finos y el contenido de humedad para lograr una compactación adecuada, provee gran rapidez constructiva y economía.

- **Concreto ligero.-**

Empleado en la industria de los prefabricados o donde es requerido disminuir las cargas muertas. Los agregados empleados para este tipo de concreto tienen bajas densidades obteniéndose P.U. en el orden de los 1500 – 1800 Kg. /m³. Hay que tener muy presente que la alta porosidad de los agregados origina % de absorción elevados, además como son muy débiles a la abrasión tienden a incrementar los finos con las consecuencias de la pérdida de la Trabajabilidad.

- **Concreto anticontracción.-**

Se emplean los denominados concretos expansivos o anti-contracción, cuya función es contrarrestar o minimizar las deformaciones causadas por la contracción por secado. En este tipo de concreto se producen incrementos de volumen luego del endurecimiento que contrarrestan las contracciones, la técnica del diseño de mezcla es muy similar a la convencional con ajustes en el agua y la cantidad de cemento.

- **Concreto pesado.-**

Empleado en la fabricación de plantas nucleares donde hay la necesidad de atenuar la radioactividad. Los P.U. de este concreto están dentro del rango de los 2700 – 5000 Kg. / cm². En la elaboración de estos concretos se utilizan el agregado grueso cuyo peso específico varía entre 3.4 y 7.5. Un aspecto básico a tomarse en cuenta para elaborar esta clase de concreto es que mientras mayor sea la diferencia entre los pesos específicos del fino y el grueso habrá mayor segregación pues las partículas más pesadas tenderán a asentarse en el fondo.

- **Concreto presforzado.-**

Es el concreto en el cual han sido introducidos esfuerzos internos de tal magnitud y distribución que los esfuerzos resultantes de las cargas externas dadas se equilibran hasta un grado deseado.

En el concreto Presforzado existen dos categorías:

- El pretensado

Los miembros del concreto pretensado presforzado se producen restirando o tensando los tendones entre anclajes externos antes de vaciar el concreto y al endurecerse el concreto fresco, se adhiere al acero. Cuando el concreto alcanza la resistencia requerida se retira la fuerza presforzante aplicada por gatos, y esa misma fuerza es transmitida por adherencia del acero al concreto.

- El postensado

En el caso de los miembros de concreto postensado, se esfuerzan los tendones después de que ha endurecido el concreto y de que se haya alcanzado suficiente resistencia, aplicando la acción de los gatos contra el miembro de concreto mismo.

- **Concreto de alta resistencia.-**

Esta clase de concreto resulta de adicionar a un concreto normal un aditivo mineral (microsilíce). La microsilíce contiene óxido de sílice en grandes cantidades que al reaccionar con el cemento mejora las características del gel y consecuentemente las características del concreto.

- **Concreto autocompactante.-**

Esta clase de concreto resulta de adicionar a un concreto normal un aditivo superplastificante, esta clase de concreto no necesita utilizar vibración para el acomodo del concreto. Se usa mucha en estructuras con mucho congestionamiento de refuerzos o instalaciones.

- **Concreto lanzado (Shotcrete).-**

Su principal aplicación es en túneles donde se necesita un concreto de gran resistencia con mucha rapidez. El Shotcrete consiste en lanzar por un tubo una mezcla de concreto a la que se le añade un aditivo acelerante que produce un endurecimiento muy veloz, mientras la mezcla va impactando sobre la superficie a recubrir.

- **Concreto fibroso.-**

Es un concreto convencional al que se le añaden fibras de diversos materiales (acero, plástico, nylon, etc.) con objeto de crear una estructura interior que pueda resistir más tracción que en un concreto normal. Adquiere características sumamente importantes en cuanto a la resistencia a la abrasión y al impacto, favoreciendo además la ductilidad de las estructuras.

- **Concreto refractario.-**

Elaborado con cementos especiales de alto contenido de aluminatos de calcio, que dosificados con agregados de muy buenas características térmicas permiten soportar temperaturas hasta de 1900 °C. No se diseñan para tener comportamiento estructural, sino por sus características de resistencia al calor en la construcción de estructuras que tienen como condición de servicio el estar

sometidas a altas temperaturas como es el caso de muchas instalaciones industriales.

- **Concreto sulfuroso.-**

Preparado empleando cementos de los denominados sulfurosos y agregados normales, en una mezcla en caliente que al enfriar adquiere sus características resistentes muy rápidamente, con gran durabilidad ante el deterioro físico y químico, como es el caso de instalaciones industriales sujetas a ambientes agresivos. Por lo general se triplican las propiedades resistentes y el tiempo de vida útil de las estructuras.

- **Concreto impregnado con polímeros.-**

Los monómeros son líquidos orgánicos de muy bajo peso molecular, que por la reacción química denominada de polimerización, combinan sus moléculas para formar un compuesto con los mismos elementos y en la misma proporción pero con un peso molecular mucho más alto y propiedades resistentes elevadas.

- **Concreto cementado con polímeros.-**

En este caso se diseña y produce una mezcla donde el material cementante es un polímero dosificado conjuntamente con agregados normales y algunas veces cemento, pero este último material no tiene función resistente sino, solo hace de relleno. Se emplea mucho en reparaciones, prefabricados, capas de rodadura, y en cualquier aplicación donde se requiere alta resistencia inmediata y gran durabilidad al desgaste físico-químico.

- **Concreto con cenizas volátiles.-**

En muchos países industrializados, los residuos de la combustión del carbón son abundantes y se usan como aditivos en concreto pues reemplazando una parte del cemento con este material, se mejoran propiedades como resistencia en compresión, el calor de hidratación, durabilidad, etc. Se ha empleado mucho en construcción de grandes represas.

- **Concreto con agregado precolocado.-**

Es un concreto en el cual el agregado es colocado inicialmente en las formas y luego se inyecta una lechada de cemento o un mortero de cemento con aditivos fluidificantes que rellenan los espacios entre las partículas. A diferencia del concreto convencional, la estructura resultante depende mucho del agregado pues las partículas están en contacto y no separadas por la matriz de pasta, confiriéndole otras propiedades al producto final, como son mayor módulo de elasticidad, menor contracción por secado y mayores resistencias en compresión.

- **Concreto con cemento pórtland polimerizado.-**

Se produce añadiendo a una mezcla normal de concreto de cemento Pórtland una emulsión de polímeros, al endurecer el concreto, endurecen también los polímeros y se forma una matriz continua de polímeros a través de la estructura del concreto.

2.2.4. Componentes del concreto:

2.2.4.1. Cemento

Se define como cemento al material pulverizado que posee la propiedad que por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. Quedan excluidas de esta definición las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos.

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, el cemento Pórtland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

Cemento Pórtland = Clinker Pórtland + Yeso

El cemento Pórtland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad.

El Clinker Pórtland

Es un producto semiacabado de forma de piedras negruzcas de tamaños de $\frac{3}{4}$ " aproximadamente, obtenido de la calcinación de una mezcla de materiales calcáreos y arcillosos en proporciones convenientes, hasta llegar a una fusión incipiente (Clinkerización) a 1450 °C. Está compuesto químicamente por Silicatos de calcio, aluminatos de calcio, ferro aluminatos de calcio y otros en pequeñas cantidades, los cuales se forman por la combinación del Óxido de

Calcio (CaO) con los otros óxidos: dióxido de silicio (SiO_2), óxido de aluminio (Al_2O_3) y óxido férrico (Fe_2O_3). El Clinker Pórtland se enfría rápidamente y se almacena en canchas al aire libre.

2.2.4.1.1. Composición Del Cemento

Luego del proceso de formación del clinker y molienda final, se obtienen los siguientes compuestos que son los que definen el comportamiento del cemento hidratado:

a. Silicato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$). $\text{C}_3\text{S} \longrightarrow \text{Alita.-} \longrightarrow$

Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación.

b. Silicato dicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$). $\longrightarrow \text{C}_2\text{S} \longrightarrow \text{Belita.-}$

Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación.

c. Aluminato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$). $\longrightarrow \text{C}_3\text{A.-}$

Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3% - 6%) para controlarlo. Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que hay que limitar su contenido.

d. Aluminio-ferrito tetracálcico

$(4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3)$. \longrightarrow C_4AF (Celita).-

Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

e. Óxido de Magnesio (MgO).

Pese a ser un componente menor, tiene importancia pues para contenidos mayores del 5% trae problemas de expansión en la pasta hidratada y endurecida.

f. Óxidos de Potasio y Sodio (K_2O , Na_2O). (Álcalis).

Tienen importancia para casos especiales de reacciones químicas con ciertos agregados, y los solubles en agua contribuyen a producir eflorescencias con agregados calcáreos.

g. Óxidos de Manganeso y Titanio (Mn_2O_3 , TiO_2).

El primero no tiene significación especial en las propiedades del cemento, salvo en su coloración, que tiende a ser marrón si se tienen contenidos mayores del 3%. Se ha observado que en casos donde los contenidos superan el 5% se obtiene disminución de resistencia a largo plazo. El segundo influye en la resistencia, reduciéndola para contenidos superiores a 5%. Para contenidos menores, no tiene mayor trascendencia.

2.2.4.1.2 Tipos de cementos y sus principales aplicaciones**a. Cementos pòrtland sin adición.-**

Constituidos por Clinker Pòrtland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso).

Tipo I: Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo, es usado cuando el concreto no está expuesto a ataques de sulfatos de suelo o agua o a elevadas temperaturas ocasionadas por el calor de hidratación.

Tipo II: Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.

Tipo III: Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales, se usan cuando los encofrados tienen que ser retirados casi de inmediato, o cuando la estructura tiene que ser puesta en servicio lo antes posible.

Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación. Desarrolla resistencias a más largo plazo que el Tipo I y se usa en estructuras masivas como en presas de gravedad.

Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

b. Cementos pórtland adicionados.-

Cuando a los tres primeros tipos de cemento se les adiciona el sufijo A, significa que son cementos a los que se ha añadido incorporadores de aire en su composición, manteniendo las propiedades originales. Estos cementos adicionados son mezclas de cemento y un material de características puzolánicas molidos en forma conjunta.

Tipo IS: Es un cemento al cual se le ha añadido entre 25% y 75% de escoria de altos hornos referido al peso total.

Tipo ISM: Es un cemento al cual se le ha añadido menos del 25% de escoria de altos hornos referida al peso total.

Tipo IP: Es un cemento al cual se ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre el 15% y el 40% del peso total.

Tipo IPM: Es un cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje menor del 15% del peso total.

Las puzolanas son materiales inertes, silíceos y/o aluminosos, que individualmente tienen propiedades aglomerantes casi nulas, pero que finamente molidas y al reaccionar químicamente con hidróxidos de calcio y agua adquieren propiedades cementantes. Las puzolanas se adquieren por lo general de arcillas calcinadas, tierras diatomáceas, tufos y cenizas volátiles, ladrillo pulverizado, etc.

La particularidad de reemplazar parte del cemento por estos materiales, estriba en cambiar algunas de sus propiedades, como son retrasar y/o disminuir el desarrollo de la resistencia en el tiempo, reducir la permeabilidad, mayor capacidad para retener agua, mayor Cohesividad, menor calor de hidratación y mejor comportamiento frente a la agresividad química.

Todos estos cementos tienen variantes en que se les añade aire incorporado (sufijo A), se induce resistencia moderada a los sulfatos (sufijo M), o se modera el calor de hidratación (sufijo H).

2.2.4.1.3. Requisitos y normas para los diferentes tipos de cementos:

Requisitos Técnicos de los cementos: Se muestran de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas NTP 339.009, los requisitos físicos y químicos de los cementos Pórtland.

a. Requisitos físicos obligatorios.

De acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas **NTP 339.009**, los requisitos físicos y químicos de los cementos Pórtland son:

El cemento elegido deberá cumplir con los requisitos físicos y limitaciones

REQUISITOS FÍSICOS	TIPOS					
	I	II	V	MS	IP	ICo
Resistencia la Compresión mín. Kg/cm²						
3 días	120	100	80	100	130	130
7 días	190	170	150	170	200	200
28 días	280*	280*	210	280*	250	250
Tiempo de fraguado, minutos						
Inicial, mínimo	45	45	45	45	45	45
Final, máximo	375	375	375	420	420	420
Expansión en autoclave % máximo	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Resistencia a los Sulfatos % máximo de expansión	----	----	0.04*	0.10	0.10*	----
			14 días	6 meses	6 meses	
Calor de Hidratación, máx., KJ/Kg						
7 días	----	290*	----	----	290*	----
28 días	----	----	----	----	330*	----

Fuente: Tópicos de Fuente Tecnología del Concreto
Ing. Enrique Pasquel Carbajal. (10)

b. Requisitos Químicos Obligatorios.

REQUISITOS QUÍMICOS	TIPOS					
	I	II	V	MS	IP	ICo
Óxido de Magnesio (MgO), máx., %	6.0	6.0	6.0	---	6.0	6.0
Trióxido de Azufre (SO ₃), máx., %	3.5	3.0	2.3	---	4.0	4.0
Pérdida por Ignición, máx., %	3.0	3.0	3.0	---	5.0	8.0
Residuo Insoluble, máx., %	0.75	0.75	0.75	---	---	---
Aluminato Tricálcico (C3A), máx., %	---	8.0	5.0	---	---	---
Álcalis equivalentes (Na ₂ O + 0.658 K ₂ O), máx., %	0.6*	0.6*	0.6*	---	---	---

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto
Ing. Enrique Pasquel Carbajal. (11)

c. Requisitos Físicos Opcionales.

REQUISITOS FÍSICOS OPCIONALES	TIPOS				
	I	II	III	IV	V
Falso Fraguado, % (P. Fin) mínimo	50	50	50	50	50
Calor de Hidratación, máx., Cal/gr					
7 días	---	70	---	60	---
28 días	---	---	---	70	---
Resistencia la Compresión (Mpa) 28 días	280	280	---	---	---
Resistencia a los sulfatos, 14 días, máx.	---	---	---	---	0.04

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto
Ing. Enrique Pasquel Carbajal (12)

d. Requisitos Químicos Opcionales.

REQUISITOS QUÍMICOS OPCIONALES	TIPOS				
	I	II	III	IV	V
Aluminato Tricálcico (C3A), máx., %	---	---	5 - 8	---	---
Suma (C3S + C3A), máx. %	---	58	---	---	---
Álcalis equivalentes (Na ₂ O + 0.658 K ₂ O), máx., %	0.6	0.6	0.6	---	---

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto
Ing. Enrique Pasquel Carbajal. (13)

Los tipos de cemento cuyos requisitos para concretos expuestos a soluciones que contienen sulfatos se muestran a continuación:

Exposición a sulfatos	Sulfatos solubles en agua (SO ₄) en el suelo	Sulfatos (SO ₄) en el agua, ppm	Tipo Cemento	Concreto con agregado de peso normal Rel. a/c máx. en peso	Concreto con agregado de peso normal y ligero Resist. Comp. Mínima Mpa
Insignificante	0<SO ₄ <0.1	0<SO ₄ <150	----	----	----
Moderada	0.1<SO ₄ <0.2	150<SO ₄ <1500	II, IP,MS,IPM	0.50	40
Severa	0.2<SO ₄ <2.0	1500<SO ₄ <10,000	V	0.45	45
Muy Severa	SO ₄ >2.0	SO ₄ >10,000	V más puzolana	0.45	45

Fuente: Curso Básico de Tecnología del Concreto
Ing. Ana Torre Carrillo. (14)

2.2.4.1.4 Almacenamiento del Cemento

El cemento que se mantiene seco conserva todas sus características. Almacenado en latas estancas o en ambientes de temperatura y humedad controlada, su duración será indefinida. En las obras se requieren disposiciones para que el cemento se mantenga en buenas condiciones por un espacio de tiempo determinado. Lo esencial es conservar el cemento seco, para lo cual debe cuidarse no sólo la acción de la humedad directa sino además tener en cuenta la acción del aire húmedo.

En obras grandes o en aquellos casos en que el cemento deba mantenerse por un tiempo considerable se deberá proveer una bodega, de tamaño adecuado sin aberturas ni grietas, ventilados a fin de evitar la humedad tal que se pueda mantener el ambiente lo más seco que sea posible si se puede se debe planificar el empleo de extractores de aire. En los casos en que sea previsible la presencia de lluvias, el techo tendrá la pendiente adecuada. El piso deberá ser de preferencia de tablas, que se eleven 10 cm. Sobre el suelo natural para evitar el paso de la humedad. Eventualmente se pueden usar tarimas de madera. Las bolsas se deberán apilar juntas, de manera de minimizar la circulación del aire, dejando un espacio alrededor de las paredes de al menos 50 cm. Las puertas y las ventanas deberán estar permanentemente cerradas. El apilamiento del cemento, por periodos no mayores de 60 días, podrá llegar hasta una altura de doce bolsas. Para mayores periodos de almacenamiento el límite recomendado es el de ocho bolsas, para evitar la compactación del cemento. Las bolsas de cemento se dispondrán de manera que se facilite su utilización de acuerdo al

orden cronológico de recepción, a fin de evitar el envejecimiento de determinadas partidas. No deberá aceptarse, de acuerdo a lo establecido en la norma, bolsas deterioradas o que manifiesten señales de endurecimiento del cemento. En obras pequeñas o cuando el cemento va a estar almacenado en periodos cortos, no más de 7 días, puede almacenarse con una mínima protección, que puede consistir en una base afirmada de concreto pobre y una cobertura con lonas o láminas de plástico. Las cubiertas deberán rebasar los bordes para evitar la penetración eventual de la lluvia a la plataforma. El recubrimiento deberá afirmarse en la parte inferior y si es posible en la superior para evitar que sea levantada por el viento. En todos los casos el piso deberá estar separado del terreno natural y asegurar que se mantenga seco. En caso de largas periodos de almacenamiento se recomienda además, de lo anterior, rotar periódicamente la posición de los sacos, aprovechando el cambio para dar golpes de canto a los sacos y soltando así la lámina de polietileno que llegue hasta el piso. Y no arrojar las bolsas desde lo alto ni arrastrarlas por el piso. Las bolsas inferiores podrían presentar grumos blandos por efecto de la compactación recuerde siempre que al abrir la bolsa de cemento la apariencia debe ser harinosa, sin grumos. De observarse grumos que con la presión de las yemas de los dedos no se deshacen podrían haberse producido proceso de hidratación y debería realizarse algunos ensayos a fin de confirmar su utilidad.

2.2.4.2 Agregados

La provincia de Angaraes cuenta con diversas canteras de donde se extraen el agregado fino y el agregado grueso, siendo una de las principales la cantera de Tucsipampa.

2.2.4.2.1 AGREGADO FINO

Se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas y cumple con la norma NTP – 400.037.

La granulometría del agregado fino empleado en un trabajo determinado debe ser razonablemente uniforme. Las variaciones de más o menos 0.2 en el módulo de fineza pueden ser causa de rechazo.

El agregado fino deberá contener suficiente cantidad de material que pasa la malla N° 50 si se desea obtener adecuada trabajabilidad en la mezcla. En pastas ricas en material cementante, este porcentaje puede disminuir, mientras que las pastas pobres requieren importante cantidad de material fino.

Se recomienda que el agregado fino tenga un módulo de fineza entre 2.3 y 3.1. Ello no excluye la posibilidad de emplear agregados con módulos de fineza mayores o menores si se toman las precauciones adecuadas en la selección de las proporciones de la mezcla.

Debe estar compuesto de partículas limpias de perfil angular duras y compactas libre de materia orgánica u otras sustancias dañinas.

2.2.4.2.2 AGREGADO GRUESO

El agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas y que cumple con la norma NTP 400.037; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

Estará conformado de fragmentos cuyos perfiles sean preferentemente angulares o semiangulares, limpios, duros, compactos, resistentes y de texturas preferentemente rugosas y libres de material escamoso o partículas blandas.

La resistencia a la compresión del agregado no será menor de 600 kg/cm².

Estará graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037.

La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½" y no más de 6% del agregado que pasa la malla ¼".

El tamaño máximo del agregado a tomar será:

- 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados ó
- 1/3 de la altura de las losas ó
- ¾ del espacio libre mínimo entre varillas individuales de refuerzo.

Para el caso de ser necesario el lavado del material este debe hacerse con agua libre de materia orgánica, sales o sólidos en suspensión.

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

- Arcilla 0.25%
- Partículas blandas 5.00%
- Material más fino que la malla N° 200 3.00%
- Carbón y Lignito:

- a. Cuando el acabado superficial es de importancia 0.50%
- b. Otros concretos 1.00%

2.2.4.3 Agua en el Concreto

Usos Requisitos y Normas del Agua

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

El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse.

La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

Límites permisibles para el agua de mezcla y curado según la norma NTP 339.088:

DESCRIPCIÓN	LIMITE PERMISIBLE
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5,000 ppm Máximo
Materia Orgánica	3 ppm Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1,000 ppm Máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600 ppm Máximo
Cloruros (ión Cl ⁻)	1,000 ppm Máximo
pH	5 a 8 Máximo

Fuente: *Tópicos de Tecnología del Concreto*
Ing. Enrique Pasquel Carbajal.(20)

Cuando el agua a ser utilizada no cumpla con uno o varios de los requisitos indicados en la tabla anterior, se deberá realizar ensayos comparativos empleando el agua en estudio y agua destilada o potable, manteniendo similitud de materiales y procedimientos. Dichos ensayos se realizarán, de preferencia, con el mismo cemento que será usado. Dichos ensayos incluirán la determinación del tiempo de fraguado de las pastas y la resistencia a la compresión de morteros a edades de 7 y 28 días.

Aguas prohibidas

Está prohibido emplear en la preparación del concreto:

- Aguas ácidas. En general, el agua de mezclado que contiene ácidos clorhídrico, sulfúrico y otros ácidos inorgánicos comunes en concentraciones inferiores a 10,000 ppm no tiene un efecto adverso en la resistencia. Las aguas ácidas con valores PH menores que 3.0 pueden ocasionar problemas de manejo y se deben evitar en la medida de lo posible
- Aguas calcáreas; minerales; carbonatadas; o naturales
- Aguas provenientes de minas o relaves
- Aguas que contengan residuos industriales
- Aguas con un contenido de cloruro de sodio mayor del 3%; o un contenido de sulfato mayor del 1%.
- Aguas que contengan algas; materia orgánica; humus; partículas de carbón; turba; azufre; o descargas de desagües.
- Aguas que contengan ácido húmico u otros ácidos orgánicos.
- Aguas que contengan azúcares o sus derivados.

- Aguas con porcentajes significativos de sales de sodio o potasio disueltos, en especial en todos aquellos casos en que es posible la reacción álcali-agregado. Las aguas con concentraciones de hidróxido de sodio de 0.5% el peso del cemento, no afecta en gran medida a la resistencia del concreto toda vez que no ocasionen un fraguado rápido. Sin embargo, mayores concentraciones pueden reducir la resistencia del concreto. El hidróxido de potasio en concentraciones menores a 1.2% por peso de cemento tiene poco efecto en la resistencia del concreto desarrollada por ciertos cementos, pero la misma concentración al ser usada con otros cementos puede reducir sustancialmente la resistencia a los 28 días.

Aun cuando un concreto hecho con agua de mar puede tener una resistencia temprana mayor que un concreto normal, sus resistencias a edades mayores (después de 28 días) pueden ser inferiores. Esta reducción de resistencia puede ser compensada reduciendo la relación agua – cemento.

El agua de mar no es adecuada para producir concreto reforzado con acero y no deberá usarse en concreto presforzado debido al riesgo de corrosión del esfuerzo, particularmente en ambientes cálidos y húmedos.

El agua de mar que se utiliza para producir concreto, también tiende a causar eflorescencia y humedad en superficies de concreto expuestas al aire y al agua. En algunos casos muy excepcionales puede ser necesario utilizar agua de mar en la preparación del concreto. En estos casos debe conocerse el contenido de sales solubles, así como que para una misma concentración los efectos difieren

sí hay un contacto duradero, con renovación o no del agresivo, o si se trata de una infiltración.

Si el agua de mar se emplea como agua de mezclado es recomendable que el cemento tenga un contenido máximo del 5% de aluminato tricálcico (C3A) y la mezcla tenga un contenido mínimo de cemento de 350 kg/m³; una relación agua-cemento máxima de 0.5; consistencia plástica; y un recubrimiento al acero de refuerzo no menor de 70 mm.

2.2.5. Fibras en el Concreto.

Son específicamente diseñadas para el concreto, se fabrican a partir de materiales sintéticos que puedan resistir el medio alcalino del concreto a largo plazo

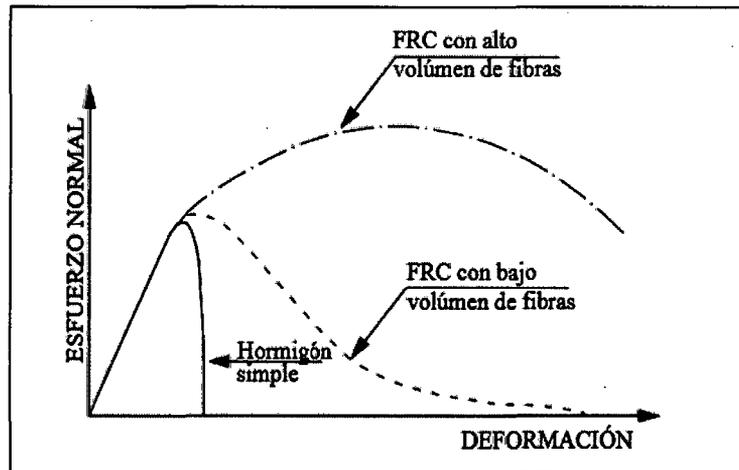
Los concretos reforzados con fibras (SICA FIBER – PERU) están constituidos por una matriz formada principalmente por cemento, agregados fino y grueso, agua y fibras adecuadas, adicionalmente podrían incorporarse aditivos y adiciones.

El concepto en que se basa el concreto reforzado con fibras (FRC) es en cierto modo semejante al del concreto armado convencional, “cosiendo” las fisuras que pueden producirse y que dejarían a la estructura fuera de servicio. La diferencia está en que, en lugar de unas pocas barras de diámetros relativamente grandes y orientados según una dirección determinada, en el FRC, el refuerzo está constituido por infinidad de fibras de pequeño diámetro y aleatoriamente orientadas¹⁸.

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 como el área bajo una curva Esfuerzo – Deformación. En la Figura 1 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 cargas bajo flexiones o deformaciones mucho mayores que aquellas a las cuales aparece el primer agrietamiento en la matriz.

Figura 0.1 Curvas típicas de Esfuerzo – Deformación para concreto reforzado con fibras.



Fuente: "El concreto en la obra: problemas, causas y soluciones", Revista Mensual del Instituto Mexicano del Cemento y el Hormigón, p. 68, México D.F., (2007).

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.

2.2.5.1. Tipos de fibras apropiadas para concretos.

Las fibras apropiadas empleadas en el refuerzo de matrices de 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, tipo y de sus propiedades características.

Algunas propiedades características de las fibras apropiadas para concretos son:

- ✓ Propiedades geométricas: longitud, sección transversal, relación de aspecto, forma.
- ✓ Propiedades físico-químicas: rugosidad de la superficie, densidad, estabilidad química, resistencia al fuego.
- ✓ Propiedades mecánicas: rigidez, resistencia, ductilidad, elongación a la rotura.

Para el uso efectivo de fibras en el concreto endurecido se deben tener contempladas las siguientes características:

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

A continuación se detalla una breve descripción de las características de los tipos de fibras más comúnmente utilizados en el reforzamiento de concretos en el medio.

- **Fibras de Acero:** Las fibras de acero son elementos de corta longitud y pequeña sección que se adicionan al concreto con el fin de conferirle ciertas propiedades específicas, con las características necesarias para dispersarse aleatoriamente en una mezcla de concreto en estado fresco, empleando metodologías de mezclado tradicionales.
- **Fibras de Vidrio:** La fibra de vidrio es un producto de origen mineral, que se elabora a partir de arena de sílice, es un material compuesto consistente en fibras continuas o discontinuas de vidrio embebidas en una matriz plástica.
- **Fibras de Polipropileno:** Las Fibras de Polipropileno primero fueron usadas para concreto reforzado en los años sesentas. El polipropileno

es un polímero de hidrocarburo sintético cuya fibra está hecha usando procesos de extrusión por medio de estiramiento en caliente del material a través de un troquel 26.

➤ **Fibras Naturales:** A las fibras naturales, en forma general, se puede clasificarlas en dos grandes grupos de acuerdo a su origen. Esto es, orgánico y mineral.

De las fibras de origen orgánico, las más conocidas son las fibras vegetales, las mismas que pueden ser clasificadas de acuerdo a la estructura y disposición de la fibra en la planta.

2.2.5.2. Clasificación General de las fibras.

Las fibras como refuerzo secundario para concreto en general pueden clasificarse según diferentes consideraciones, hoy en día se emplean principalmente tres tipos de clasificación:

Fibras naturales, artificiales, y sintéticos.

a. Por material

Fibras metálicas: Secciones discretas de metal que tienen una relación de aspecto (relación entre la longitud y el diámetro) que va desde 20 hasta 100. Estas fibras son de acero (en general de bajo contenido de carbón).

Fibras sintéticas: Secciones discretas que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por Acrílico, Carbón, Polipropileno, Poliestileno, Nylon, Poliéster, etc.

- **Polipropileno:** Es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos. Por su mecanismo de polimerización, el PP es un polímero de reacción en cadena ("de adición" según la antigua nomenclatura de Carothers). Por su composición química es un polímero vinílico (cadena principal formada exclusivamente por átomos de carbono) y en particular una poliolefina.

Polipropileno	
$\left(\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right)_n$	
Nombre químico	poli(1-metiletileno)
Sinónimos	Polipropileno; Polipropeno.
Fórmula química	$-(\text{C}_3\text{H}_6)_n$
Monómero	Propileno (Propeno)
número CAS	9003-07-0 (atactico) 25085-53-4 (isotáctico) 26063-22-9 (sindiotáctico)
Densidad	Amorfo: 0,85 g/cm ³ Semicristalino: 0,95 g/cm ³
temperatura de fusión	173 °C
Temperatura de degradación	286 °C

Fuente: Propia

Fibras de vidrio: Secciones discretas de fibra de vidrio resistentes al álcali.

Fibras naturales: Secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc. Cuyos diámetros varían entre 0.5 y 0.2 mm, con valores de absorción superiores al 12%

b. Por funcionalidad, geometría y dosificación.

Microfibras: Estas fibras están destinadas a evitar la fisuración del concreto en estado fresco o antes de las 24 horas. Se dosifican en el concreto para volúmenes de entre 0.03% a 0.15% del mismo. Las más frecuentes son las fibras en polipropileno (Tipo Sikafiber AD) cuya dosificación en peso oscila entre 0.3 a 1.2 kg/m³ de concreto.

Estas fibras tienen diámetros entre 0.023 mm a 0.050 mm, pueden ser monofilamento o fibriladas.

Las microfibras al tener diámetros tan pequeños se califican con un parámetro denominado Denier. Denieres el peso en gramos de 9000 metros de una sola fibra.

Macrofibras: Estas fibras están destinadas a prevenir la fisuración en estado endurecido, a reducir el ancho de la fisura si ésta se presenta y a permitir el adecuado funcionamiento de la estructura fisurada. Las dosificaciones más frecuentes oscilan entre 0.2% a 0.8% del volumen del concreto. Las macrofibras más usadas son las sintéticas y las metálicas cuyos diámetros varían entre 0.05 mm a 2.00 mm. La relación de aspecto (L/d) de las macrofibras varía entre 20 a 100. Las macrofibras pueden ser

metálicas (Tipo Sikafiber CHO 80/60), sintéticas (Tipo Sikafiber FORCE PP/PE-700/55) o naturales.

Las macrofibras actúan en estado endurecido, es decir antes de las 24 horas no tienen mayor efecto.

2.3 METODOLOGIA DEL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

2.3.1 Generalidades

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, llamada también diseño de mezcla, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes mas adecuados y de la combinación mas conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en estado no endurecido tenga las propiedades, especialmente trabajabilidad y consistencia, deseadas, y que en estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en los planos y especificaciones de obra.

La selección de las proporciones de la mezcla está determinada por:

- a) Las propiedades que debe tener el concreto endurecido, que son requerimientos del diseñador o que se encuentran indicadas en las especificaciones de obra.
- b) Las propiedades del concreto en estado no endurecido, que dependen del tipo y característica de la obra y de las técnicas empleadas en la colocación del concreto.
- c) El costo de la unidad cúbica de concreto.

Si tomamos en cuenta estos criterios, podremos obtener una primera aproximación de las proporciones de los materiales que componen la unidad cúbica de concreto. Pero estas proporciones, sea cual fuere el procedimiento para determinarlas, deberán ser siempre consideradas como valores de prueba sujetos a revisión y ajustes sobre la base de los resultados obtenidos en laboratorio y obra.

2.3.2 Métodos de Diseño de Mezclas

La historia de los procesos de selección de las mezclas de concreto comienza con los caldeos y egipcios, sigue con los romanos, decae en la edad media para volver a resurgir con Smeaton y aún no termina. Existen varios métodos para el diseño de mezclas de concreto; entre ellos tenemos: Métodos basados en Curvas Empíricas, Métodos basados en Curvas Teóricas, Método del Agregado Global, Método del Comité 211 ACI y el Método del Módulo de Fineza de la combinación de agregados. En nuestro país se utilizan preferentemente los procedimientos de la recomendación 211 del ACI, el método desarrollado por Walker y el método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados.

2.3.2.1 El Método de Diseño del ACI

En 1944 el American Concrete Institute (ACI) publica el trabajo "Recommended Practice for the Design of Concrete Mixes" preparado por el Comité 613. Esta recomendación incluye un conjunto de pasos para el diseño de mezclas de concreto por el método de los valores absolutos, basándose en la selección de la relación agua-cemento, en la resistencia a la compresión deseada, en la consistencia del concreto y en las condiciones de servicio.

En 1954 el mencionado Comité revisa y reemplaza aspectos importantes de la recomendación de 1944. La nueva incluye procedimientos para el diseño directo de concretos con y sin aire incorporado e igualmente reemplaza el procedimiento de seleccionar el porcentaje de agregado fino sobre la base de una variedad de factores por el de emplear el coeficiente b/b_0 para determinar la cantidad de agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

En este procedimiento se toma en consideración la angularidad o perfil y el contenido de vacíos del agregado grueso en el peso unitario seco varillado del volumen de agregado, y el peso del agregado grueso en la unidad cúbica de concreto es calculado multiplicando el factor b/b_0 por el peso unitario seco varillado. Sin embargo se considera discutible considerar la cantidad de agregado grueso para diferentes contenidos de cemento, asentamientos y concretos con y sin aire incorporado.

En la década de los 70, el ACI revisa la recomendación ACI 613-54 y la reemplaza por la recomendación ACI 211-71, la cual experimenta diversas modificaciones hasta 1911 en que se publica la recomendación ACI 211.1-91, vigente hasta la fecha. Complementarias a la misma se publican la recomendación 211.2-98, la recomendación 211.3-97 y la recomendación 211.4R-93.

2.3.2.2 El Método Walker

En la década de los 60, atendiendo a los importantes cuestionamientos de la Ley de Abrams, la National Ready Mixed Concrete Association, encarga a un grupo de investigadores, encabezados por Stanton Walker e integrado por Delmar

Bloem y Richard Gaynor, que realice, en la Universidad de Maryland, todos los estudios conducentes a determinar cuáles eran los factores que intervenían en la resistencia del concreto y presentasen una propuesta para la selección de las proporciones de las mezclas de concreto.

La propuesta finalmente presentada, después de numerosas y profundas investigaciones, se diferenciaba del método del ACI, en que primero se calcula el contenido del agregado fino y por diferencia con la unidad, el contenido del agregado grueso. Los cálculos indicados se hacen a partir de una tabla empírica basada en el contenido de cemento y el tamaño máximo del agregado.

2.3.2.3 El Método del Modulo de fineza de la combinación de agregados

Muchos investigadores han cuestionado el método de diseño del ACI y han tratado de buscar un procedimiento en el cual la relación fino -grueso se modifique en función del contenido de pasta en consideración al contenido de cemento de ésta.

En el método del módulo de fineza de la combinación de agregados, los contenidos de agregados fino y grueso varían para las diferentes resistencias, siendo esta variación función, principalmente, de la relación agua-cemento y del contenido total de agua, expresado a través del contenido de cemento de la mezcla.

Este método tiene como consideración fundamental además de lo ya expresado, la premisa de que el módulo de fineza del agregado, fino o grueso, es un índice de su superficie específica y que en la medida que esta aumenta se incrementa

la demanda de pasta así como que si se mantiene constante la pasta y si incrementa la fineza del agregado disminuye su resistencia por adherencia.

Como consecuencia de las investigaciones se ha podido establecer una ecuación que relaciona el módulo de fineza de los agregados fino y grueso.

Aplicando esta ecuación es posible determinar el módulo de fineza de la combinación de agregados más conveniente.

Dicha ecuación es la siguiente:

$$rf = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} \times 100$$

Donde:

mf= módulo de fineza del agregado fino

mg= módulo de fineza del agregado grueso

m= coeficiente obtenido de la tabla del módulo de fineza de la combinación de agregados.

El valor obtenido de esta ecuación, multiplicado por el volumen absoluto de agregado, nos permite conocer el volumen absoluto de agregado fino y por diferencia se puede determinar el volumen absoluto de agregado grueso.

2.3.4 Elección del método de diseño

Para poder elegir el método conveniente para el desarrollo de esta investigación, se optó por practicar varios métodos, eligiendo el método del "Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados", puesto que el módulo de fineza obtenido para una arena del río Ica que es de 2.1 por lo que no se puede hallar el volumen del

agregado grueso por el método del ACI, toda vez que solo existen valores a partir del módulo de fineza del agregado fino de 2.4 y 3.0 y no existen valores para 2.1 que es nuestro caso.

2.3.5 Criterios básicos a tener en cuenta

La selección de las proporciones de cada uno de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto debe permitir obtener un concreto que posea en estado plástico, la trabajabilidad, consistencia y Cohesividad necesarias para su fácil y adecuada colocación, y que en estado endurecido alcance la resistencia, densidad y durabilidad frente a las condiciones especiales de exposición a las cuales estará sometido, y también debe representar la opción económica más favorable siempre y cuando cumpla con todos los requisitos ya mencionados.

La selección de las proporciones que se empleará en la presente Tesis, tiene dos etapas bien diferenciadas:

La primera de ellas es la selección del volumen absoluto de la pasta, en esta etapa se puede emplear, para la selección de la relación agua-cemento y del contenido de agua, las tablas del Comité 211 del ACI.

En la segunda etapa, conocido el volumen absoluto del agregado total, en función del contenido de cemento y del tamaño máximo nominal del agregado grueso, se selecciona un coeficiente "m" el cual es empleado para calcular el porcentaje de agregado fino en función del volumen absoluto total del agregado, esto permite que los agregados fino y grueso participen en cantidades diferentes en función del contenido de cemento de la mezcla.

Una vez calculadas las proporciones, de todos los materiales se procederá a determinar la cantidad de agua de diseño mediante las mezclas de prueba, y finalmente se realizarán los diseños de mezclas para el concreto con Cemento Puzolánico y Cemento Portland Tipo I, con y sin aditivo respectivamente.

2.3.6 Secuencia de pasos para el diseño de mezcla

Para la selección de las proporciones se seguirá una secuencia de pasos, los que nos guiarán a la obtención de una mezcla ideal:

- Determinación de la resistencia promedio.
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado.
- Selección del asentamiento.
- Selección del volumen unitario de agua.
- Selección del contenido de aire.
- Determinación de la relación agua- cemento.
- Cálculo del contenido de cemento.
- Cálculo del volumen absoluto de la pasta.
- Cálculo del volumen absoluto del agregado.
- Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados.
- Cálculo del porcentaje de agregado fino (rf).
- Cálculo de los volúmenes absolutos del agregado.
- Cálculo de los pesos secos de los agregados.
- Determinación de los valores de diseño.
- Corrección por humedad del agregado.
- Proporciones finales.

2.3.7 Datos para el diseño de mezcla

Cementos:	
Puzolánico Atlas Tipo IP	3.03 gr/cm ³
Sol Tipo I	3.11 gr/cm ³
Agua:	
Potable de la red de servicio de la UNICA	
Agregado Fino:	
Peso Específico de Masa	2.70 Kg/cm ³
Absorción	1.14%
Contenido de Humedad	0.69%
Módulo de Fineza	2.1
Agregado Grueso:	
Tamaño Máximo Nominal	1"
Peso Seco Compactado	1711 Kg/cm ³
Peso Específico de Masa	2.67 gr/cm ³
Absorción	1.22%
Contenido de Humedad	0.82%
Módulo de Fineza	7.29

2.3.7 Tablas utilizadas para los diseños de mezcla

TABLA N°1

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO

f_c	f' cr	
Menos de 210	f _c +	70
210 a 350	f _c +	84
sobre 350	f _c +	98

*Fuente: Diseño de mezclas
Enrique Rivva Lopez.(21)*

TABLA N°2
SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Tipo de Construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación armados.	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones, y subestructuras de muros.	3"	1"
Vigas y muros armados.	4"	1"
Columnas de edificios.	4"	1"
Losas y Pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo.	2"	1"

*Fuente: Diseño de mezclas
Enrique Rivva Lopez.(22)*

TABLA N°3
VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA

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

*Fuente: Diseño de mezclas
Enrique Rivva Lopez.(23)*

TABLA N°4
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

*Fuente: Diseño de mezclas
Enrique Rivva Lopez.(24)*

TABLA N°5
RELACION AGUA-CEMENTO POR RESISTENCIA

fcr (28 días)	Relación agua - cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	...
450	0.38	...

*Fuente: Diseño de mezclas
Enrique Rivva Lopez.(25)*

TABLA N°6
MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS

Tamaño Máximo Nominal del Ag. Grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en bolsas / m ³ indicados			
	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

*Fuente: Diseño de mezclas
Enrique Rivva Lopez.(26)*

2.4 HIPÓTESIS

"El incremento de fibras de PP a la mezcla de concreto normal $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$, aumenta su resistencia a la compresión y tensión, endureciendo la tendencia, fisuramiento, agrietamiento en elementos placa con/sin apoyos laterales, como en el caso de pavimentos"

En nuestro trabajo de investigación formulamos las siguientes hipótesis:

2.4.1. Hipótesis Alterna.

- ✓ La incorporación de fibras de polipropileno influye en la resistencia a la compresión en concretos de $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para diferentes tipos de construcción en el Distrito de Lircay.

2.4.2. Hipótesis Nula.

- ✓ La incorporación de fibras de polipropileno no influye en la resistencia a la compresión en concretos de $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para diferentes tipos de construcción en el Distrito de Lircay.

2.5 Definición de Términos

- **Agregado:** Un material granular duro de composición mineralógica, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.
- **Cemento:** Es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. Hasta este punto la molienda entre estas rocas es llamada clinker,
- **Polipropileno:** Es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes.
- **Fibra:** Filamento de origen natural, artificial o sintético, apto para ser hilado y tejido, que generalmente presenta gran finura y buena flexibilidad.
- **Mezcla:** Una mezcla es una materia constituida por diversas moléculas. Las materias formadas por moléculas que son todas iguales, en cambio, reciben el nombre de sustancia químicamente pura o compuesto químico.

- **Ensayo:** El ensayo es una redacción en la que se plantea una tesis (idea primaria), que se desarrollará a lo largo del escrito, afirmándola, refutándola o moderándola.
- **Influencia:** La influencia es la calidad que otorga capacidad para ejercer determinado control sobre el poder por alguien o algo
- **Resistencia:** Acción de resistir o resistirse.
- **Compresión:** Compresión, del latín compressio, es la acción y efecto de comprimir. Este verbo refiere a estrechar, apretar, oprimir o reducir a menor volumen.
- **Patrón:** En términos generales, por patrón se refiere a aquel objeto o sustancia que se usará como muestra para medir alguna magnitud.
- **Agregado fino:** Se define como agregado grueso a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, retenida en el tamiz 4,75 mm (Nro. 4) y que cumple con los límites establecidos en la norma N.T.P. 400.037 Ó ASTM C - 33.
- **Concreto:** Es un material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos.
- **Oquedad:** Espacio vacío dentro del concreto. También se le llama ratonera.
- **Granulometría:** Graduación del tamaño de las piedras o granos que constituyen los agregados fino y grueso. Método para determinar dicho graduación.

- **Segregación:** Separación en mortero y agregado grueso, causada por el asentamiento de dicho agregado.
- **Exudación:** Flujo espontáneo hacia la superficie debido a la compactación, de agua de la mezcla de concreto fresco recién vaciado, debido al asentamiento de parte de los sólidos.
- **Proceso:** Actividades o fases que se realizan de manera sucesiva, para finalmente entregar el producto. Por lo tanto, un conjunto de procesos conforman un proyecto.
- **Procedimiento:** Es la expresión, mediante el uso de distintas herramientas (como por ejemplo, diagrama de procesos) del conocimiento y experiencia acumulados en un proceso.
- **Técnica:** Es el procedimiento o método establecido para conseguir un objetivo. Por lo tanto, responde a la pregunta "cómo se hace". Se puede definir también como la pericia o habilidad para usar los procedimientos o recursos.
- **Aditivos.** Un aditivo es definido, como un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado.

Nuestra Norma técnica peruana NTP 339.086 define a los aditivos como sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades.

- **Espécimen.** Porción de concreto que se considera para mostrar las cualidades de la mezcla.

➤ **Segregación.** Separación en mortero y agregado grueso, causada por el asentamiento de dicho agregado.

2.6 Identificación de Variables

a. Variable Independiente:

- Fibras de polipropileno (X).

b. Variable Dependiente:

- Mejora de la resistencia a compresión del Concreto (Y).

2.7 Definición operativa de variables e indicadores.

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	MEDICIÓN	INSTRUMENTO
<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Fibras de polipropileno adicionado en un % (X).</p>	<p>Dosificación de las fibras de polipropileno para una mezcla. Longitud de la fibra. Diámetro de la fibra.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resistencia de la Muestra sin dosificación de la fibra de Polipropileno. ➤ Resistencia de la Muestra con dosificación de la fibra de Polipropileno. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ensayo a Compresión (Kg/cm²). ➤ Ensayo a Compresión (Kg/cm²). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Máquina de compresión Triaxial. ➤ formato de laboratorio. ➤ Máquina de compresión Triaxial. ➤ formato de laboratorio.
<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Mejora de la resistencia a compresión, trabajabilidad y propiedades del Concreto (Y).</p>	<p>Resistencia a la mezcla del concreto</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diseño de mezcla de Concreto. ➤ Dosificación de agua, Cemento, agregado grueso, fino 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ensayo a Compresión (Kg/cm²). ➤ Ensayo a Compresión (Kg/cm²). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Máquina de compresión Triaxial. ➤ formato de laboratorio. ➤ Máquina de compresión Triaxial. ➤ formato de laboratorio.

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. AMBITO DE ESTUDIO.

La presente investigación se desarrollara en el:

Distrito : Lircay.

Provincia : Angaraes.

Región : Huancavelica.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La investigación a realizarse es de tipo aplicada

3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

DESCRIPTIVA"

3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

"EXPLICATIVO"

3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

"EXPERIMENTAL"

3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA.

✓ **Población.**

Concretos incorporados con y sin fibras de polipropileno provenientes de plásticos reciclados.

✓ **Muestra:**

En nuestro caso la muestra estuvo conformada por 01 probeta cilíndrica de concreto $F'c=210$ Kg/cm² sin fibra de Polipropileno, 03 probetas cilíndricas de concreto $F'c=210$ kg/cm² con fibra de Polipropileno.

✓ **Muestreo.**

Probabilístico.

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.7.1. Técnicas:

Las principales técnicas que se utilizará en este estudio serán por observación directa, análisis de materiales, formulas, diseño de mezcla y ensayo de compresión (rotura de probetas)

3.7.2. Los instrumentos:

Los instrumentos a utilizar en estas técnicas será:

- Datos de campo (insitu)
- Laboratorio de Mecánica de Suelos y de Tecnología de Concreto de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones - Huancavelica
- Bolsas de conservación de muestra.
- balanza.
- Papel
- Movilidad adecuada

3.8. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Los procedimientos de Recolección de datos estarán en función al cronograma establecido del proyecto de tesis.

- Extracción de Agregados de la cantera Tucsipampa.
- Diseño de mezcla
- Obtención de las Probetas Cilíndricas
- Ensayo de Compresión de probetas cilíndricas.

3.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

3.9.1. Técnicas de procesamiento.

Normas técnica ASTM Y ACI

Formatos del laboratorio de Laboratorio de Mecánica de Suelos y de Tecnología de Concreto de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones - Huancavelica

3.9.2. Análisis de los datos.

Comparación y análisis porcentual (representado en gráfico de barras y en tortas). Y para la prueba de hipótesis, se hizo uso de la prueba "t" de Student, con un nivel de significancia del 5%.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

La investigación envuelve una serie de ensayos y estudios sobre los materiales que componen al concreto y sobre los factores que hacen que estos materiales puedan modificar su resistencia a la compresión de dicho material.

También desarrollaremos los diseños de mezclas para el concreto con una incorporación de vidrio molido en porcentajes de 5%, 10% y 15% en reemplazo del agregado fino, para el concreto $f'c=210$ kg/cm² con cemento Andino portland tipo I, previo a ello determinaremos la cantidad de agua para el diseño final.

El procedimiento consistió en realizar ensayos de slump hasta obtener la cantidad de agua necesaria para lograr un asentamiento de 1" a 4", con la cantidad de agua que logre este asentamiento se realizará el diseño de mezcla, para cada uno de los porcentajes de fibra indicados.

En el diseño de mezcla con los distintos porcentajes de fibra de polipropileno, empleando el tipo de cemento Andino portland tipo I, se tendrá en cuenta lo siguiente:

Teniendo el diseño de mezcla del concreto sin fibra y/o patrón, además de haber obtenido la consistencia requerida, con un asentamiento de 1" a 4", y que alcanza la

resistencia a la compresión $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días para el concreto con cemento Andino portland tipo I, se procedió a dosificar incorporando la fibra de polipropileno en un 5%, 10% y 15% del volumen del agregado fino, de acuerdo a los resultados que deseamos obtener:

Teniendo como dato el volumen del agregado fino en los diseños de mezcla para el concreto patrón, se calculará la cantidad de fibra de polipropileno multiplicando el volumen del agregado fino por el porcentaje que elijamos, este resultado indica la cantidad de fibra expresado en Kg, esta será restada al volumen total del agregado fino y este cálculo se efectuará para los demás porcentajes de fibra de polipropileno que se quieran emplear.

Al elaborarse las mezclas de concreto empleando un cierto porcentaje de fibra de polipropileno, con el mismo slump de 1" a 4", indudablemente que obtendremos consistencias diferentes a la del concreto patrón, el diseño será el mismo y no se harán las correcciones correspondientes por ser justamente uno de los efectos provocados por la fibra de polipropileno.

Se deberá evaluar al concreto colocado y ver en qué medida se beneficia al adicionarse la fibra de polipropileno y sobre todo en qué medida se minimizan estas alteraciones producidas por los cambios volumétricos en el concreto endurecido.

Luego de haber realizados los ensayos de consistencia y de resistencia sin fibra de polipropileno y con fibra de polipropileno respectivamente, después de haber obtenido las características deseadas en las mezclas de concreto, se procedió a fabricar testigos de concreto simple para evaluar el comportamiento del vidrio molido sobre el concreto ya colocado.

A continuación se describirá el proceso constructivo y las pautas tomadas en cuenta.

4.1.1 Descripción general de los ensayos a realizar

Para determinar la influencia de la adición de fibra de polipropileno en la mezcla de concreto, se confeccionaron probetas de este material, cilíndricas de 15cm de arista, fabricadas según los procedimientos indicados en la norma técnica Peruana, las que posteriormente fueron ensayadas a compresión, determinando así su resistencia.

Dichas probetas se fabricaron para el tipo de concreto, que es comúnmente utilizado con fines estructurales ($F'c=210 \text{ kg/cm}^2$); además cada serie de probetas contiene un porcentaje determinado de vidrio reemplazando una fracción del agregado fino, el cual varía desde un 0% hasta un 15%.

4.1.2 Tratamiento de la fibra de polipropileno

La fibra de polipropileno utilizada, es un monofilamento resultante de la dispersión de haces de fibra al entrar en contacto con la humedad con el concreto, su nombre comercial es SIKAFIBER, y está fabricado por el grupo SIKA

Las fibras de polipropileno, fueron adquiridos en la ciudad de lima, de la empresa ATESA PERU S. A. C. empresa líder en la elaboración de telas y sacos de polipropileno, la comercialización en Perú y en el extranjero principalmente como materia prima. Son fibras de color blanco cuyo envase son, bolsas de polietileno de 600 grms. Y no afectan o interfieren en absoluto con aditivos químicos.

La longitud finalmente, es de 19.00 mm. En la tabla siguiente se muestran las características físicas y mecánicas mas importantes.

FIBRAS DE POLIPROPILENO	
DENSIDAD	0.95 gr/cm ³
LONGITUD DE LA FIBRA	3/4" (19.00MM)
COLOR	BLANCO

Tabla de las propiedades del polipropileno

4.1.3. Tratamiento de los Agregados

Antes de poder realizar correctamente la dosificación y la posterior, elaboración de mezclas, es necesario realizar una serie de ensayos, con el fin de determinar la granulometría de los agregados a emplear, además como su densidad, y verificar ciertas condiciones que pone como requisito la norma Técnica Peruana.

4.1.3.1. Características de los agregados

En esta sección se presentan las características como densidad, resistencia, porosidad y distribución volumétrica que se acostumbra denominar granulometría o gradación. Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas estándar que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas.

A continuación se muestran los ensayos realizados al agregado fino y grueso respectivamente, los cuales serán empleados en el diseño de mezcla.

4.1.3.2. Análisis granulométrico

Como se sabe las partículas tienen diversas formas geométricas y diversos volúmenes, resultaría difícil medir el volumen y la forma geométrica de las partículas del agregado, por ello existe una manera

indirecta, que consiste en tamizar las partículas del agregado por una serie de mallas de aberturas conocidas y luego pesar los materiales retenidos en cada malla refiriéndolos en porcentajes con respecto al peso total.

A esto se le denomina análisis granulométrico o granulometría que es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños.

Los valores hallados se representan gráficamente en un sistema coordinado semi-logarítmico que permite apreciar la distribución acumulada. Cuando se representa la distribución granulométrica de la mezcla de agregados de pesos específicos que no difieren mucho, la granulometría es prácticamente igual sea la mezcla en peso o en volumen absoluto, pero cuando se trata de agregados de pesos específicos muy diferentes, hay que hacer las conversiones a volumen absoluto para que se represente realmente la distribución volumétrica que es la que interesa para la elaboración de concreto.

La serie de tamices estándar ASTM para concreto tiene la particularidad de que empieza por el tamiz de abertura cuadrada 3" y el siguiente tiene una abertura igual a la mitad del anterior. A partir de la malla 3/8" se mantiene la misma secuencia, pero el nombre de las mallas se establece en función del número de aberturas por pulgada cuadrada.

4.1.4. Etapas y Ensayos Para la Elaboración del Concreto

4.1.4.1 Ensayo de contenido de humedad de los agregados:

Para el Agregado fino

A. Referencias

- ASTM C 566 – 84

- NTP 339.185 Agregados, métodos de ensayo normalizado para contenido de humedad evaporable de agregados por secado.

B. Objetivos

Obtener la cantidad de agua que se encuentra dentro del agregado fino expresado en porcentaje (%).

C. Equipos

- Balanza de 0.1 gramo de sensibilidad.
- Horno que mantenga una temperatura constante de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Recipientes volumétricos (taras) resistentes al calor y de volumen suficiente para contener la muestra
- Cucharon o espátulas de tamaño conveniente.

D. Procedimiento

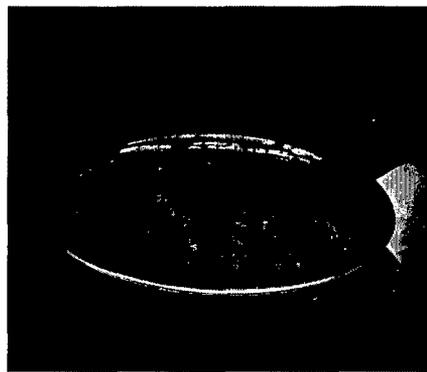
- Seleccione una muestra representativa.
- Tome un recipiente (tara), anote su identificación y determine su peso.
- Pese la muestra húmeda más el recipiente que la contiene.



- Coloque la tara con la muestra húmeda a una temperatura constante de 110°C , por un periodo de 24 horas (20 horas es suficiente).



- Retire la muestra del horno y déjala enfriar hasta que se alcance la temperatura ambiente.
- Pese la muestra seca más el recipiente y anote su peso.



E. Cálculos

Calcule el contenido de humedad en porcentaje del agregado con la formula siguiente:

$$\% \text{humedad} = \frac{\text{Peso de Muestra Humeda} - \text{Peso de Muestra Seca}}{\text{Peso de Muestra Seca}} \times 100$$

72

F. Resultado de ensayo

CONTENIDO DE HUMEDAD (AGREGADO FINO)				
PRUEBA NUMERO	1	2	3	UNIDADES
PESO DE LA TARA (gr)	30.89	29.40	33.95	gr
PESO DE LA TARA + AGREGADO HUMEDO (gr)	98.40	106.10	97.30	gr
PESO DEL AGREGADO HUMEDO (gr)	67.51	76.70	63.35	gr
PESO DE LA TARA + AGREGADO SECO (gr)	92.66	95.61	91.45	gr
PESO DEL AGREGADO SECO (gr)	61.77	66.21	57.50	gr
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.29	15.84	10.17	%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	11.77			%

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos (DRTC-HVCA).

Para el Agregado Grueso

A. Referencias

- ASTM C 566 – 84
- NTP 339.185 Agregados, métodos de ensayo normalizado para contenido de humedad evaporable de agregados por secado.

B. Objetivos

Obtener la cantidad de agua que se encuentra dentro del agregado fino expresado en porcentaje (%).

C. Equipos

- Balanza de 0.1 gramo de sensibilidad.
- Horno que mantenga una temperatura constante de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Recipientes volumétricos (taras) resistentes al calor y de volumen suficiente para contener la muestra
- Cucharón o espátulas de tamaño conveniente.

D. Procedimiento

- Seleccione una muestra representativa.
- Tome un recipiente (tara), anote su identificación y determine su peso.
- Pese la muestra húmeda más el recipiente que la contiene

- Coloque la tara con la muestra húmeda a una temperatura constante de 110°C, por un periodo de 24 horas (20 horas es suficiente).
- Retire la muestra del horno y déjala enfriar hasta que se alcance la temperatura ambiente.
- Pese la muestra seca más el recipiente y anote su peso.

E. Cálculos

Calcule el contenido de humedad en porcentaje del agregado con la formula siguiente:

$$\% \text{humedad} = \frac{\text{Peso de Muestra Humeda} - \text{Peso de Muestra Seca}}{\text{Peso de Muestra Seca}} \times 100$$

F. Resultado de ensayo

CONTENIDO DE HUMEDAD (AGREGADO GRUESO)				
PRUEBA NUMERO	1	2	3	UNIDADES
PESO DE LA TARA (gr)	31.00	36.80	33.95	gr
PESO DE LA TARA + AGREGADO HUMEDO (gr)	160.09	114.30	145.10	gr
PESO DEL AGREGADO HUMEDO (gr)	129.09	77.50	111.15	gr
PESO DE LA TARA + AGREGADO SECO (gr)	156.36	112.20	142.10	gr
PESO DEL AGREGADO SECO (gr)	125.36	75.40	108.15	gr
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	2.98	2.79	2.77	%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	2.84			%

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos (DRTC-HVCA).

Ensayo de granulometría para los Agregados:

Agregado Fino

A. Referencias

- ❖ ASTM D 421
- ❖ ASTM D 422
- ❖ ASTM D 422 - 63
- ❖ AASHTO T87 - 70

B. Objetivos

- ❖ Tiene como objetivo la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas del agregado fino.
- ❖ Adquirir conocimiento y practica para que pueda determinar la distribución del tamaño de las partículas de un agregado fino, por ende reconocer que tipo de agregado es en su clasificación. De igual manera la forma correcta de presentar los resultados obtenidos y realizar el diseño de mezclas.
- ❖ Obtener el Modulo de finura.
- ❖ Determinar el tamaño máximo nominal.

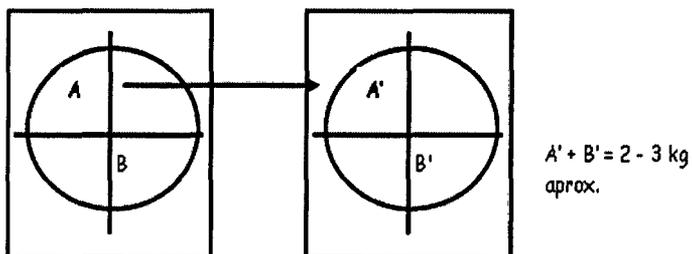
C. Equipos

- ❖ Balanza.- Para pesar material que son retenidos en los tamices
- ❖ Tamices.- Para clasificar el agregado
- ❖ Envases.- Adecuados para el manejo y secado de las muestras
- ❖ Cepillo y brocha.- Para limpiar las mallas de los tamices.
- ❖ Bandejas.- Para el vaciado de agregado contenida en cada tamiz
- ❖ Tamizador.- Para cribar de una manera adecuada y rápida.

D. procedimiento

- ❖ La muestra (hormigón) extraída de la cantera se hace secar al aire libre y/o en el horno.
- ❖ Luego de haber sacado el hormigón de la cantera, y haber hallado su contenido de humedad y % de absorción natural.
- ❖ Se separa con el tamiz N° 4 clasificando de esa manera el agregado fino y el agregado grueso.
- ❖ La muestra clasificada. Se procede a cuartear, hasta obtener un aproximado de 2 – 3 Kg.
- ❖ El procedimiento es como sigue:

❖ Se hace un cuarteo de la muestra total reiteradas veces hasta obtener al final un promedio de 2-3 kg aproximadamente de muestra.



❖ Pesamos nuestro espécimen de laboratorio, con la cual trabajaremos.

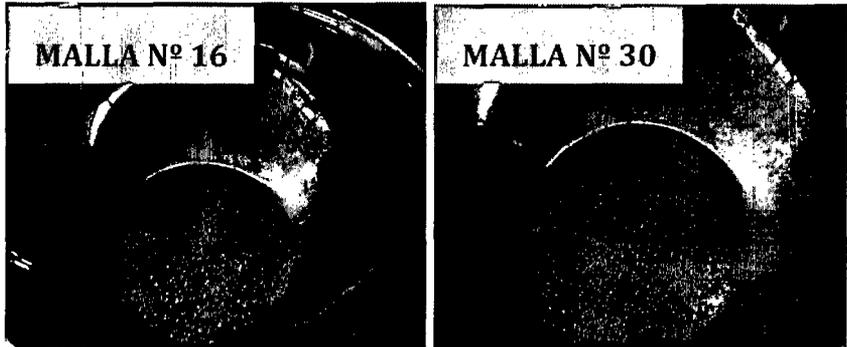
❖ Se arma las mallas según la NTP 400.012 para luego introducir, nuestro espécimen de ensayo.



❖ Comienza a agitar los tamices, para que así en estos solo quede el material que en verdad es retenido



❖ Una vez concluida el tamizado, se procede a pesar los pesos retenidos en cada malla y el fondo.



❖ Se realiza otro ensayo con las mismas características, luego se saca un promedio de los pesos retenidos en cada malla y luego se

procesan los datos obteniendo así la curva de gradación de las partículas.

E. Cálculos

El cálculo respectivo que se realiza se muestra en el cuadro siguiente:

TAMIZ N°	PESO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCIENTO PASANTE
4	A	$(A/I) \times 100 = J$	J	100 - J
8	B	$(B/I) \times 100 = K$	J + K = R	100 - R
16	C	$(C/I) \times 100 = L$	R + L = S	100 - S
30	D	$(D/I) \times 100 = M$	S + M = T	100 - T
50	E	$(E/I) \times 100 = N$	T + N = U	100 - U
100	F	$(F/I) \times 100 = O$	U + O = V	100 - V
200	G	$(G/I) \times 100 = P$	V + P = W	100 - W
BANDEJA	H	$(H/I) \times 100 = Q$	W + Q = X	100 - X
	$\Sigma = I$	$\Sigma = 100$		

El cálculo de módulo de finura es con la formula siguiente

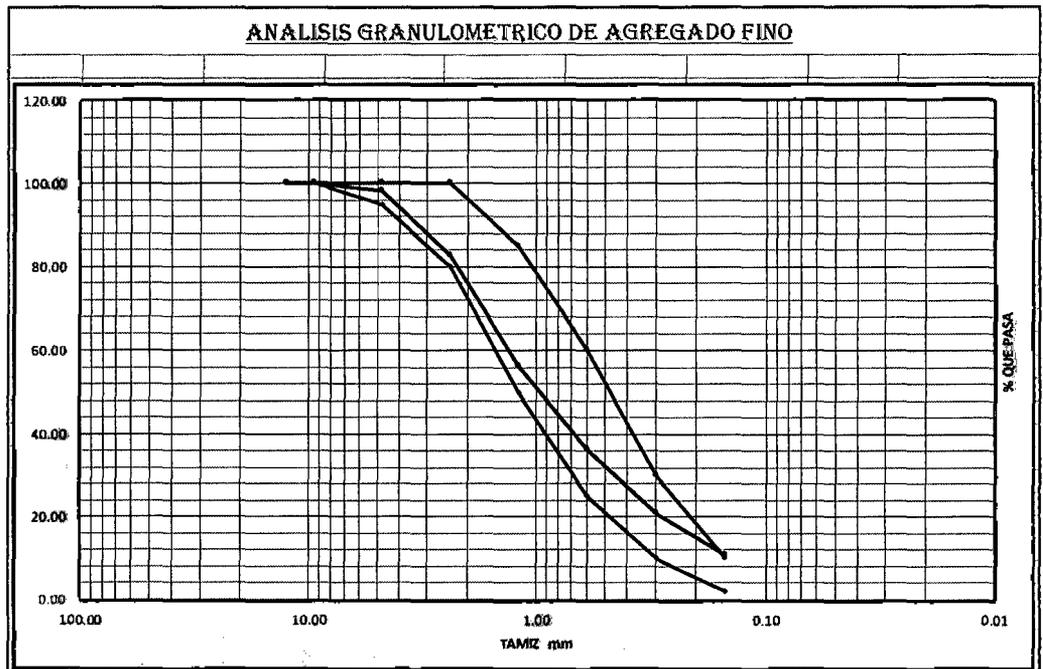
$$\text{Modulo de finura} = \left(\sum \% \text{Retenido Acumulado (hasta el tamiz N}^\circ 100) \right) \times \frac{1}{100}$$

$$= \frac{J + R + S + T + U + V}{100}$$

F. Resultados

El resultado respectivo que se ha obtenido es como sigue:

TAMIZ		PESO RET. (gf.)	% RET	% RET. ACUM.	% PASA		MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
(Pulg)	(mm)							
1/2	12.50	0	0.0	0.0	100.0		-	-
3/8	9.50	0	0.0	0.0	100.0		3/8"	100
N° 4	4.75	10	1.8	1.8	98.2		N°4	95-100
N°8	2.38	89	15.6	17.4	82.6		N°8	80-100
N°16	1.19	150	26.3	43.7	56.3		N°16	50-85
N°30	0.60	114	20.0	63.7	36.3		N°30	25-60
N°50	0.30	88	15.4	79.1	20.9		N°50	10-30
N°100	0.15	58	10.2	89.3	10.7		N°100	2-10
FONDO	0.0	61	10.7	100.0	0.0			
		570					MF	2.93



Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos (DRTC-HVCA).

AGREGADO GRUESO

A. Referencias

- ❖ NTP 400.012
- ❖ ASTM D 421
- ❖ ASTM D 422
- ❖ ASTM D 422 - 63
- ❖ AASHTO T87 - 70

B. Objetivos

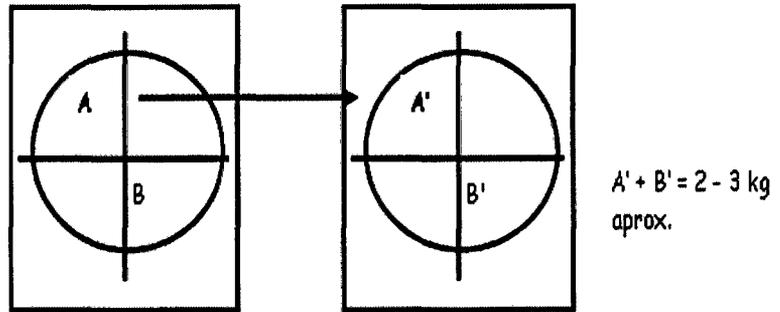
- ❖ Tiene como objetivo la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas del agregado grueso.
- ❖ Adquirir conocimiento y practica para que pueda determinar la distribución del tamaño de las partículas de un agregado grueso, por ende reconocer que tipo de agregado es en su clasificación. De igual manera la forma correcta de presentar los resultados obtenidos y realizar el diseño de mezclas.

C. Equipos

- ❖ Balanza.- Para pesar material que son retenidos en los tamices
- ❖ Tamices.- Para clasificar el agregado
- ❖ Envases.- Adecuados para el manejo y secado de las muestras
- ❖ Cepillo y brocha.- Para limpiar las mallas de los tamices.
- ❖ Bandejas.- Para el vaciado de agregado contenida en cada tamiz
- ❖ Tamizador.- Para cribar de una manera adecuada y rápida.

D. Procedimiento

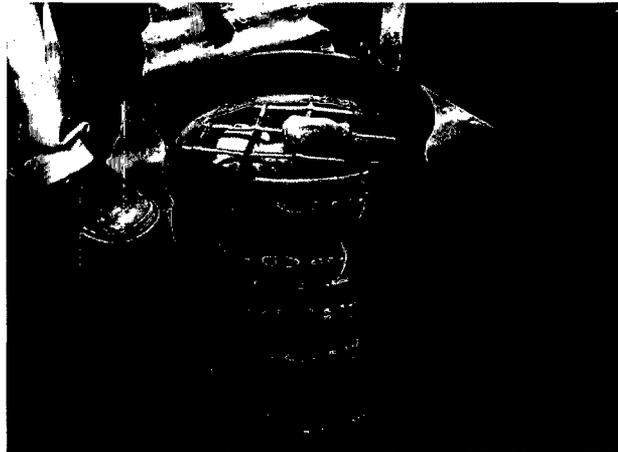
- ❖ La muestra (hormigón) extraída de la cantera se hace secar al aire libre y/o en el horno.
- ❖ Luego de haber sacado el hormigón de la cantera, y haber hallado su contenido de humedad y % de absorción natural.
- ❖ Se separa con el tamiz N° 4 clasificando de esa manera el agregado fino y el agregado grueso.
- ❖ La muestra clasificada. Se procede a cuartear, hasta obtener un aproximado de 2 – 3 Kg.
- ❖ El procedimiento es como sigue:
- ❖ Se hace un cuarteo de la muestra total reiteradas veces hasta obtener al final un promedio de 2-3 kg aproximadamente de muestra.



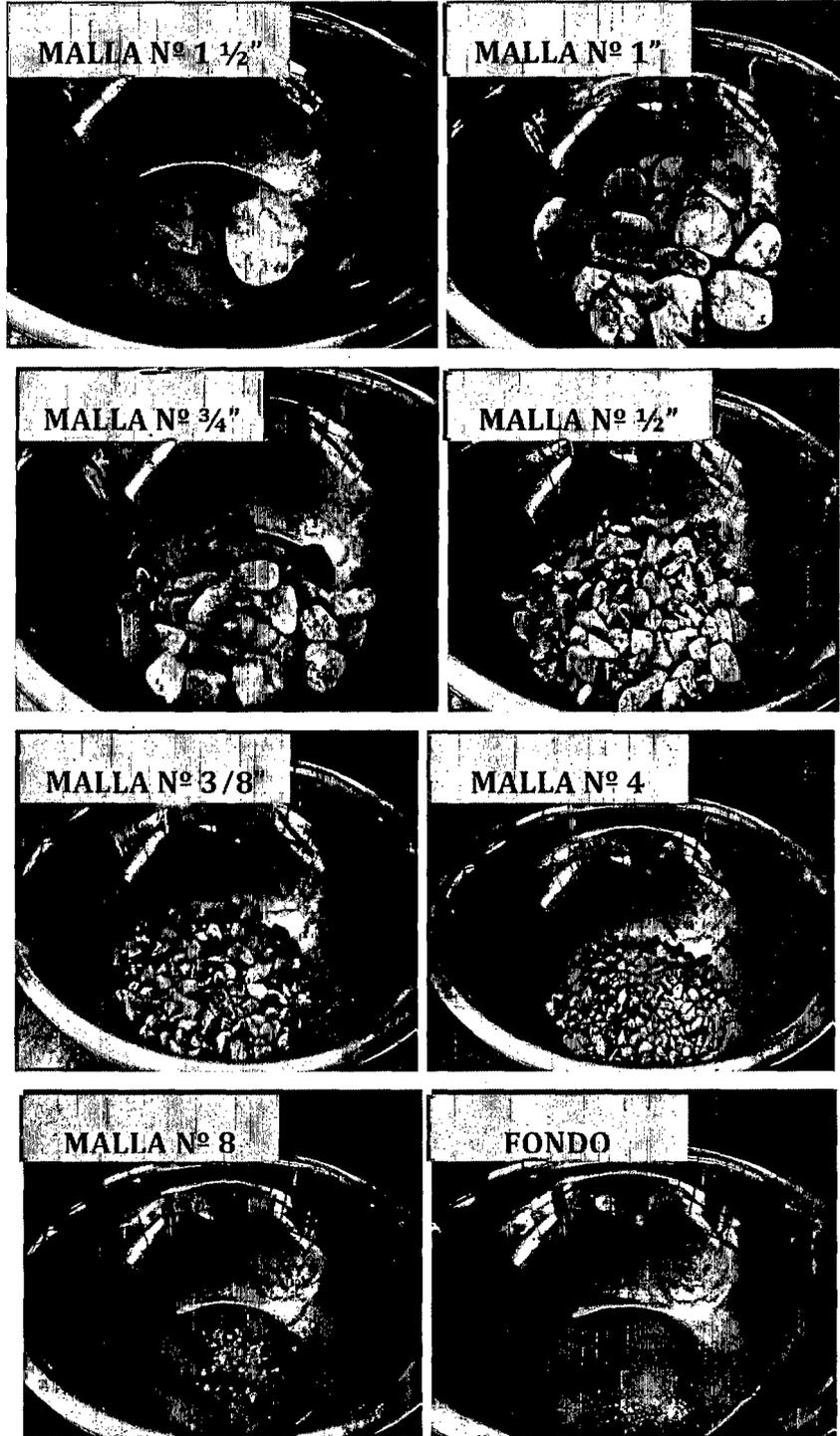
❖ Se arma las mallas según la NTP 400.012, Para luego introducir, nuestro espécimen de ensayo.



❖ Comienza a agitar los tamices, para que así en estos solo quede el material que en verdad es retenido.



❖ Una vez concluido el tamizado, se procede a pesar los pesos retenidos en cada malla y el fondo.



❖ Se realiza otro ensayo con las mismas características, luego se saca un promedio de los pesos retenidos en cada malla y luego se procesan los datos obtenidos así la curva de gradación de las partículas.

E. Cálculos

El cálculo respectivo es similar al del agregado fino:

TAMIZ Nº	PESO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCIENTO PASANTE
4	A	$(A/I) \times 100 = J$	J	100 - J
8	B	$(B/I) \times 100 = K$	J + K = R	100 - R
16	C	$(C/I) \times 100 = L$	R + L = S	100 - S
30	D	$(D/I) \times 100 = M$	S + M = T	100 - T
50	E	$(E/I) \times 100 = N$	T + N = U	100 - U
100	F	$(F/I) \times 100 = O$	U + O = V	100 - V
200	G	$(G/I) \times 100 = P$	V + P = W	100 - W
BANDEJA	H	$(H/I) \times 100 = Q$	W + Q = X	100 - X
	$\sum = I$	$\sum = 100$		

El cálculo de TAMAÑO MAXIMO NOMINAL: La NTP 400.011 lo define como la abertura de la malla del tamiz que indica la Norma de malla menor, por lo cual el agregado grueso pasa del 95% a 100%.

El cálculo de TAMAÑO MAXIMO: La NTP 400.011 lo define como la abertura de la malla del tamiz que indica la Norma de malla menor, por lo cual el agregado grueso pasa del 100%.

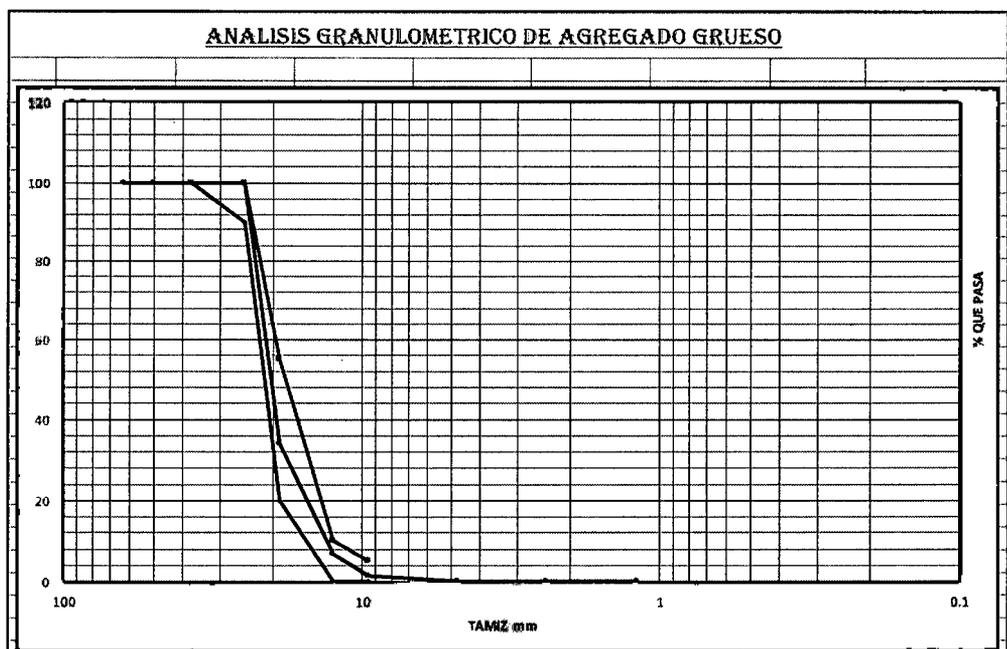
Para hallar el T.M. del conjunto de agregados, trabajamos con el agregado grueso y hallaremos el % retenido acumulado en las mallas utilizadas

Tamaño Máximo Nominal = 3/4"

A. Resultados

El resultado respectivo que se ha obtenido es como sigue:

TAMIZ		PESO RET. (gr.)	% RET	% RET. ACUM.	% PASA	MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
(Pulg)	(mm)						
2 1/2	63	0	0.0	0.0	100.0	-	-
2	50	0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2	37.5	0	0.0	0.0	100.0	1.5	100
1	25	0	0.0	0.0	100.0	1	90-100
3/4	19	5.648	66.0	66.0	34.0	0.75	20-55
1/2	12.5	2.329	27.2	93.1	6.9	0.5	0-10
3/8	9.5	0.46	5.4	98.5	1.5	0.375	0-5
N°4	4.75	0.127	1.5	100.0	0.0		
N°8	2.38	0	0.0	100.0	0.0		
N°16	1.19	0	0.0	100.0	0.0		
FONDO		0	0.0	100.0	0.0	MF	4.64



Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos (DRTC-HVCA).

4.1.4.2 Peso Especifico de los agregados

El peso específico se refiere a la densidad de las partículas individuales y no a la masa del agregado como un todo. Pudiendo definirse al peso específico como la relación, a una temperatura estable, de la masa de un volumen unitario del material, a la masa del mismo volumen de agua destilada, libre de gas.

El peso específico es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo corresponde a agregados absorbentes y débiles.

PARA EL AGREGADO FINO

La norma ASTM C 128 ó NTP 400.022 indica el procedimiento para determinar el peso específico del agregado fino.

Equipos y Materiales

Balanza electrónica.

Estufa.

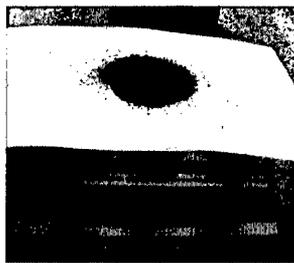
Picnómetros.

Gotero.

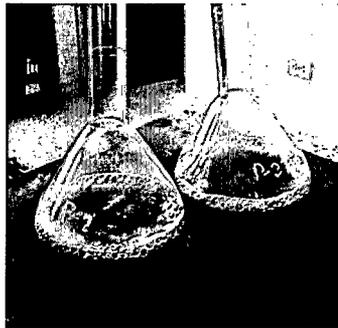
- Pesamos los dos picnómetros llenos de agua hasta la línea de aforo uno a uno y tomamos apunte de los pesos.



- Pesamos 60 gr. arena y el papel que la contendrá para cada picnómetro.



- Echamos el agregado al picnómetro, echamos agua hasta la mitad del picnómetro y lavamos sus paredes con agua mediante un gotero.
- Los ponemos al fuego de la estufa durante unos minutos hasta que las burbujas empiecen a salir.



- Finalmente pesamos los picnómetros cuando estén fríos y realizamos el cálculo respectivo del peso específico para el agregado fino.

Resultados del Ensayo:

Nº de Picnómetro: P1

- a. Peso de Picnómetro: 94.45 gr.
- b. Peso A. Fino Seco: 60.00gr.
- c. Peso Picnómetro +Agua: 344.21gr.
- d. Peso Picnómetro + Agua + Ag. Fino: 380.42 gr.
- e. Peso Específico: $(b/(c+b-d))$: 2.52gr/cm³

Nº de Picnómetro: P2

- a. Peso de Picnómetro: 94.03 gr.
- b. Peso A. Fino Seco: 60.00gr.
- c. Peso Picnómetro +Agua: 344.12 gr.
- d. Peso Picnómetro + Agua + Ag. Fino: 380.08 gr.
- e. Peso Específico: $(b/(c+b-d))$: 2.50 gr/cm³

Peso Específico PromedioC

PARA EL AGREGADO GRUESO

La norma ASTM C 127 ó NTP 400.021 indica el procedimiento para determinar el peso específico del agregado grueso.

Equipos y Materiales

Balanza electrónica.

Horno.

Canastilla de alambre.

Balde.

Bandejas.

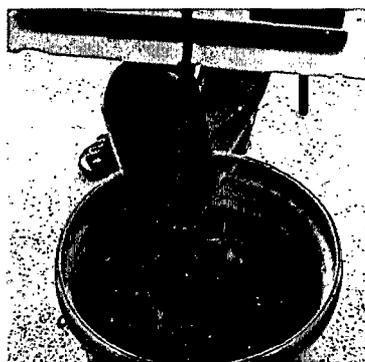
- Pesamos una cantidad necesaria de agregado grueso, para luego sumergirla en agua, dentro de un balde.



- Dentro del balde colocamos la canastilla de alambre que contendrá al agregado.



- Finalmente vaciamos el agregado grueso, y lo pesamos, tomamos nota del peso para hacer los cálculos respectivos.



Resultados del Ensayo:

Nº Tara: T1

- a. Peso del Agregado Grueso al Aire: 461.79 gr.
- b. Peso del Agregado Grueso Sumergido al Agua: 288.68 gr.
- c. Peso del Agregado Grueso Seco al Horno: 454.24 gr.
- d. Peso Específico: $(c / (a - b)) : 2.62 \text{ gr/cm}^3$

Nº Tara: T2

- e. Peso del Agregado Grueso al Aire: 462.42 gr.
- f. Peso del Agregado Grueso Sumergido al Agua: 289.65 gr.
- g. Peso del Agregado Grueso Seco al Horno: 453.01 gr.
- h. Peso Específico: $(c / (a - b)) : 2.62 \text{ gr/cm}^3$ aa
- i. Peso Específico Promedio: 2.62gr/cm³

4.1.4.4 Peso Volumétrico y/o Unitario de los Agregados

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa. Por ejemplo para un agregado grueso pesos unitarios altos

significan que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento.

I. PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO DEL AGREGADO FINO

A. Referencias

- ✓ ASTM C – 29
- ✓ AASHTO T 19
- ✓ NTP 400.017

B. Objetivos

Obtener la cantidad de suelo en kilogramos que se puede lograr por metro cubico, al vaciar material a un recipiente de volumen conocido y sin darle acomodo a las partículas.

C. Equipos

- ✓ Cucharon
- ✓ Recipiente de volumen conocido
- ✓ Regla de 30 cm
- ✓ Balanza de 20 kg de capacidad y 5 gms de aproximación.

D. Procedimiento

- ✓ La arena se seca al sol y se cuartea
- ✓ Se pesa el recipiente vacío.
- ✓ Empleando el cucharon se toma el material y se deja caer dentro del recipiente desde una altura de 5 cm, hasta que se llene, evitando que el material se reacomode por movimientos indebidos; después se procede a enrasar utilizando la regla de 30 cm.

E. Cálculos

Se calcula el peso volumétrico del material seco suelto, con la siguiente formula

$$P. V. S. S. = \frac{Wm}{Vr} , \left(\frac{Km}{m3}\right)$$

DONDE:

Wm = Peso del material (kg)

Wm = (Peso del recipiente + material) – (Peso del recipiente)

Vr = Volumen del recipiente

F. Resultados

El resultado respectivo que se ha obtenido es como sigue:

PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO (AGREGADO FINO)				
PRUEBA NUMERO	1	2	3	UNIDADES
VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.00556	0.00556	0.00556	M3
PESO DEL MOLDE (gr)	9975.00	9975.00	9975.00	gr
PESO DEL AGREGADO + PESO DEL MOLDE (gr)	18605.00	18603.00	18598.00	gr
PESO DEL AGREGADO (gr)	8630.00	8628.00	8623.00	gr
PESO UNITARIO SUELTO SECO (Kg/M3)	1552.16	1551.80	1550.90	kg/m3
PESO UNITARIO SUELTO SECO PROMEDIO (Kg/M3)	1551.62			kg/m3

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos (DRTC-HVCA).

II. PESO VOLUMÉTRICO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO

A. Referencias

- ✓ ASTM C – 29
- ✓ AASHTO T 19

- ✓ NTP 400.017

B. Objetivos

Obtener la cantidad de la arena en kilogramos que se pueda logra por metro cubico, al vaciar el material a un recipiente de volumen conocido y dándole acomodo a las partículas por medio de golpes de varillas punta bala.

C. Equipos

- ✓ Cucharon
- ✓ Recipiente de volumen conocido
- ✓ Regla de 30 cm
- ✓ Balanza de 20 kg de capacidad y 5 gms de aproximación.
- ✓ Varilla punta de balá.

D. Procedimiento

- ✓ La arena se seca al sol y se cuartea
- ✓ Se pesa el recipiente vacío.
- ✓ Empleando el cucharon se toma el material y se deja caer dentro del recipiente desde una altura de 5 cm, llenando el recipiente en 3 capas, dándole 25 golpes de varilla a cada capa, después se procede a enrazar utilizando la regla de 30 cm..

E. Calculos

Se calcula el peso volumétrico del material seco compacto, con la siguiente formula

$$P. V. S. C. = \frac{W_m}{V_r} \quad (Kg/cm^3)$$

DONDE:

W_m = Peso del material (Kg)

W_m = (Peso del recipiente + material) – (Peso del recipiente)

V_r = Volumen del recipiente

F. Resultados

El resultado respectivo que se ha obtenido es como sigue:

PESO VOLUMETRIC SECO COMPACTADO (AGREGADO FINO)				
PRUEBA NUMERO	1	2	3	UNIDADES
VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.00556	0.00556	0.00556	M3
PESO DEL MOLDE (gr)	9975.00	9975.00	9975.00	gr
PESO DEL AGREGADO + PESO DEL MOLDE (gr)	19605.00	19610.00	19602.00	gr
PESO DEL AGREGADO (gr)	9630.00	9635.00	9627.00	gr
PESO UNITARIO SUELTO SECO (Kg/M3)	1732.01	1732.91	1731.47	kg/m3
PESO UNITARIO SUELTO SECO PROMEDIO (Kg/M3)	1732.13			kg/m3

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos (DRTC-HVCA).

III. PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO

A. referencias

- ✓ ASTM C – 29
- ✓ AASHTO T 19
- ✓ NTP 400.017

B. Objetivos

Obtener la cantidad de suelo en kilogramos que se puede lograr por metro cubico, al vaciar material a un recipiente de volumen conocido y sin darle acomodo a las partículas.

C. Equipos

- ✓ Cucharon
- ✓ Recipiente de volumen conocido
- ✓ Regla de 30 cm
- ✓ Balanza de 20 kg de capacidad y 5 gms de aproximación.

D. Procedimiento

- ✓ La arena se seca al sol y se cuartea
- ✓ Se pesa el recipiente vacío.
- ✓ Empleando el cucharón se toma el material y se deja caer dentro del recipiente desde una altura de 5 cm, hasta que se llene, evitando que el material se reacomode por movimientos indebidos; después se procede a enrasar utilizando la regla de 30 cm.

E. Cálculos

Se calcula el peso volumétrico del material seco suelto, con la siguiente fórmula

$$P. V. S. S. = \frac{W_m}{V_r} \cdot \left(\frac{Kg}{cm^3} \right)$$

F. Dónde:

W_m = Peso del material (kg)

W_m = (Peso del recipiente + material) – (Peso del recipiente)

V_r = Volumen del recipiente

G. Resultados

El resultado respectivo que se ha obtenido es como sigue:

PESO VOLUMETRICO SECO SUELTO (AGREGADO GRUESO)				
PRUEBA NUMERO	1	2	3	UNIDADES
VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.00556	0.00556	0.00556	M3
PESO DEL MOLDE (gr)	9975.00	9975.00	9975.00	gr
PESO DEL AGREGADO + PESO DEL MOLDE (gr)	19160.00	19162.00	19158.00	gr
PESO DEL AGREGADO (gr)	9185.00	9187.00	9183.00	gr
PESO UNITARIO SUELTO SECO (Kg/M3)	1651.98	1652.34	1651.62	kg/m3
PESO UNITARIO SUELTO SECO PROMEDIO (Kg/M3)		1651.98		kg/m3

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos (DRTC-HVCA).

IV. PESO VOLUMÉTRICO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO

A. Referencias

- ✓ ASTM C – 29
- ✓ AASHTO T 19
- ✓ NTP 400.017

B. Objetivos

Obtener la cantidad de la arena en kilogramos que se pueda logra por metro cubico, al vaciar el material a un recipiente de volumen conocido y dándole acomodo a las partículas por medio de golpes de varillas punta bala.

C. Equipos

- ✓ Cucharon
- ✓ Recipiente de volumen conocido
- ✓ Regla de 30 cm
- ✓ Balanza de 20 kg de capacidad y 5 gms de aproximación.
- ✓ Varilla punta de bala.

D. Procedimiento

- ✓ La arena se seca al sol y se cuartea
- ✓ Se pesa el recipiente vacío.
- ✓ Empleando el cucharón se toma el material y se deja caer dentro del recipiente desde una altura de 5 cm, llenando el recipiente en 3 capas, dándole 25 golpes de varilla a cada capa, después se procede a enrazar utilizando la regla de 30 cm.

E. Calculos

Se calcula el peso volumétrico del material seco compacto, con la siguiente formula $P. V. S. C. = \frac{Wm}{Vr} , (Kg/cm3)$

DONDE:

Wm = Peso del material (kg)

Wm = (Peso del recipiente + material) – (Peso del recipiente)

Vr = Volumen del recipiente

F. Resultados

El resultado respectivo que se ha obtenido es como sigue:

PESO UNITARIO SECO COMPACTADO (AGREGADO GRUESO)				
PRUEBA NUMERO	1	2	3	UNIDADES
VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.00556	0.00556	0.00556	M3
PESO DEL MOLDE (gr)	9975.00	9975.00	9975.00	gr
PESO DEL AGREGADO + PESO DEL MOLDE (gr)	19335.00	19332.00	19336.00	gr
PESO DEL AGREGADO (gr)	9360.00	9357.00	9361.00	gr
PESO UNITARIO SUELTO SECO (Kg/M3)	1683.45	1682.91	1683.63	kg/m3
PESO UNITARIO SUELTO SECO PROMEDIO (Kg/M3)	1683.33			kg/m3

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos (DRTC-HVCA).

4.1.4.3 Determinación del Porcentaje de Absorción de los Agregados

Marco Teórico

- ✓ Se entiende por absorción, al contenido de humedad total interna de un agregado que está en la condición de saturado superficialmente seco.
- ✓ La capacidad de absorción del agregado se determina por el incremento de peso de una muestra secada al horno, luego de 24 horas de inmersión en agua y de secado superficial. Esta condición se supone representa la que adquiere el agregado en el interior de una mezcla de concreto.
- ✓ Este tiene importancia, puesto que se refleja en el concreto reduciendo la cantidad de agua en la mezcla, teniendo mucha influencia en las propiedades de resistencia y en la trabajabilidad, por ello es importante tenerlo en cuenta al momento de hacer las correcciones necesarias en el diseño de mezcla.
- ✓ Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en este, y se expresa como porcentaje del peso.

$$absorción \% = \frac{P_{sss} - P_s}{P_s} \times 100$$

I. AGREGADO FINO

A. Referencias

La norma ASTM C 128 ó NTP 400.022 indica el procedimiento para determinar el porcentaje de absorción del agregado fino.

B. Equipos y Materiales

Balanza electrónica.

Horno.

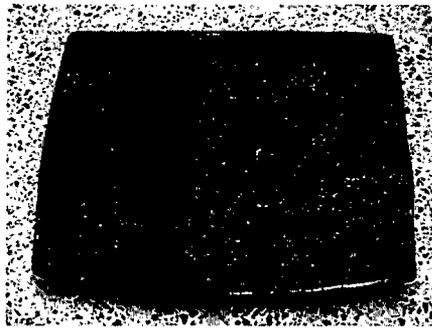
Bandejas.

Molde cónico.

Barra de metal.

C. Procedimiento:

- ❖ Tomamos una muestra representativa de 1000 gr. de agregado fino, que luego será colocado en una bandeja y llevado al horno por 24 horas, a continuación se retirará la muestra del horno y se dejará enfriar y reposar.



- ❖ Retiramos la muestra del horno y la cubrimos con agua durante 24 horas, seguidamente extendemos la muestra sobre una superficie adecuada expuesta a una corriente suave tibia de ventilación y la removemos hasta que adquiera un secado uniforme y que los granos no se adhieran entre sí.



- ❖ A continuación echamos el agregado fino en el molde cónico, de manera suelta hasta que llegue a la superficie.



- ❖ Seguidamente con una barra de metal se le aplicará suavemente 25 golpes.



- ❖ Enrasamos la superficie con ayuda de la barra de metal.



- ❖ Luego se procederá a retirar el molde en forma vertical, observamos que el agregado fino se desmorona, esto nos indica

que la muestra ha alcanzado una condición de superficialmente seco.



- ❖ Finalmente se pesa una cantidad necesaria y se lleva al horno durante 24 horas, para luego ser pesada nuevamente y así obtener el porcentaje de absorción del agregado fino.

A. Resultado de Ensayo:

$$\%ABS = (Ag. Fino Sat. - Ag. Fino Seco) / Ag. Seco \times 100$$

% ABSORCION (AGREGADO FINO)				
PRUEBA NUMERO	1	2	3	UNIDADES
PESO DE LA TARA (gr)	36.90	37.00	30.89	gr
PESO DE LA TARA + AGREGADO SSS (gr)	85.40	101.20	97.30	gr
PESO DEL AGREGADO SSS (gr)	48.50	64.20	66.41	gr
PESO DE LA TARA + AGREGADO SECO (gr)	82.50	97.40	93.40	gr
PESO DEL AGREGADO SECO (gr)	45.60	60.40	62.51	gr
PORCENTAJE DE ABSORCCION (%)	6.36	6.29	6.24	%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	5.30			%

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos (DRTC-HVCA).

II. AGREGADO GRUESO

A. Referencias

La norma ASTM C 127 ó NTP 400.021 indica el procedimiento para determinar el porcentaje de absorción del agregado grueso.

B. Equipos y Materiales

Balanza electrónica.

Horno.

Bandejas.

C. Procedimiento:

- ❖ Tomamos una cantidad necesaria de agregado grueso y lo sumergimos en un recipiente con agua durante 24 horas.
- ❖ Secamos el agregado superficialmente con un paño y lo colocamos en una bandeja, lo pesamos y lo llevamos al horno por 24 horas.
- ❖ Luego retiramos el agregado del horno y después de un tiempo prudente lo pesamos y tomamos nota del peso.
- ❖ Finalmente hacemos el cálculo respectivo y determinamos el porcentaje de absorción para el agregado grueso.

A. Resultado de Ensayo:

$\%ABS = (Ag. Grueso Sat. - Ag. Grueso Seco) / Ag. Seco \times 100$

ABSORCIÓN (AGREGADO SECO)				
PRUEBA NUMERO	1	2	3	UNIDADES
PESO DE LA TARA (g)	36.40	36.40	36.50	g
PESO DE LA TARA + AGREGADO SSS (g)	412.80	418.00	418.40	g
PESO DEL AGREGADO SSS (g)	376.40	381.60	381.90	g
PESO DE LA TARA + AGREGADO SECO (g)	408.79	413.20	414.60	g
PESO DEL AGREGADO SECO (g)	372.39	376.80	378.10	g
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	3.77	3.80	3.82	%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	3.80			%

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos (DRTC-HVCA).

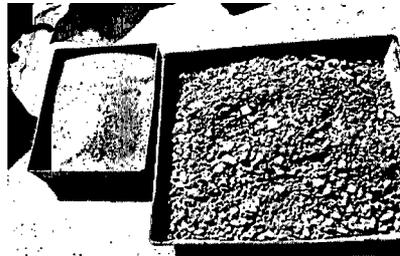
4.1.4.5 Etapas y Ensayos Para la Elaboración del Concreto

4.1.4.5.1 Preparación de Muestras de Pruebas

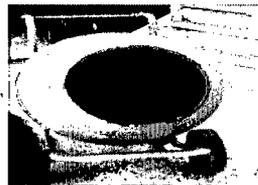
El primer paso a seguir es la extracción de los agregados, los que son tomados de las canteras, y que constituyen un proceso fundamental en la elaboración del concreto.

Las muestras de agregados que se obtienen de las canteras, son tomadas para verificar sus características tales como granulometrías, tamaño máximo, módulo de fineza, etc., a fin de que cumplan con los requisitos necesarios para la preparación de mezclas de concreto. Los agregados tanto fino como grueso, serán transportados desde las canteras en sacos tejidos, para evitar la pérdida de materiales finos, que conserven su humedad y no estén expuestos a contaminaciones y cambios de temperatura.

muestras de pruebas, se procedió a tomar una cantidad representativa mediante el método del cuarteo de cada material.



Posteriormente todos los materiales serán agregados en la mezcladora de concreto.

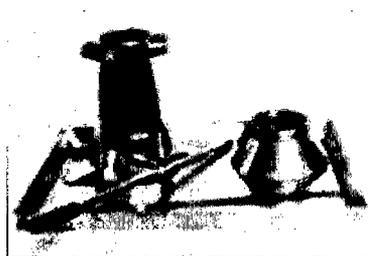


4.1.4.5.2 Ensayo de Slump Mediante el Cono de Abrams

El método tradicional para medir la trabajabilidad es el Slump o asentamiento con el cono de Abrams.

Equipos y Materiales

- Cono de Abrams, es un molde troncocónico, cuyo diámetro base mide 20 cm., su diámetro superior mide 10 cm. y su altura es de 30 cm., está provisto en sus lados de agarraderas.



- Varilla compactadora de 5/8" de diámetro con punta semiesférica.
- Una superficie plana no absorbente.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Se procede a llenar el molde con concreto, en número de tres capas.



- En la primera capa se llena el cono hasta un tercio de su volumen, y se aplican 25 golpes con la varilla para compactarlo, los golpes deben ser aplicados de manera uniforme sin que se llegue a impactar la base sobre la que está apoyado el cono.



- Luego se procede a llenar el cono con la mezcla de concreto hasta los dos tercios de su volumen, aplicándose nuevamente 25 golpes.
- Finalmente se llena el cono con el concreto restante hasta su superficie se le aplica 25 golpes.



- Se retira la mezcla sobrante de su superficie con una espátula de manera que quede enrasada y uniforme. Inmediatamente se procede a levantar el cono de manera vertical con un movimiento continuo y con mucho cuidado, se coloca el cono al lado de la mezcla, para medir el asentamiento, la toma de medida será entre la altura del molde y la cara superior central de la mezcla, nunca se debe medir en el punto más bajo o alto del cono de mezcla de concreto, se debe hacer siempre en el punto medio.

4.1.4.5.3 Elaboración de Probetas Cilíndricas de Concreto

Para la elaboración de las probetas de concreto sin fibra y con fibra, se utilizarán moldes cilíndricos llamados briquetas.



Se moldearán tres probetas por cada edad del concreto.

El procedimiento que se seguirá es el siguiente:

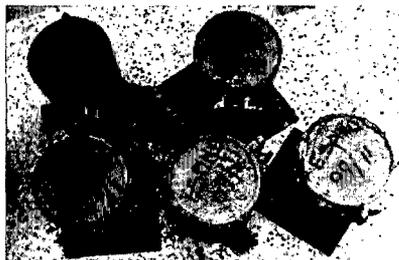
- Se limpian y se engrasan las briquetas con petróleo, con la ayuda de una brocha.
- Los moldes serán colocados sobre una superficie plana, para que no se produzcan vibraciones y segregaciones del material.
- Se vierte la mezcla en cada molde hasta un tercio de su volumen, luego se procede a compactar con una varilla, en un número de 25 golpes uniformemente distribuidos.
- Se vierte nuevamente la mezcla de concreto hasta los dos tercios del volumen del molde y nuevamente se le aplican 25 golpes de manera uniforme.
- Finalmente se vierte la mezcla restante hasta la superficie del molde y se aplican los 25 golpes, a esta última capa se le adicionará la mezcla hasta rebosar.



- Luego se retirará el material excedente y enrasamos hasta que la superficie muestre un buen acabado.



- Con la ayuda de un martillo se golpearán las paredes de las probetas para eliminar los vacíos que pudiesen existir en el interior de la mezcla.
- Dejaremos que la mezcla endurezca lo suficiente de manera que se puedan marcar para poder identificarlas en su cara superior con los datos correspondientes.



4.1.4.5.4 Curado de las Probetas Cilíndricas de Concreto

El curado puede ser definido como el mantenimiento de un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura adecuada en el concreto durante su etapa inicial, a fin de lograr que los espacios ocupados originalmente por el agua en la pasta fresca se llenen con los productos de hidratación del cemento, reduciendo así a un mínimo los poros capilares y permitiendo que se desarrollen las propiedades que se desea que el material alcance.

Siendo el proceso de curado un aspecto esencial en la producción de concretos que deben cumplir con determinadas propiedades, los requisitos a ser considerados para la realización de un curado adecuado son:

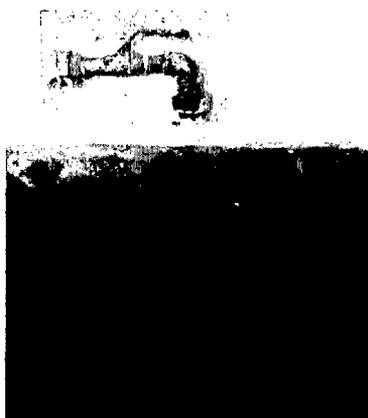
Mantenimiento en el concreto de un contenido de humedad adecuado. El método de curado elegido deberá evitar pérdidas de humedad del concreto durante el período seleccionado.

Protección del elemento contra cualquier tipo de alteración mecánica, durante el curado deben evitarse cargas o esfuerzos prematuros en el concreto.

Mantenimiento del curado durante el tiempo necesario para obtener la hidratación del cemento y el endurecimiento del concreto.

Para este caso, se desmoldarán las probetas elaboradas sin vidrio molido y con vidrio molido para cada tipo de cemento respectivamente, después de transcurrir 24 horas desde el

momento en que se llenaron con concreto, seguidamente se colocarán en la poza de curado, el agua que contendrá la poza deberá contener una solución de cal, cabe recalcar que el agua deberá ser potable y libre de impurezas, y no deberá estar expuesta a movimientos que pudieran afectar este proceso.



4.1.4.5.1 Ensayo de Resistencia A la Compresión

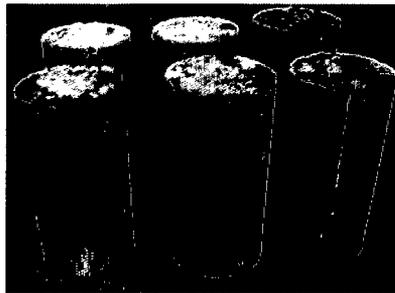
La resistencia es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento, pues depende fundamentalmente de esta concentración.

La resistencia en compresión del concreto es el parámetro que nos indica su calidad, hay que tener en cuenta que esta resistencia se verá influenciada si no se toman las medidas correctas del curado inicial, tamaño de probeta, esbeltez, condiciones de humedad, etc.

Para el presente ensayo se utilizará lo siguiente:

Equipos y Materiales

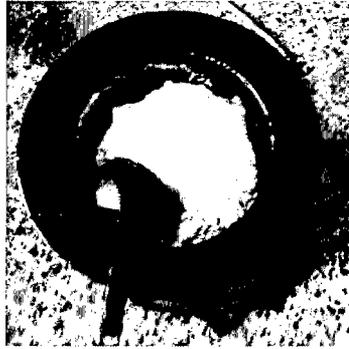
- Prensa hidráulica de lectura analógica
- Equipos y herramientas para la preparación del refrendado de las probetas cilíndricas, de acuerdo a la norma NTP 339.037.
- El procedimiento a seguir es el siguiente:
- Después de retirar las probetas de concreto de la poza de curado, se tomarán medidas de sus diámetros y alturas de cada probeta a ensayar.



- Seguidamente se hará el refrendado a cada testigo, para eliminar las imperfecciones en las caras de las probetas, solo así lograremos que la carga aplicada sea uniforme.



- Para la preparación del capping o refrendado se tendrá que calentar en una olla de presión, la proporción de 3:1 de azufre y bentonita, aproximadamente durante media hora.



- Una vez que esta mezcla presente una forma fluida y viscosa, la cogemos con un cucharón y la colocamos sobre el molde de capiado sobre el irá superpuesto el testigo durante un minuto que es el tiempo que necesita para endurecer, realizaremos esta operación en ambas caras del testigo de concreto.



- Luego se colocarán las probetas en forma centrada en la prensa de ensayo que comprime a una velocidad de carga de 0.14 a 0.34 Mpa/s, la cual se deberá mantener

constante durante la duración del ensayo, es decir hasta cuando se logre la ruptura de la probeta.



- Se tomará nota de la lectura, el tipo de rotura y cualquier otra observación que se haya notado durante este ensayo.



4.1.4.6 Diseños de Mezcla del Concreto Patrón y/o sin fibra de polipropileno, con cemento Andino Portland Tipo I

Se determinará, las proporciones de una mezcla de concreto, cuyas especificaciones de obras son:

- a) La resistencia en compresión de diseño especificada para el concreto es de 210 Kg/cm² a los 28 días.
- b) Las condiciones de colocación requieren una mezcla de consistencia plástica.

4.1.4.7 Diseños de Mezcla del Concreto Patrón y/o sin fibra de polipropileno, con cemento Andino Portland Tipo I

Se determinará, las proporciones de una mezcla de concreto, cuyas especificaciones de obras son:

- c) La resistencia en compresión de diseño especificada para el concreto es de 210 Kg/cm² a los 28 días.
- d) Las condiciones de colocación requieren una mezcla de consistencia plástica.
- e) No hay presencia de cloruros ni ataque por sulfatos.

4.1.4.7.1 Diseños de Mezcla para el Concreto F'c=210 kg/cm²

CONDICIONES GENERALES:

Cemento:

Marca : Portland

Tipo : I

Peso específico : 3.11 gr/cm³

Agua:

Agua potable de la red pública con Peso específico de 1000 Kg/m³

Características del concreto:

Resistencia especificada: 210 Kg/cm²

Asentamiento : 1" – 4"

Condiciones ambientales y de exposición:

Temperatura promedio ambiente : 20°C

Humedad relativa : 80%

Condiciones a la cual estará expuesta:

Normales

Agregados:

ASTM C125, C143		MTCB 108-2000	
AGREGADO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	
CANTERA	TUCSIPAMPA	TUCSIPAMPA	
PESO UNITARIO SUELTO SECO (Kg/cm ³)	1551.62	1651.98	
PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (Kg/cm ³)	1732.13	1683.33	
PESO ESPECIFICO	2510	2620	
CONTENIDO DE HUMEDAD	11.77	2.84	
% DE ABSORCION	6.3	3.8	
MODULO DE FINEZA	2.93	7.61	
TMN		3/4"	

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos (DRTC-HVCA).

Diseño de mezcla para 210 Kg/cm²:

A continuación se detallan los pasos a realizar para el diseño:

1) Determinación de la resistencia promedio f'_{cr} .

De acuerdo a la tabla del caso n°3 se obtendrá la resistencia promedio.

$f'c$ especificado	$F'cr$ (Kg/cm ²)
< 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
> 350	$f'c + 98$

Fuente: diseño de mezclas

Enrique Rivva Lopez.

CASO C) No se cuentan con datos estadísticos de ensayo

Utilizaremos la siguiente tabla para determinar $f'cr$

$$f'cr = f'c + 84 = 210 + 84 = 294$$

2) Selección del TMN del agregado grueso.

El TMN será = 3/4".

3) Selección del asentamiento TABLA 01.

Tabla 01: Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MÁXIMO	SLUMP MÍNIMO
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: diseño de mezclas

Enrique Rivva Lopez.

El asentamiento será de 1" a 4".

4) Seleccionar el contenido de aire atrapado TABLA 02.

Tabla 02: Contenido de aire atrapado

TNM 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

Fuente: diseño de mezclas

Enrique Rivva Lopez.

El contenido de aire atrapado será 2%.

5) Seleccionar el contenido de agua TABLA 03.

Tabla 03: Volumen de agua por m³

Asentamiento	Agua en lt/m ³ , para TNM agregados y consistencia indicadas							
	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	187	184	174	166	154	--

Fuente: diseño de mezclas

Enrique Rivva Lopez.

Agua por m³: 205 Lt

6) Selección de la relación agua/cemento sea por resistencia a compresión o por durabilidad. TABLAS 04 y 07.

Tabla 04: Relación agua/cemento por resistencia

f'c Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	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 07: Contenido de aire incorporado y total

TNM del agregado Grueso	Contenido de aire 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 1/4"	2.5	4.0	5.5
2"	2.0	3.5	5.0
3"	1.5	3.0	4.5
6"	1.0	2.5	4.0

Fuente: diseño de mezclas

Enrique Rivva Lopez.

De la tabla interpolando valores tenemos: para $f'_{cr} = 294$ (Kg/cm²)
 $a/c = 0.56$

7) Cálculo del contenido de cemento (5)/(6).

CALCULO DEL FACTOR CEMENTO:

$$\text{Cemento} = \text{agua} / (a/c) = 205 / (0.56) = 366.07 = 8.61 \text{ bl/m}^3$$

8) Seleccionar el peso del agregado grueso (TABLA 05) proporciona el valor de b/b_0 , donde b_0 y b son los pesos unitarios secos con y sin compactar respectivamente del agregado grueso).

Tabla 05: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

TNM del agregado Grueso	Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos Módulos de fineza del fino (b/bo)			
	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

Fuente: diseño de mezclas

Enrique Rivva Lopez.

De la tabla interpolando valores tenemos:

$$b/bo = 0.608$$

como P.U.C. del agregado grueso = 1683.33 Kg/m³

$$\text{Peso Seco Agregado Grueso} = 0.608 * 1683.33 = 1023.46 \text{ Kg}$$

9) Calcular la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar el agregado fino.

MATERIAL	PESO (Kg)	P.E.	VOL. ABSOL.
Cemento	366.07	3110	0.118
Agua	205	1000	0.205
Aire	0.02		0.020
Ag. Grueso	1023.46	2620.00	0.391
TOTAL			0.734

10) Cálculo del volumen del agregado fino.

$$\text{Volumen del agregado fino} = 1 - 0.734 = 0,266$$

$$\text{Peso Seco Agregado Fino} = 0,266 * 2510 = 670.66 \text{ Kg}$$

RESUMEN EN PESO SECO

MATERIALES	PESO SECO	UND
Cemento	366.070	kg
Agua	205.00	lt
Ag. Grueso	1023.46	kg
Ag. Fino	670.66	kg
Aire	2.00%	%

RESUMEN EN VOLUMEN SECO

MATERIALES	VOLUMEN	UND
Cemento	0.118	m ³
Agua	0.205	m ³
Ag. Grueso	0.391	m ³
Ag. Fino	0.266	m ³
Aire	0.02	m ³

11) Correccion Por Humedad De Los Agregados

$$\text{Peso Humedo A. F.} = \text{Peso seco A. F.} \left(1 + \% \text{ C.H.} \frac{\text{AF}}{100} \right) = 670.17 \left(1 + \frac{11.77}{100} \right) = 749.05 \text{Kg}$$

$$\text{Peso Humed A. G.} = \text{Peso seco A. G.} \left(1 + \% \text{ C.H.} \frac{\text{AG}}{100} \right) = 1023.46 \left(1 + \frac{2.84}{100} \right) = 1052.53 \text{ Kg}$$

12) Calculo Del Aporte De Agua De Los Agregados

$$\text{Aporte Agua A. F.} = \text{Peso seco A. F.} \frac{\% \text{C.H.} - \% \text{Abs}}{100} = \frac{670.17(11.77 - 6.3)}{100} = 36.66 \text{ lt}$$

$$\text{Aporte Agua A. G.} = \text{Peso seco A. G.} \frac{\% \text{C.H.} - \% \text{Abs}}{100} = \frac{1023.46(2.84 - 3.80)}{100} = -35.41 \text{ lt}$$

Aporte de humedad de los agregados será:

$$\text{Aporte Humedad} = \text{Aporte agua A. G.} + \text{Aporte agua A. F.}$$

$$\text{Aporte Humedad} = 36.66 \text{ lt} + (-35.41) = 1.35 \text{ lt}$$

13) Calculo del agua efectiva:

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Agua Diseño} - \text{Aporte Humedad}$$

$$\text{Agua Efectiva} = 205 \text{ lt} - 1.35 \text{ lt} = 203.65 \text{ lt}$$

14) Presentación del peso en obra de los materiales.

TABLA DE RESUMEN

PESOS EN OBRA DE MATERIALES POR M3

MATERIALES	PESOS HUMEDOS	UNIDAD
Cemento	366.07	Kg
Agua	203.65	LT
Ag. Grueso	1052.53	Kg
Ag. Fino	749.05	Kg
Aire	0.02	%
TOTAL	2371.30	Kg

TABLA DE RESUMEN

VOLUMEN EN OBRA DE MATERIALES POR M3

MATERIALES	VOLUMEN	UND
Cemento	0.118	m3
Agua	0.204	lt
Ag. Grueso	0.402	m3
Ag. Fino	0.298	m3
Aire	0.02	m3

15) Resumen en Proporción

DOSIFICACION EN SEGO				
DOSIFICACION EN PESO	C	AG	AF	AGUA D.
	1.00	2.80	1.83	0.56
DOSIFICACION EN VOLUMEN	C	AG	AF	AGUA D.
	1.00	3.31	2.25	1.74
DOSIFICACION EN OBRA				
DOSIFICACION EN PESO	C	AG	AF	AGUA D.
	1.00	2.88	2.05	0.56
DOSIFICACION EN VOLUMEN	C	AG	AF	AGUA D.
	1.00	2.41	2.53	1.74

16) Resultados de los ensayos de Consistencia del concreto

Resultados de los ensayos de consistencia para el concreto sin fibra.

DOSIFICACION PARA 0.00556M3 EN PESO SECO		
C	2.09	kg
AG	5.85	kg
AF	3.45	kg
AGUA D.	1.17	lts

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4.7.2 Diseños de Mezcla del Concreto con 5% de fibra de polipropileno con cemento Andino Portland Tipo I

El diseño de mezcla se realizó, con los mismos pasos que se realizó para el concreto sin fibra y/o patrón, teniendo la única diferencia en la adición del 5% de fibra de polipropileno (sikafiber), en el agregado fino, las proporciones en peso seco y volumen se presentan a continuación.

A. Presentación del peso seco de los materiales con 5% de fibra de polipropileno.

A.1.- Presentación en peso y volumen seco de los materiales

➤ Resumen en Peso Seco

MATERIALES	PESO SECO	UND
Cemento	366.070	kg
Agua	205.00	lt
Ag. Grueso	1023.46	kg
Ag. Fino	637.13	kg
Aire	2.00%	%
Fibra de Poliprop.	33.53	kg

➤ Resumen en volumen

MATERIALES	VOLUMEN	UND
Cemento	0.118	m3
Agua	0.205	lt
Ag. Grueso	0.391	m3
Ag. Fino	0.253	m3
Aire	0.02	m3
Fibra de Poliprop.	0.035	m3

A.2.-Presentación del peso y volumen en obra de los materiales.

➤ Peso en obra de los materiales

MATERIALES	PESO SECO	UND
Cemento	366.070	kg
Agua	203.650	lt
Ag. Grueso	1052.53	kg
Ag. Fino	711.60	kg
Aire	2.00%	%
Fibra de Poliprop.	37.450	kg

➤ Volumen en obra de los materiales

MATERIALES	VOLUMEN	UND
Cemento	0.118	m3
Agua	0.204	m3
Ag. Grueso	0.402	m3
Ag. Fino	0.284	m3
Aire	0.02	m3
Fibra de Poliprop.	0.039	m3

➤ **Resumen en Proporción**

DOSIFICACION EN SECO					
DOSIFICACION EN PESO	C	AG	AF	AGUA D.	F.Poliprop.
	1	2.8	1.74	0.56	0.092
DOSIFICACION EN VOLUMEN	C	AG	AF	AGUA D.	F.Poliprop.
	1	3.31	2.14	1.74	0.3
DOSIFICACION EN OBRA					
DOSIFICACION EN PESO	C	AG	AF	AGUA D.	F.Poliprop.
	1	2.88	1.94	0.56	0.1
DOSIFICACION EN VOLUMEN	C	AG	AF	AGUA D.	F.Poliprop.
	1	3.41	2.41	1.73	0.33

➤ **Resultados de los ensayos de Consistencia del concreto**

Resultados de los ensayos de consistencia para el concreto con fibra al 5% . .

DOSIFICACION PARA 0.00556M3 EN PESO SECO	
C	1.99 kg
AG	5.57 kg
AF	3.46 kg
AGUA D.	1.11 lts
F.Poliprop.	0.18 kg

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4.7.3 Diseños de Mezcla del Concreto con 10% de fibra de polipileno con cemento Andino Portland Tipo I

El diseño de mezcla se realizó, con los mismos pasos que se realizó para el concreto sin fibra y/o patrón, teniendo la única diferencia en la adición del 10% de fibra de polipropileno (sikafiber), en el agregado fino, las proporcione en peso seco y volumen se presentan a continuación.

A. Presentación del peso seco de los materiales con 10% de fibra de polipropileno.

A.1.- Presentación en peso y volumen seco de los materiales

➤ **Resumen en Peso Seco**

MATERIALES	PESO SECO	UND
Cemento	366.070	kg
Agua	205.00	lt
Ag. Grueso	1023.46	kg
Ag. Fino	603.59	kg
Aire	2.00%	%
Fibra de Poliprop.	67.07	kg

➤ Resumen en volumen

MATERIALES	VOLUMEN	UND
Cemento	0.118	m3
Agua	0.205	lt
Ag. Grueso	0.391	m3
Ag. Fino	0.240	m3
Aire	0.02	m3
Fibra de Poliprop.	0.071	m3

A.2.-Presentación del peso y volumen en obra de los materiales.

➤ Peso en obra de los materiales

MATERIALES	PESO SECO	UND
Cemento	366.070	kg
Agua	203.65	lt
Ag. Grueso	1052.53	kg
Ag. Fino	674.14	kg
Aire	2.00%	%
Fibra de Poliprop.	74.91	kg

➤ Resumen en volumen

MATERIALES	VOLUMEN	UND
Cemento	0.118	m3
Agua	0.204	lt
Ag. Grueso	0.402	m3
Ag. Fino	0.269	m3
Aire	0.02	m3
Fibra de Poliprop.	0.079	m3

➤ Resumen en Proporción

DOSIFICACION EN SECO					
DOSIFICACION EN PESO	C	AG	AF	AGUA D.	F.Poliprop.
	1	2.8	1.65	0.56	0.18
DOSIFICACION EN VOLUMEN	C	AG	AF	AGUA D.	F.Poliprop.
	1	3.31	2.03	1.74	0.6
DOSIFICACION EN OBRA					
DOSIFICACION EN PESO	C	AG	AF	AGUA D.	F.Poliprop.
	1	2.88	1.84	0.56	0.2
DOSIFICACION EN VOLUMEN	C	AG	AF	AGUA D.	F.Poliprop.
	1	3.41	2.28	1.73	0.67

➤ Resultados de los ensayos de Consistencia del concreto

Resultados de los ensayos de consistencia para el concreto con fibra al 10%.

DOSIFICACION PARA 0.00556M3 EN PESO SECO		
C	1.95	kg
AG	5.45	kg
AF	3.21	kg
AGUA D.	1.09	lts
F.Poliprop.	0.35	kg

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4.7.4 Diseños de Mezcla del Concreto con 15% de fibra de polipropileno con cemento Andino Portland Tipo I

El diseño de mezcla se realizó, con los mismos pasos que se realizó para el concreto sin fibra y/o patrón, teniendo la única diferencia en

la adición del 15% de fibra de polipropileno (sikafiber), en el agregado fino, las proporciones en peso seco y volumen se presentan a continuación.

A. Presentación del peso seco de los materiales con 15% de fibra de polipropileno.

A.1.- Presentación en peso y volumen seco de los materiales

➤ Resumen en Peso Seco

MATERIALES	PESO SECO	UND
Cemento	366.070	kg
Agua	205.00	lt
Ag. Gueso	1023.46	kg
Ag. Fino	570.06	kg
Aire	2.00%	%
Fibra de Poliprop.	100.60	kg

➤ Resumen en volumen

MATERIALES	VOLUMEN	UND
Cemento	0.118	m3
Agua	0.205	lt
Ag. Gueso	0.391	m3
Ag. Fino	0.227	m3
Aire	0.02	m3
Fibra de Poliprop.	0.104	m3

A.2.-Presentación del peso y volumen en obra de los materiales.

➤ **Peso en obra de los materiales**

MATERIALES	PESO SECO	UND
Cemento	366.070	kg
Agua	203.65	lt
Ag. Grueso	1052.53	kg
Ag. Fino	636.69	kg
Aire	2.00%	%
Fibra de Poliprop.	112.36	kg

➤ **Resumen en volumen**

MATERIALES	VOLUMEN	UND
Cemento	0.118	m3
Agua	0.204	lt
Ag. Grueso	0.401	m3
Ag. Fino	0.253	m3
Aire	0.02	m3
Fibra de Poliprop.	0.118	m3

➤ **Resumen en Proporción**

DOSIFICACION EN SECO					
DOSIFICACION EN PESO	C	AG	AF	AGUA D.	F.Poliprop.
	1	2.8	1.56	0.56	0.28
DOSIFICACION EN VOLUMEN	C	AG	AF	AGUA D.	F.Poliprop.
	1	3.31	1.92	1.74	0.88
DOSIFICACION EN OBRA					
DOSIFICACION EN PESO	C	AG	AF	AGUA D.	F.Poliprop.
	1	2.88	1.74	0.56	0.31
DOSIFICACION EN VOLUMEN	C	AG	AF	AGUA D.	F.Poliprop.
	1	3.41	2.14	1.73	1

➤ **Resultados de los ensayos de Consistencia del concreto**

Resultados de los ensayos de consistencia para el concreto con fibra al 15%.

DOSIFICACION PARA 0.00556M3 EN PESO SECO		
C	1.90	kg
AG	5.32	kg
AF	2.97	kg
AGUA D.	1.06	lts
F.Poliprop.	0.53	kg

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5. Resultados de la prueba

4.1.5.1 Concreto fresco (asentamiento)

Una vez concluido el proceso de elaboración de cada mezcla se realizó la medida del asentamiento, para posteriormente obtener las características físicas de cada una de las mezclas.

El ensayo se efectuó conforme a lo señalado en la norma ASTM C-143. El concreto sin fibra y/o patrón cumplió con el requisito de tener un tamaño máximo del agregado. Su trabajabilidad fue de 6cm por lo que está dentro de los límites establecidos para la aplicabilidad del método, esto es entre 1" y 4".

Al realizar los ensayos se observaron mínimas inclinaciones y aun cuando hubo una pequeña disgregación del cono de concreto, existió una cohesión media y buena plasticidad en la muestra patrón.

Sin embargo en las mezclas a las cuales se le adicionaron las fibras de polipropileno se detectó una mayor cohesión en relación con la muestra patrón lo cual se observó al llenar el cono ya que se reduce de manera significativa el asentamiento del concreto. Se observó la medida del asentamiento del cono para la mezcla de CF1, la cual

fue de 4cm, es decir hubo una reducción de 2cm en relación con la mezcla patrón.

Conforme al porcentaje de fibras se incrementa en la mezcla la trabajabilidad de la misma se reduce, esto se aprecia en la mezcla CF2, donde la trabajabilidad fue de 3cm. De igual manera para la mezcla CF3, continua la reducción en la trabajabilidad donde el asentamiento fue de 2.5 cm, finalmente estos datos se agruparon en la tabla.

Por lo tanto al disminuir la trabajabilidad en un momento dado, puede recomendarse el empleo de aditivos fluidizante. Sin embargo cabe destacar que pese a esta recomendación los ensayos realizados en todos los tipos de mezclas no incluyen la adición de ningún tipo de aditivo por lo cual el adicionar otro elemento más a la mezcla de concreto con fibras quedo fuera de los alcances de este estudio

TIPO DE MEZCLA	% DE FIBRAS EN LA MEZCLA	ASENTAMIENTO DEL CONO EN cm.
CP - 210	0.00	6.00
CF1	5.00	4.00
CF2	10.00	3.00
CF3	15.00	2.50

4.1.5.1 Concreto endurecido (ensayo a compresión simple)

A continuación se muestra el cuadro resumen de las resistencias promedios obtenidas del diseño de mezcla del concreto sin fibra de polipropileno para el concreto con cemento Andino Portland tipo I.

➤ **Ensayo a los 7 Días**

N°	Nombre de espécimen	Fecha de Nac.	Fecha de Ensayo	Diámetro (cm.)	Edad (días)	Carga Máxima (Kg)	F'c (Kg/cm ²)	% de fibra adicionado
1	CP	26/05/15	03/06/15	15.00	7	21,215.65	109.76	0.0
2	CF1	26/05/15	03/06/15	15.00	7	24,865.53	129.14	5
3	CF2	26/05/15	03/06/15	15.00	7	23,285.85	119.01	10
4	CF3	26/05/15	03/06/1	15.00	7	17,629.56	99.71	15

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos (DRTC-HVCA).

➤ **Ensayo a los 14 Días**

N°	Nombre de espécimen	Fecha de Nac.	Fecha de Ensayo	Diámetro (cm.)	Edad (días)	Carga Máxima (Kg)	F'c (Kg/cm ²)	% de fibra adicionado
1	CP	26/05/15	10/06/15	15.00	14	27,207.54	143.56	0.0
2	CF1	26/05/15	10/06/15	15.00	14	27,426.67	152.82	5
3	CF2	26/05/15	10/06/15	15.00	14	28,559.76	157.15	10
4	CF3	26/05/15	10/06/1	15.00	14	23,256.45	118.71	15

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos (DRTC-HVCA).

➤ **Ensayo a los 28 Días**

N°	Nombre de espécimen	Fecha de Nac.	Fecha de Ensayo	Diámetro (cm.)	Edad (días)	Carga Máxima (Kg)	F'c (Kg/cm2)	% de fibra adicionado
1	CP	26/05/15	24/06/15	15.00	28	38,994.54	216.67	0.0
2	CF1	26/05/15	24/06/15	15.00	28	42,465.56	231.15	5
3	CF2	26/05/15	24/06/15	15.00	28	43,906.85	245.67	10
4	CF3	26/05/15	24/06/1	15.00	28	32,678.24	184.83	15

Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos (DRTC-HVCA).

4.1.5.2 Análisis Comparativo Referente a la Resistencia a la Compresión del Concreto en probetas cilíndricas

A continuación se compararán y analizarán los resultados obtenidos de los ensayos y las relaciones que guardan entre ellos. Como se sabe en el presente estudio se ha empleado el cemento Andino Portland Tipo I, en la fibra de polipropileno en porcentajes desde 0% hasta un 15% del agregado fino y los agregados que provienen de la cantera de Tucspampa.

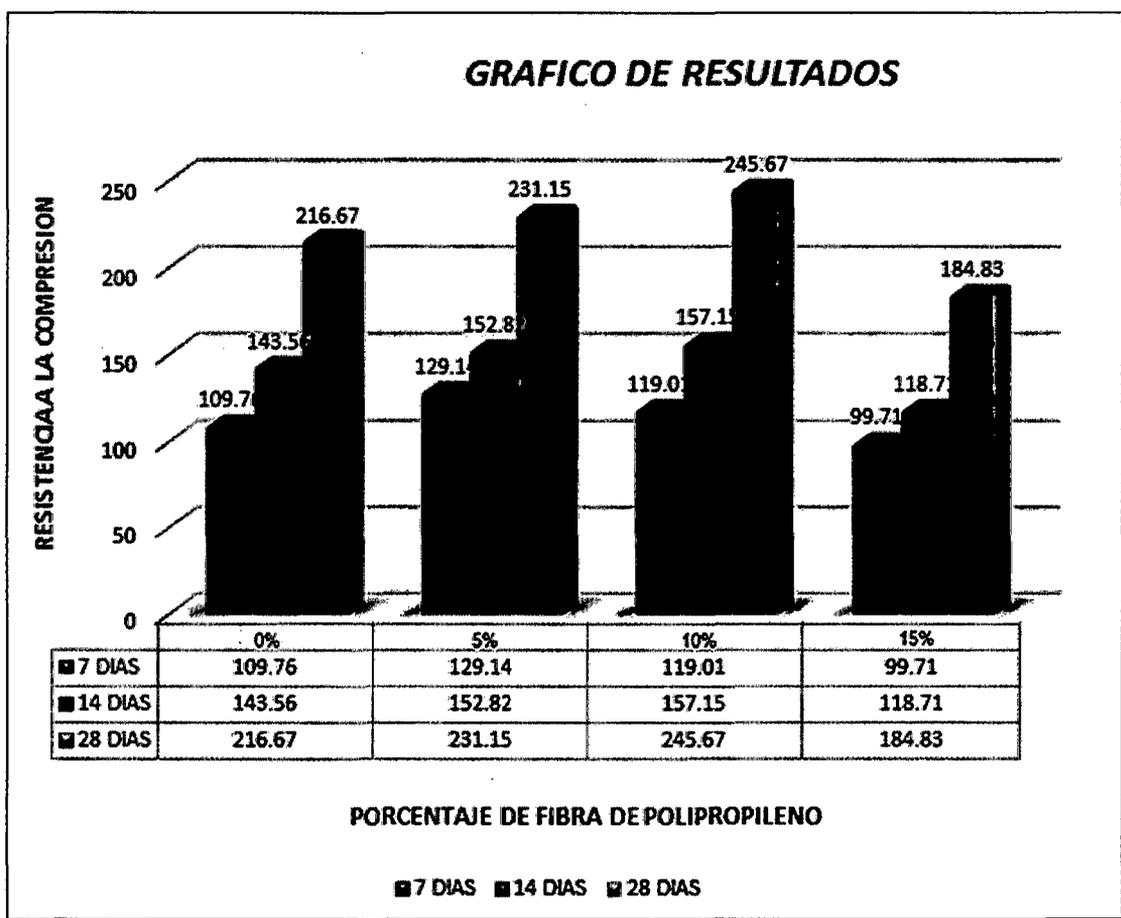
La práctica y las investigaciones que se hicieron a lo largo de este estudio nos permitirán analizar los resultados y ver en qué medida se benefician las propiedades de consistencia y de resistencia del concreto con la incorporación del vidrio molido, puesto que es el fin de este tema de investigación.

A continuación se muestran los cuadros y el gráfico que representan el estudio de los resultados de los ensayos de resistencia practicados al concreto con y sin fibra de polipropileno, a las edades de 7, 14 y 28 días.

Resumen de Ensayos de Resistencia a la Compresión del Concreto

Característica del Diseño	fibra (%)	Reducción Agregado fino (%)	Relación a/c Efectiva	Prom. Resistencia Compr. (Kg/cm ²) (días)		
				7	14	28
Concreto patron	0	0	0.56	109.76	143.56	216.67
Con fibra PP	0.05	0.05	0.56	129.14	152.82	231.15
Con fibra PP	0.10	0.10	0.56	119.01	157.15	245.67
Con fibra PP	0.15	0.15	0.56	99.71	118.71	184.83

Resistencias a la compresión del concreto normal y del concreto con fibra de polipropileno



4.1.5.3 Estudio de costos

Se realizará un análisis comparativo y se analizarán los costos del concreto sin fibra y el concreto con fibra, con el empleo del cemento portland Tipo I, en los porcentajes desde 5% hasta un 15% del volumen del agregado fino.

Concreto sin fibra o concreto patrón

Materiales	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Parcial	Total
Cemento Andino Tipo I	Bls.	8.61	24.00	206.64	
Agua	m3	0.205	8.00	1.64	
Arena fina	m3	0.266	85	22.61	
Arena gruesa	m3	0.391	70	27.37	
Costo Total por m3	m3				

Concreto con 5% de fibra de Polipropileno

Materiales	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Parcial	Total
Cemento Andino Tipo I	Bls.	8.61	24.00	206.64	
	m3	0.205	8.00	1.64	
Agua	m3	0.253	85	21.51	
Arena fina	m3	0.391	70	27.37	
Arena gruesa	m3	0.391	70	27.37	
Fibra de PP	m3	0.035	15	0.53	
Costo Total por m3	m3				S/.257.69

Concreto con 10% de fibra de polipropileno

Materiales	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Parcial	Total
Cemento Andino Tipo I	Bls.	8.61	24.00	206.64	
Agua	m3	0.205	8.00	1.64	
Arena Fina	m3	0.240	85.000	20.40	
Arena gruesa	m3	0.391	70.000	27.37	
Fibra de PP	m3	0.071	15.00	1.07	
Costo Total por m3	m3				

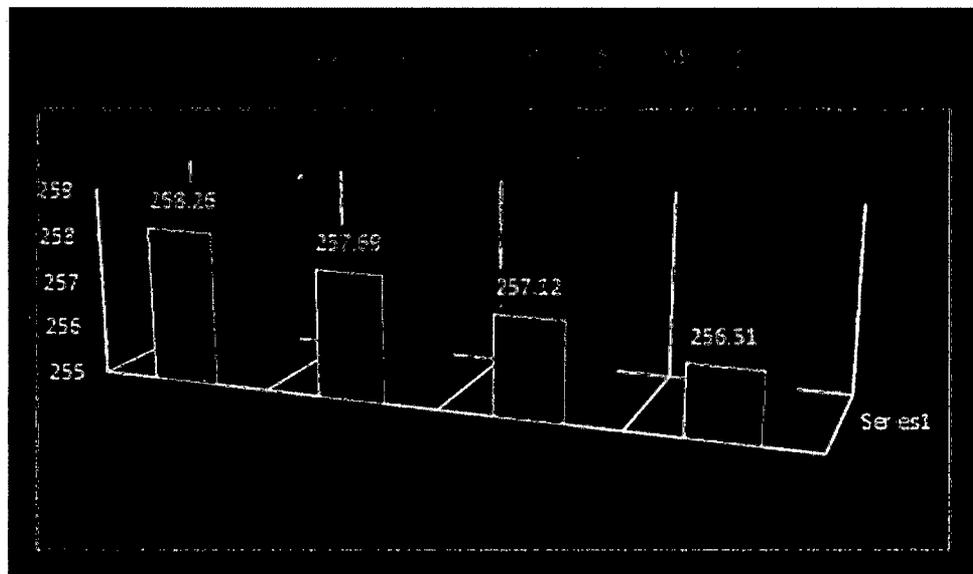
Concreto con 15% de Fibra de polipropileno

Materiales	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Parcial	Total
Cemento Andino Tipo I	Bls.	8.61	24.00	206.64	
	m3	0.205	8.00	1.64	
Agua	m3	0.227	85.000	19.30	
Arena fina	m3	0.391	70.000	27.37	
Arena gruesa	m3	0.104	15.00	1.56	
Fibra de PP	m3				
Costo Total por m3	m3				S/.256.51

4.1.5.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DEL CONCRETO CON Y SIN FIBRA DE POLIPROPILENO

A continuación se muestra el cuadro resumen de los costos del metro cúbico de cada tipo de concreto:

Diseños de mezcla	Costo (m3)	Diseños de mezcla	Costo (m3)
Concreto Patron	S/.258.26	Con 10% de fibra de PP	S/.257.12
Con 5% de fibra de PP	S/.257.69	Con 15% de fibra de PP	S/.256.51



De los costos evaluados podemos indicar que la diferencia entre los costos por m³ de concreto preparado sin fibra y con fibra es de 0.68% con respecto al concreto normal, esto no es muy significativo para las ventajas de incremento de resistencia y trabajabilidad que nos da la fibra de polipropileno

4.2 Discusión

El presente estudio tuvo por finalidad evaluar las influencias del polipropileno provenientes de plásticos reciclados en la consistencia y en la resistencia a la compresión del concreto.

Tuvo gran importancia evaluar la consistencia que alcanzó el concreto, así como el tiempo que perduró el efecto de la fibra de polipropileno sobre la mezcla, ya que es justamente una característica que se obtiene al usar la fibra y es lo que se deseaba demostrar.

En tal sentido se realizará un análisis evaluativo y comparativo a las edades de 7, 14 y 28 días en el concreto sin fibra y en el concreto con fibra de polipropileno.

Característica del Diseño	Fibra (%)	Reducción Agregado fino (%)	Relación a/c Efectiva	Prom. Resistencia Compr. (Kg/cm ²) (días)		
				7	14	28
Concreto patron	0	0	0.56	109.76	143.56	216.67
Con fibra PP	0.05	0.05	0.56	129.14	152.82	231.15
Con fibra PP	0.10	0.10	0.56	119.01	157.15	245.67
Con fibra PP	0.15	0.15	0.56	99.71	118.71	184.83

De los resultados que se pueden apreciar debo indicar que el concreto elaborado con el 10 % de fibra de polipropileno tiene un mejor comportamiento por cuanto se nota un incremento en la resistencia a la compresión diferenciado en los concretos preparados con dicha fibra de polipropileno para el diseño respecto al concreto normal.

4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS

El proceso que permite realizar el contraste de hipótesis requiere ciertos procedimientos. Se ha podido verificar los planteamientos de diversos autores y cada uno de ellos con sus respectivas características y peculiaridades, motivo por el cual era necesario decidir por uno de ellos para ser aplicado en la investigación.

a) Planteamiento de Hipótesis:

Hipótesis Alterna:

- ✓ La incorporación de fibras de polipropileno influye en la resistencia a la compresión en concretos de $F'c=210$ kg/cm² para diferentes tipos de construcción en el Distrito de Lircay.

Hipótesis Nula:

- ✓ La incorporación de fibras de polipropileno no influye en la resistencia a la compresión en concretos de $F'c=210$ kg/cm² para diferentes tipos de construcción en el Distrito de Lircay.

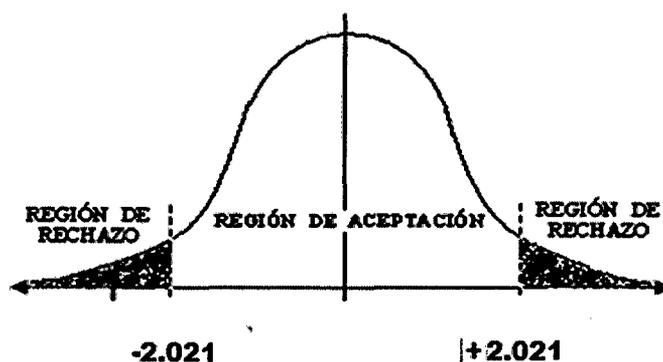
b) Nivel de significancia o riesgo:

$$\alpha=0,05.$$

$$gl = 34$$

Buscando a 5% de significancia y 34 grados de libertad en la prueba t de Student se tiene que los puntos críticos o "t" teórica es igual a 2,021; por lo tanto:

Valor crítico = 2,021



Aceptar H_0 si $-2.021 < t_c < 2.021$

Rechazar H_0 si $-2.021 \leq t_c \leq 2.021$

c) Cálculo del estadístico de prueba:

El estadígrafo de Prueba más apropiado para este caso es la Prueba t, ya que el tamaño de la muestra es menor que 30 ($n < 30$) y como en la hipótesis alterna (H_1) existe dos posibilidades ($H_1 : \mu_1 > \mu_2$ ó $\mu_1 < \mu_2$) se aplicó la prueba bilateral, o sea a dos colas.

Como el diseño es experimental, se tomó dos tipos de muestra, antes de la investigación (pre test) y después de la investigación (post test);

$$t_c = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} = \frac{274,99 - 337,41}{\sqrt{\frac{(52,12)^2}{36} + \frac{(43,51)^2}{36}}} = -5,516$$

d) Decisión Estadística:

Puesto que t calculada es mayor que la t teórica; es decir en el primer caso ($-5,516 > 2,021$), en consecuencia se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1).

e) Conclusión Estadística:

Se ha demostrado con un nivel de significancia del 5% y la prueba t de Student que el empleo de la fibra de polipropileno ha influido favorablemente y significativamente en la resistencia del concreto de $f_c=210$ kg/cm².

CONCLUSIONES

- A comparación entre los resultados obtenidos en los Ensayos de resistencia a compresión de las Muestras con Fibra de polipropileno y las Muestras sin Fibra de polipropileno, arrojan como resultado que las Muestras con Fibra de polipropileno incide en una ganancia del 13.94% en la resistencia a compresión.
- La dosificación más apta y para llegar a la resistencia más alta es adicionando el 10% de fibra de polipropileno
- En los costos evaluados podemos indicar que la diferencia entre los costos por m³ de concreto preparado sin fibra y con fibra es de 068% con respecto al concreto normal, esto no es muy significativo para las ventajas de incremento de resistencia y trabajabilidad que nos da la fibra.
- De acuerdo a los especímenes, ensayados en el laboratorio, se pudo observar que las mezclas, fibra reforzadas, al someterlas a cargas externas, las fibras ayudaron a controlar las fisuras y grietas.
- En general el enfoque de la investigación, fue calcular el comportamiento, del concreto con fibras de PP y su aplicación a estructuras de tipo portuario, aprovechando así los plásticos reciclados.
- Finalmente las conclusiones se dividieron, en dos partes importantes, el primero corresponde al comportamiento de las fibras de PP, dentro de las mezclas de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$, en estado fresco y en estado endurecido.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la dosificación agregando el 10% de fibra de polipropileno ya que este concreto fibroreforzado llegara a una resistencia más alta.
- Al agregar pequeñas cantidades de fibras, el concreto se enriquece con el incremento de algunas propiedades. Quien opte por este tipo de refuerzo del material debe saber, que si bien los procedimientos de producción y construcción no difieren mucho de lo acostumbrado, ay que tomar ciertos recaudos, durante los procesos de mezclado, colocación y acabado para obtener los resultados óptimos
- Se recomienda que las fibras de PP se empaquen de manera suelta, en bolsas degradables, que pueden agregarse a la mezcla en la planta de dosificación o echarse al camión mezclador en lugar de la obra.
- Se recomienda hacer la agitación apropiada, para asegurar la separación de las fibras, eliminando virtualmente la formación de bolsas de fibras en el concreto.
- En las plantas de premezclado las fibras PP pueden precargarse en los camiones de concreto antes de agregar los otros materiales de la mezcla.
- El mezclado de las fibras de PP requiere mucho cuidado para evitar el desarrollo de bolas de fibras en el concreto fresco. No agregue fibras a la mezcladora mas rápidamente que esta pueda jalarlas hacia el tambor mezclador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Investigador de la Universidad de San Carlos de Guatemala MORATAYA CORDOVA, Carlos Eduardo (2005) la investigación titulada "Concreto de Alta Resistencia (Experimentación en Guatemala)".
- (2) El investigador de la Universidad Ricardo Palma MAGNO QUIJANO, Yesica E. (2009) la investigación titulada "Los Aditivos de Última Generación, En la Elaboración de Concretos Autocompactados"
- (3) El investigador de la UNI, FIGMM VILCA ARANDA, Patricia A (2009) la investigación titulada "Obtención del Concreto de Alta Resistencia"
- (4) Según el ACI "En la década de los 70, el ACI revisa la recomendación ACI 613-54 y la reemplaza por la recomendación ACI 211-71, la cual experimenta diversas modificaciones hasta 1911 en que se publica la recomendación ACI 211.1-91.
- (5) LORENA DEL CARMEN SANTOS CORTES (2006) "Contribucion de fibras PP provenientes de plástico reciclado en agrietamiento y resistencia del concreto en pavimentos portuarios de veracruz" Tesis de grado para obtener el título de Maestro en Ingeniería, opción Estructuras en la Universidad Veracruzana.
- (6) BELTRÁN L., "Hormigón reforzado con fibras de polipropileno", Tesis de Grado de la Escuela Politécnica Nacional, pp. 6, 12, 14, 39, 62, Quito, (1986).
- (7) Según Flavio Abanto Castillo (2000)
- (8) Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto del Ing. Enrique Pasquel Carbajal.
- (9) Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009
- (10) NTP 339.185 (2012): "Contenido de humedad total del agregado por seco. Método de ensayo para (ASTM C 566).
- (11) NTP 400.012 (2001): "Análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso. Método de ensayo para (ASTM C 136).
- (12) Norma ASTM D695 ensayos de resistencia a compresión.
- (13) Reglamento Nacional de Edificaciones. Edición 2012.
- (14) Página Web. (www.google.com.pe)

ANEXOS

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE EN PROBETAS
ESTANDAR DE CONCRETO (ASTM C-39)**

PETICIONARIO : Bach. VILLANUEVA CAMPOS, Edison Odón y Bach. YARANGA HUATARONGO, Huber
DISTRITO : LIRCAY DEPARTAMENTO : HUANCAVELICA
PROVINCIA : ANGARAES DISEÑO : 210 KG/CM2
FECHA DE EMISION : 22/07/15

N°	Nombre de espécimen	Fecha de Nac.	Fecha de Ensayo	Diámetro (cm.)	Edad (días)	Carga Máxima (Kg)	Fc (Kg/cm2)	% de fibra adicionado
1	CP	26/05/15	02/06/15	15.00	7	21,215.65	109.76	0.0
2	CF1	26/05/15	02/06/15	15.00	7	24,865.53	129.14	5
3	CF2	26/05/15	02/06/15	15.00	7	23,285.85	119.01	10
4	CF3	26/05/15	02/06/15	15.00	7	17,629.56	99.71	15
5	CP	26/05/15	09/06/15	15.00	14	27,207.54	143.56	0.0
6	CF1	26/05/15	09/06/15	15.00	14	27,426.67	152.82	5
7	CF2	26/05/15	09/06/15	15.00	14	28,559.76	157.15	10
8	CF3	26/05/15	09/06/15	15.00	14	23,256.45	118.71	15
9	CP	26/05/15	22/06/15	15.00	28	38,994.54	216.67	0.0
10	CF1	26/05/15	22/06/15	15.00	28	42,465.56	231.15	5
11	CF2	26/05/15	22/06/15	15.00	28	43,906.85	245.67	10
12	CF3	26/05/15	22/06/15	15.00	28	32,678.24	184.83	15

MAQUINA: Prensa Hidráulica Manual VIVISA, Dial ELE, CT-728D, SN° 2014, con Capacidad de 250000 lb.

ENSAYO : Compresión de probetas de concreto de estructuras, los testigos de concreto fueron curados, muestreados y proporcionados por el solicitante.

GOBIERNO REGIONAL DE HUANCAVELICA
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y
COMUNICACIONES - HVCA.

PTCC. Martín T. Pari Jurado
(e) LABORATORIO DE MECANICA Y
SUELOS Y PAVIMENTOS

GOBIERNO REGIONAL DE HUANCAVELICA
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y
COMUNICACIONES HUANCAVELICA

Ing. Cesar E. Gonzales Antezana
DIRECTOR DE CAMINOS