

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“OBTENCIÓN DEL MEJOR MÉTODO PARA ELABORAR EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO, AL COMPARAR LOS MÉTODOS ACI FÜLLER, WALKER Y MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS, PARA UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

**$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  (A LOS 28 DÍAS)”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**AUTORA:**

**KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES**

**ASESOR:**

**Ing. JOSÉ LÁZARO LEZAMA LEIVA**

**CAJAMARCA - PERU**

**2013**

## **DEDICATORIA**

### **Con todo mi amor y cariño:**

A mi padre, Willian, y a mi madre, Aurea, por ser mi motivación, por guiarme en todo momento, principalmente en momentos sin calma, por brindarme su confianza, por ser como son; unos excelentes seres llenos de amor y humildad, porque me ayudan a encontrar respuestas con su paciencia y comprensión, enseñándome que la vida es un continuo aprender y porque siempre me apoyarán incondicionalmente.

A mi hermano Guillermo, quien me apoya y me enseña a tener fortaleza y poder superar dificultades.

**Kelly**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de Cajamarca, porque dentro de ésta se me inculcó el valioso aprendizaje para poder llegar a ser profesional.

A mi asesor por su apoyo brindado en la presente tesis.

A los miembros del Jurado quienes con sus sugerencias y consejos, hicieron que el presente trabajo se mejore.

A mis abuelitos, mis tíos y tías; primos y primas por darme un ejemplo de superación y seguir para adelante.

A Antonio Tejada por su apoyo incondicional, durante la Universidad y hasta el momento.

A mis compañeros de la Universidad con quien compartimos momentos a lo largo de la vida universitaria y el apoyo brindado hasta el momento.

A todas aquellas personas que me han apoyado no solo con sugerencias, sino también para la recolección de la información de la presente tesis.

**Kelly**

INDICE

**Título: “Obtención del Mejor Método para Elaborar el Diseño de Mezclas de Concreto, al Comparar los Métodos ACI, Füller, Walker y Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados, para una Resistencia a la Compresión  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> (a los 28 días)”**

INDICE	i
INDICE DE TABLAS	v
INDICE D FIGURAS	vi
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	01
1.1. Problema de investigación	02
1.1.1. Antecedentes	02
1.1.2. Planteamiento del problema	02
1.1.3. Formulación del problema	03
1.2. Justificación de la investigación	03
1.3. Hipótesis de investigación	03
1.4. Objetivo de la investigación	03
1.5. Alcances	03
1.6. Delimitaciones y Limitaciones de la Investigación	04
1.6.1. Delimitaciones	04
1.6.2. Limitaciones	04
1.7. Tipo de investigación	04
1.8. Unidad de análisis	05
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	06
2.1 Definición del Concreto	07
2.2 Características del Concreto	07
2.3 Tipos de Concreto	07

2.3.1. Concreto Simple	07
2.3.2. Concreto Armado	08
2.3.3. Concreto Estructural	08
2.3.4. Concreto Ciclópeo	08
2.3.5. Concretos Livianos	08
2.3.6. Concretos Normales	08
2.3.7. Concretos Pesados	08
2.3.8. Concreto Premezclado	08
2.3.9. Concreto Prefabricado	08
2.3.10. Concreto Bombeado	08
2.4 Propiedades del Concreto	09
2.4.1. Trabajabilidad y Consistencia	09
2.4.2. Segregación	09
2.4.3. Resistencia	09
2.4.4. Exudación	10
2.4.5. Durabilidad	10
2.4.6. Impermeabilidad	10
2.5 Materiales, Componentes	11
2.5.1. Agua	11
2.5.2. Agregados	12
2.5.3. Cemento	16
2.6 Propiedades de los Agregados	19
2.6.1. Peso Específico (NTP 400.012, ASTM C136)	19
2.6.2. Peso Específico Aparente (NTP 400.012, ASTM C136)	19
2.6.3. Peso Específico de Masa (NTP 400.012, ASTM C136)	20
2.6.4. Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca (NTP 400.012, ASTM C 136)	20
2.6.5. Absorción (NTP 400.012, ASTM C136)	20
2.6.6. Peso Unitario (NTP 400.017, ASTM C39)	20
2.6.7. Contenido de Humedad (NTP 400.010, ASTM C70)	21
2.6.8. Abrasión (NTP 400.019 – 400.020, ASTM C131)	21
2.7 Diseño de Mezclas	22
2.8 Pasos en el Diseño de la Mezcla	23

2.8.1. Selección de la Resistencia Promedio	23
2.8.2. Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	23
2.8.3. Selección del Asentamiento	24
2.8.4. Selección del Volumen Unitario de Agua	26
2.8.5. Selección del Contenido de Aire	30
2.8.6. Selección de la Relación Agua – Cemento por Resistencia	34
2.8.7. Selección de la Relación Agua - Cemento por Durabilidad	38
2.8.8. Selección final y Ajuste de la Relación Agua – Cemento	44
2.8.9. Cálculo del Contenido de Cemento	45
2.8.10. Selección del Agregado	45
2.8.11. Ajustes por Humedad del Agregado	54
2.9 Métodos de Diseño de Mezclas	55
2.9.1 Método A.C.I	55
2.9.2 Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados	56
2.9.3 Método de Füller	56
2.9.4 Método Walker	57
2.10 Resistencia a la Compresión en el Laboratorio	57
2.11 Curado del Concreto	58
2.12 Kapping	58
2.13 Ruptura de los Especímenes de Concreto	58
2.14 Ley de Powers	59
2.15 Módulo de Elasticidad	59
<b>CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>61</b>
3.1. Zona de Estudio de Agregados	62
3.2. Equipo, Herramientas y Materiales	62
4.2.1. Equipos	62
4.2.2. Herramientas	63
4.2.3. Materiales	63
3.3. Fase de la Investigación	64
3.3.1. Obtención de la Muestra de Agregados	64
3.3.2. Análisis de las Propiedades de los Agregados	64
3.3.2.1. Abrasión (NTP 400.019 – 400.020, ASTM C131)	64

3.3.2.2. Granulometría (NTP 400.012, ASTM C 136)	66
3.3.2.3. Peso Específico de Masa, Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca y Absorción (NTP 400.012, ASTM C 136)	66
3.3.2.4. Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, ASTM C39)	68
3.3.2.5. Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, ASTM C39)	68
3.3.3. Elaboración de los Diseños de Mezclas con los Diferentes Métodos para un Concreto $f`c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	68
3.3.4. Preparación de la Mezcla de Concreto $f`c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	71
3.3.5. Curado de Cilindros	75
3.3.6. Ensayo de los Especímenes de Concreto	75
3.3.7. Procesamientos de la Información Obtenida	76
<b>CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>77</b>
4.1. Análisis de las Propiedades de los Agregados	78
4.1.1. Abrasión (NTP 400.019 – 400.020, ASTM C 131)	78
4.1.2. Granulometría (NTP 400.012, ASTM C 136)	78
4.1.3. Peso Específico de Masa, Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca y Absorción (NTP 400.012, ASTM C 136).	79
4.1.4. Peso Volumétrico Suelto y Peso Volumétrico Compactado (NTP 400.017, ASTM C 39)	79
4.2. Diseños de Mezclas con los Diferentes Métodos para un Concreto $f`c=210$ kg/cm <sup>2</sup> (28 días)	79
4.3. Preparación de la Mezcla de Concreto $f`c=210$ kg/cm <sup>2</sup> (28 días)	80
4.3.1. Pesos en Obra	80
4.3.2. Propiedades del Concreto Fresco para los 4 Métodos	81
4.4. Rotura de los Especímenes de Concreto	81
4.5. Módulo de Elasticidad	83
4.5.1. Método ACI	83
4.5.2. Método Walker	85
4.5.3. Método Modulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	87
4.5.4. Método Füller	89
4.6. Comparación de Cantidades de Materiales con los 4 Métodos	90
4.7. Comparación de las Propiedades del Concreto	91

4.8. Comparación de Análisis de Costos Unitarios de Concreto con los 4 Métodos	91
4.9. Comparación de Cantidades de Materiales del Concreto con el Costo Unitario para 1 m <sup>3</sup> de Concreto y la Resistencia	91
4.10. Optimizando la Resistencia a 210 kg/cm <sup>2</sup> , aplicando la Ley de Powers	92
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>93</b>
5.1. Conclusiones	94
5.2. Recomendaciones	94
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>95</b>

### INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Valores Permisibles del Agua	11
Tabla N°02: Límites de Granulometría según el A.S.T.M	13
Tabla N°03: Requerimientos de Granulometría de los Agregados Gruesos	15
Tabla N°04: Componentes Principales de Cemento Portland	17
Tabla N° 05: Selección del Tamaño Máximo Nominal	24
Tabla N° 06 Selección del Asentamiento	26
Tabla N° 07: Volumen Unitario de Agua	29
Tabla N° 07: Volumen Unitario de Agua	29
Tabla N° 09: Contenido de Aire Atrapado	33
Tabla N° 10: Contenido de Aire Incorporado y Total	33
Tabla N° 11: Relación Agua – Cemento por Resistencia	36
Tabla N° 12: Relación Agua – Cemento por Resistencia	37
Tabla N° 13: Relación Agua – Cemento por Resistencia	37
Tabla N° 14: Relación Agua – Cemento por Resistencia	38
Tabla N° 15: Condiciones Especiales de Exposición	43
Tabla N° 16: Concreto Expuesto a Soluciones de Sulfatos	44
Tabla N° 17: Contenido Máximo de Ion Cloruro	44
Tabla N° 18: Peso del Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto	52

Tabla N° 19: Porcentaje de Agregado Fino	52
Tabla N° 20: Primera Estimación del Peso del Concreto Fresco	53
Tabla N° 21: Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados	53
Tabla N° 22: Carga Abrasiva	65
Tabla N° 23: Gradaciones de Muestras de Ensayo	65
Tabla N° 24: Selección del Peso del Agregado Grueso	66
Tabla N° 25: Secuencia d Diseño de Mezclas entre los Diferentes Métodos	69
Tabla N° 26: Llenado de Concreto	74

### INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Huso Granulométrico del Agregado Fino	13
Figura N° 02: Módulo de Elasticidad del Concreto	60
Figura N° 03: Gráfico del Método de Füller	70
Figura N° 04: Módulo de Elasticidad según Gráfico, Método ACI	83
Figura N° 05: Módulo de Elasticidad según Gráfico, Método Walker	85
Figura N° 06: Módulo de Elasticidad según Gráfico, Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	87
Figura N° 07: Módulo de Elasticidad según Gráfico, Método Füller	89

### INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01: Resultados de la Granulometría de los Agregados	78
Cuadro N° 02: Peso Específico de Masa, Peso Específico de Masa Superficialmente Seco, Absorción	79
Cuadro N° 03: Peso Volumétrico Suelto y Peso Volumétrico	79
Cuadro N° 04: Características de los Materiales	79
Cuadro N° 05: Resultados del Diseño de Mezclas	80
Cuadro N° 06: Datos para la Elaboración de la Mezcla	80
Cuadro N° 07: Resultados Promedio de las 5 Tandas para las Propiedades del Concreto Fresco	81
Cuadro N° 08: Resultados de la Ruptura de los Especímenes de Concreto a la Resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	82



Cuadro N° 09: Comparación Teórico y Práctico del Módulo de Elasticidad Método ACI	84
Cuadro N° 10: Comparación Teórico y Práctico del Módulo de Elasticidad Método Walker	86
Cuadro N° 11: Comparación Teórico y Práctico del Módulo de Elasticidad Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	88
Cuadro N° 12: Comparación Teórico y Práctico del Módulo de Elasticidad Método Füller	90
Cuadro N° 13: Comparación de Métodos con su Resistencia, Peso Volumétrico	90
Cuadro N° 14: Comparando Propiedades del Concreto Endurecido	91
Cuadro N° 15: Costo Unitario con los Diferentes Métodos	91
Cuadro N° 16: Costo, Resistencia y Cantidades de Materiales	91
Cuadro N° 17: Resultados de la Ley de Powers	92
Cuadro N° 18: Nuevos Valores del Diseño de Mezclas	92
Cuadro N°19: Nuevos Costos Unitarios con las Cantidades ya Ajustadas por la Ley de Powers	92

### INDICE DE ANEXOS

Anexos 01: Datos de los Resultados Obtenidos	96
Anexos 02: Representación Fotográfica	151

---

**RESUMEN**

Estudio realizado en Cajamarca Perú, tuvo por objetivo determinar cuál método de diseño, con agregados de río de la cantera Huayrapongo, nos permita obtener un concreto que más se aproxime a una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>; con la finalidad de dar a conocer que método se debería utilizar para facilitar la obtención de un concreto de esta resistencia para que cumpla las especificaciones técnicas de las obras civiles. Los métodos de diseño con los que se trabajó para obtener el concreto que más se aproximó a la resistencia exacta a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> fueron: ACI, Füller, Walker y Modulo de Fineza de la Combinación de Agregados. Se diseñó con la resistencia mencionada debido a que es sencilla de lograr sin el uso de aditivos.

Se empleó cemento Portland tipo I ya que se buscó un concreto normal, sin exposición a sulfatos ni cambios climáticos bruscos; y se utilizó agregados de la cantera Huayrapongo puesto que es una de las zonas de donde se obtiene mayor cantidad de agregados para la ciudad de Cajamarca. Los ensayos para obtener las propiedades de los agregados y el ensayo de rotura de probetas se realizaron en el laboratorio de ensayo de materiales de la UNC; la elaboración y curado del concreto se realizó en el laboratorio de la planta de Cementos Pacasmayo, en el distrito de Llacanora.

Para el diseño del concreto se determinaron las siguientes propiedades del agregado: abrasión, granulometría, peso específico de masa, absorción, peso volumétrico seco y compactado. Se elaboraron 20 probetas por cada método en 5 tandas de 4 probetas y se determinó las siguientes propiedades del concreto fresco: temperatura, slump, contenido de aire y peso volumétrico del concreto fresco. El ensayo a la rotura de las probetas se realizó a los 28 días y con el fin de conseguir una distribución uniforme de la carga los cilindros se refrendaron con un mortero de azufre, lo que permitió obtener el módulo de elasticidad de forma experimental.

Experimentalmente el método ACI fue el que más se aproximó a la resistencia de 210kg/cm<sup>2</sup> con una resistencia última promedio de 282.95kg/cm<sup>2</sup> y la resistencia con el diseño del Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados fue la que se distanciaba con 326.81kg/cm<sup>2</sup>. Ajustando los diseños de acuerdo a las resistencias últimas obtenidas con la Ley de Powers se pudo obtener que el método más económico es el Modulo de Fineza de la Combinación de Agregados.

---

**ABSTRACT**

This thesis was studied in Cajamarca Peru, aimed to determine which method of design, with added Huayrapongo quarry river, allows us to obtain a concrete that is closest to a compressive strength of 210 kg/cm<sup>2</sup>, in order to give to know which method should be used to facilitate the acquisition of a particular of this resistance to meet the technical specifications of civil works. Design methods with which they worked to get the concrete that is closest to the exact compressive strength of 210 kg/cm<sup>2</sup> were: ACI, Fuller, Walker and Fineness Modulus of Aggregate Combination. Is designed with the mentioned resistance because it is easy to achieve without the use of additives.

Portland cement type I was used as a specific standard was sought, without exposure to sulfates and sudden climatic changes and used aggregates Huayrapongo quarry since it is one of the areas where the greatest number of aggregates is obtained for the city of Cajamarca. Tests to obtain properties of the aggregates and the burst test specimens were made in the materials testing laboratory at UNC, the preparation and curing of concrete was performed in the laboratory of plant Cementos Pacasmayo in the district Llacanora.

Abrasion, particle size, bulk specific gravity, absorption, and compacted dry volume weight: for the concrete design of the aggregate the following properties were determined. 20 specimens were prepared for each method 4 runs on 5 cylinders and the following properties of fresh concrete was determined: temperature, slump, air content and volumetric weight of the fresh concrete. The rupture test was conducted on the samples at 28 days and in order to achieve uniform load distribution cylinders endorsed with sulfur mortar, allowing the modulus to obtain experimentally.

The ACI method was the most approached 210kg/cm<sup>2</sup> resistance with a final average 282.95kg/cm<sup>2</sup> resistance and resistance to design Fineness Module Combination of Aggregates which it was distancing with 326.81kg / cm. Adjusting the designs according to the latest strengths obtained with Powers Act could be obtained that is more economical method of Fineness Modulus of Aggregate Combination.

# CAPITULO I

# INTRODUCCIÓN

## 1.1. Problema de investigación

### *1.1.1. Antecedentes*

Actualmente el concreto es uno de los materiales de construcción más utilizado en las estructuras a nivel mundial; por lo cual este debe contar con una calidad que permita que las estructuras sean capaces de soportar las cargas para la cuales fueron diseñadas. Sin embargo en Cajamarca la elaboración y aplicación del concreto no es la adecuada debido a que en muchos casos su elaboración es de forma empírica, sin conocer los métodos de elaboración ni las propiedades de los materiales.

La resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> es la más utilizada para la construcción de estructuras puesto que es una resistencia que se puede lograr sin aditivos.

Existen varios métodos para elaborar concreto pero en la mayoría de casos no son aplicados; y puesto que el concreto es fundamental en una estructura, es necesario conocer el método que se acerca en este caso para una resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ; para que se cumpla con las especificaciones para obtener una estructura que cumpla con las funciones para las que se diseñó.

### *1.1.2. Planteamiento del problema*

En nuestra localidad se realizan mezclas de concreto sin tener un adecuado conocimiento técnico; en la mayoría de obras encontramos que se realizan de forma mecanizada, sin seguir un diseño y muchos menos un ingeniero que asesore. Al nombrar en forma mecanizada nos referimos que el personal que elabora la mezcla de concreto utiliza la misma cantidad de materiales para una resistencia requerida, y así también no se tiene en cuenta las propiedades de los materiales; y mucho menos el tratamiento que debe tener el concreto luego de elaborada la mezcla, de manera que el concreto no alcanza los niveles óptimos ni en resistencia ni en durabilidad; esta situación se da en muchas obras, especialmente en las viviendas.

Un concreto debe cumplir con las especificaciones técnicas; para que la estructura tenga una adecuada funcionalidad y cumpla con el tiempo de vida para la cual fue diseñada. Si el concreto varía demasiado con respecto a la resistencia según las especificaciones; ya sea inferior o superior; puede producir fallas en la estructura; por lo que en esta tesis busca

encontrar el método, con los agregados de la cantera de Huayrapongo, que más se aproxime a la resistencia a la compresión de 210kg/cm<sup>2</sup>.

### *1.1.3. Formulación del problema*

El problema de investigación trata de resolver las siguientes preguntas:

- (a) ¿Cuál es el método de diseño de mezclas de concreto que más se aproxime a la resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera Huayrapongo?
- (b) ¿Cuáles serán las resistencias promedios de los métodos ACI, Walker, Füller, Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados para un diseño de mezclas de 210 kg/cm<sup>2</sup>?

## **1.2. Justificación de la investigación**

Existen diversos métodos para la elaboración de concreto, mediante esta tesis se busca encontrar cuál es el método que nos permita obtener una mezcla de concreto que más se aproxima a la resistencia la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, utilizando el cemento portland tipo I y agregados de la cantera Huayrapongo.

En una estructura se debe cumplir con las especificaciones técnicas, en el caso que no se cumpla con respecto al concreto, ya sea menor o mayor a la resistencia, pueda producir fallas en los elementos estructurales que pueden ocasionar que las estructuras colapsen o no cumplan con el tiempo de vida de diseño. Por lo que es necesario obtener una resistencia aproximada superior a la especificada, lo cual se busca en esta tesis a la resistencia a la compresión 210 kg/cm<sup>2</sup>. Difundir a la población de Cajamarca, cual es el método de diseño para la elaboración de un concreto de resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> con agregados de la cantera Huayrapongo.

## **1.3. Hipótesis de investigación**

El método de diseño de mezclas ACI es el que se más se aproxima para la elaboración de un concreto de resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>; con agregados de la cantera Huayrapongo.

## **1.4. Objetivo de la investigación**

Determinar cuál es el mejor método para la elaboración de diseño de mezclas de concreto para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>; con agregados de la cantea Huayrapongo.

## **1.5. Alcances**

En la presente tesis se buscó determinar el método de diseño de mezclas que más se aproxime a una resistencia a la compresión de  $210 \text{ kg/cm}^2$ .

Conocer las propiedades de la cantera Huayrapongo, los cuales van a ser utilizados en la elaboración del concreto.

Como forma complementaria se realizó una comparación de análisis de precios unitarios para un concreto de resistencia a la compresión de  $210 \text{ kg/cm}^2$  con los diferentes métodos.

## **1.6. Delimitaciones y limitaciones de la investigación**

### *1.6.1. Delimitaciones*

En la presente investigación para la elaboración del concreto, en la que se buscaba una resistencia a la compresión de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , se utilizaron agregado fino y grueso de la cantera Huayrapongo ubicado en el distrito de Baños de Inca y con cemento portland Tipo I.

Así también hay que tener en cuenta que la investigación se ha realizado en el año 2012, por lo que la información obtenida en cuanto a las propiedades de los agregados puede cambiar respecto a los próximos años.

### *1.6.2. Limitaciones*

En el laboratorio de ensayos de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca se ensayaron los especímenes de concreto con la prensa hidráulica, estos equipos hacen que la toma de datos sea imprecisos como es el caso de la carga última aplicada y la lectura de la deformación.

Además algunos especímenes de concreto fueron ensayados con las almohadillas de neopreno, y según la norma ASTM C 1231 nos indica que deben ser sustituidas si existe mucho desgaste, pero vemos que esto no ha ocurrido, y los valores obtenidos en cuanto a carga y deformación resultan ser imprecisos.

La tesista no ha agotado todas las fuentes bibliográficas existentes sobre el tema de investigación que se hayan desarrollado en otros lugares del país y el extranjero, ya sea por falta de recursos económicos y por escaso conocimiento de idiomas extranjeros, por lo que reconoce esta limitante.

## **1.7. Tipo de investigación**

Según su aplicación, esta investigación es de tipo Aplicada porque se basó en conocimientos existentes, sobre los métodos ACI, Walker, Füller, Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados para elaborar una mezcla de concreto que se aproximó y superó a la resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Además fue experimental ya que se trabajó con muestras rigurosamente diseñadas y representativas; así mismo se planteó un riguroso diseño experimental para probar hipótesis con un método estadístico formal y el uso de pruebas estadísticas de significación. También, por su fin, es de tipo proyectiva porque se orienta a difundir los resultados obtenidos para que se elabore un concreto de buena calidad para las estructuras.

### **1.8. Unidad de análisis**

Se estudió las propiedades de los agregados, tomados de la cantera Huayrapongo, distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca.

Luego, las unidades de análisis fueron los especímenes de concreto que fueron elaborados tomando los diferentes métodos, de tal manera que se obtuvo una comparación con respecto a la resistencia a la compresión. Se utilizan tres tipos de especímenes para las pruebas de compresión y estos son: cilindros, cubos y prismas. Para nuestro caso se han utilizado especímenes estándar cilíndricos 6” de diámetro por 12” de altura.

Por cada método se elaboraron 20 especímenes de concreto contando con un total de 80, las cuales fueron ensayadas haciendo uso de la prensa hidráulica a la compresión, según la Norma Técnica Peruana 339.034 2008.



**CAPITULO II**  
**MARCO TEORICO**

### 2.1. Definición del Concreto [Abanto, Tecnología del Concreto, 1992. 11]

El 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.

$$\text{CONCRETO} = \text{CEMENTO PORTLAND} + \text{AGREGADOS} + \text{AIRE} + \text{AGUA} + \text{ADITIVOS}$$

El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos que mejora o modifican algunas propiedades del concreto.

### 2.2. Características del Concreto [Abanto, Tecnología del Concreto, 1992. 11]

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

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

Pero el concreto también tiene desventajas como por ejemplo:

- Con frecuencia el concreto se prepara en el sitio en condiciones en donde no hay un responsable absoluto de su producción, es decir un control de calidad no es tan bueno.
- El concreto es un material de escasa resistencia a la tracción. Esto hace difícil su uso en elementos estructurales que están sometidos a tracción por completo (como los tirante) o en parte de sus secciones transversales (como vigas u otros elementos sometidos a flexión).

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

Esta combinación es la que permite la masiva utilización del concreto armado en la construcción de edificios, puentes, pavimentos, presas, tanques, pilotes, etc.

### 2.3. Tipos de Concreto [Abanto, Tecnología del Concreto, 1992. 12]

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

**2.3.2. Concreto Armado.** Se denomina así al concreto simple cuando éste lleva armaduras de acero como refuerzo y que está diseñado bajo la hipótesis de que dos materiales trabajan conjuntamente o incrementar la resistencia a la compresión del concreto.

**CONCRETO SIMPLE + ARMADURAS = CONCRETO ARMADO**

**2.3.3. Concreto Estructural.** Se denomina así al concreto simple cuando este es dosificado, mezclado, transportado y colocado, de acuerdo a especificaciones precisas, que garanticen una resistencia mínima pre establecido en el diseño y una durabilidad adecuada.

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

**CONCRETO SIMPLE + PIEDRA DESPLAZADORA = CONCRETO CICLOPEO**

**2.3.5. Concreto Livianos.** Son preparados con agregados livianos y su peso unitario varía desde 400 a 1700 kg/m<sup>3</sup>.

**2.3.6. Concretos Normales.** Son preparados con agregados corrientes y su peso unitario varía de 2300 a 2500 Kg/m<sup>3</sup>. Según el tamaño máximo del agregado. El peso promedio es de 2400 Kg/m<sup>3</sup>.

**2.3.7. Concretos Pesados.** Son preparados utilizando agregados pesados, alcanzando el peso unitario valores entre 2800 a 6000 Kg/m<sup>3</sup>.

Generalmente se usan agregados como las baritas, minerales de fierro como la magnetita, limonita y hematita. También agregados artificiales como el fósforo de fierro y partículas de acero. La aplicación principal de los concretos pesados la constituye la protección biológica contra los efectos de las radiaciones nucleares. También se utiliza en paredes de bóveda y cajas fuertes en pisos industriales y en la fabricación de contenedores para desechos radioactivos.

**2.3.8. Concreto Premezclado.** Es el concreto que se dosifica en planta, que puede ser mezclado en la misma o en mixer y que es transportado a obra.

**2.3.9. Concreto Prefabricado.** Elementos de concreto simple o armado fabricados en una ubicación diferente a su posición final en la estructura.

**2.3.10. Concreto Bombeado.** Concreto que es impulsado por bombeo a través de tuberías hacia su ubicación final.

## **2.4. Propiedades del Concreto [Abanto, Tecnología del Concreto, 1992. 47-51]**

### **2.4.1. Trabajabilidad y Consistencia**

- a) **Trabajabilidad.** Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones.
- b) **Consistencia.** Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada.

### **2.4.2. Segregación**

Es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo la separación del Agregado Grueso del Mortero. Es un fenómeno perjudicial para el concreto produciendo en el elemento llenado bolsones de piedra capas arenosas cangrejeras, etc. La segregación es una función de la consistencia de la mezcla siendo el riesgo mayor cuanto más húmeda es esta y menor cuanto más seca lo es. En el proceso de diseño de mezclas, es necesario tener siempre presente el riesgo de segregación pudiéndose disminuir este mediante el aumento de finos (cemento o A. fino) y de la consistencia de la mezcla.

Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas. La segregación ocurre cuando parte del concreto se mueve más rápido que el concreto adyacente por ejemplo el traqueteo de las caretillas con ruedas metálicas tiende a producir que el agregado grueso se precipite al fondo mientras que la "lechada" asciende a la superficie. Cuando se suelta el concreto de alturas mayores de ½ metro el efecto es semejante. También se produce segregación cuando se permite que el concreto corra por canaletas máximo si estas presentan cambios de dirección. El excesivo vibrado de la mezcla produce segregación.

### **2.4.3. Resistencia**

La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión.

Se emplea la resistencia a la compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran al incrementarse esta resistencia. La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura).

#### ***2.4.4. Exudación***

Se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos. Este fenómeno se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado.

La exudación puede ser producto de una mala dosificación de la mezcla, de un exceso de agua en la misma de la utilización de aditivos y de la temperatura en la medida en que a mayor temperatura mayor es la velocidad de exudación.

La exudación es perjudicial para el concreto pues como consecuencia de este fenómeno la superficie de contacto durante la colocación de una capa sobre otra puede disminuir su resistencia debido al incremento de la relación agua – cemento en esta zona. Como producto del ascenso de una parte del agua de mezclado, se puede obtener un concreto poroso y poco durable.

#### ***2.4.5. Durabilidad***

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto puede atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2 a 6% de aire con un agente incluso de aire o aplicando un revestimiento protector a la superficie. Los agentes químicos como ácidos inorgánicos, ácido acético y carbónico y los sulfatos del calcio, sodio, magnesio, potasio, aluminio y hierro desisten grandes o dañan el concreto.

Cuando puede ocurrir contacto entre estos agentes y el concreto se debe proteger este con un revestimiento resistente; para lograr resistencia a los sulfatos se debe usar cemento Portland tipo V. la resistencia al desgaste por lo general se logra con un concreto denso, de alta resistencia hecho con agregados duros.

#### ***2.4.6. Impermeabilidad***

Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse con frecuencia reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y si están interconectadas el agua puede penetrar o atravesar el concreto.

La inclusión de aire (burbujas diminutas) así como un curado adecuado por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad.

## 2.5. Materiales y Componentes del Concreto

A continuación se describen los componentes del concreto:

### 2.5.1. Agua [Abanto, Tecnología del Concreto, 1992. 12]

#### a) El agua en el Concreto

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido

#### b) Requisitos que debe cumplir

El agua a emplearse en la preparación del concreto deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero.

Si se tuvieran dudas de la calidad del agua a emplearse en la preparación de una mezcla de concreto, será necesario realizar un análisis químico de ésta, para comparar los resultados con los valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua a utilizarse en la preparación del concreto que a continuación indicamos.

**Tabla N°01 Valores Permisibles del Agua**

Sustancias Disueltas	Valor Máximo Admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

[Abanto, Tecnología del Concreto, 1992. 13]

Un método rápido para conocer la existencia de ácidos en el agua, es por medio de un papel tornasol el que sumergido en agua ácida tomará un color rojizo. Asimismo para determinar la presencia de yeso u otro sulfato es por medio de cloruro de bario, se filtra el agua (unos 500 gr) y se le añade algunas gotas de ácido clorhídrico, luego más gotas de solución de cloruro de bario, si se forma un precipitado blanco (sulfato de bario) es señal de presencia de sulfatos. Esta agua debe entonces mandarse analizar a un laboratorio para saber su concentración y ver si está dentro del rango permisible. El agua de mar, se puede usar en la elaboración de concreto bajo ciertas restricciones como son:

- El agua de mar puede ser empleada en la preparación de mezclas para estructuras de concreto simple.

- En determinados casos puede ser empleadas en la preparación de mezclas para estructuras de concreto armado, con una dosificación y compactación adecuadas
- No debe utilizarse en la preparación de concretos de alta resistencia o concreto que van a ser utilizados en la preparación de elementos pretensados.
- No debe emplearse en la preparación de mezcla de concreto que va a recibir un acabado superficial de importancia concreto expuestos ya que el agua de mar tiende a producir humedad permanente y florescencia en la superficie del concreto terminado.
- Para diseñar mezclas de concreto en las cuales se va a utilizar agua de mar se recomienda para compensar la reducción de la resistencia final; utilizar un  $f'c$  igual a 110% a 120% de la resistencia promedio encontrada.
- No se utilizará el agua de mar en concretos con resistencias mayores de 175 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

### **2.5.2. Agregados [Abanto, Tecnología del Concreto, 1992. 23-28]**

#### **a) Definición**

Llamados también áridos, son materiales inertes que se combina con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros. La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto. Por lo anterior, es importante que los agregados tengan buena resistencia, durabilidad y resistencia a los elementos, que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica que puedan debilitar el enlace con la pasta de cemento.

#### **b) Clasificación**

Los agregados naturales se clasifican en:

*Agregados Finos:* Arena Fina, Arena Gruesa.

*Agregados Gruesos:* Grava, Piedra.

#### **c) Agregados Finos**

**c.1. Definición:** Definición: Se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.012 2001 "Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global". Las arenas provienen de la desintegración natural de las rocas y que arrastrados por corrientes aéreas o fluviales se acumulan en lugares determinados.

**c.2. Granulometría:** es la distribución por tamaños de las partículas de arena. La distribución del tamaño de partículas se determina por separación con una serie de mallas normalizadas. Las mallas normalizadas utilizadas para el agregado fino son las N° 4, 8, 16, 30, 50 y 100.

El Reglamento Nacional de edificaciones especifica la granulometría de la arena en concordancia con las Normas del ASTM. Los requerimientos se dan en la siguiente tabla:

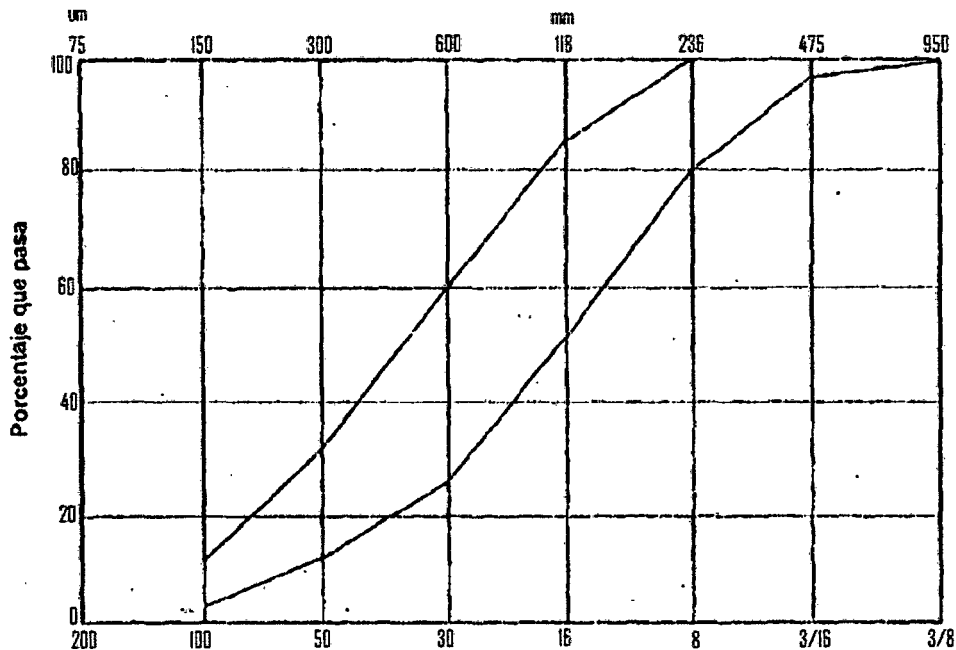
**Tabla N°02: Límites de Granulometría según el A.S.T.M**

Malla		Porcentaje que Pasa (Acumulativo)		
3/8"	9.5 mm			100
N° 4	4.75 mm	95	a	100
N° 8	2.36 mm	80	a	100
N° 16	1.18 mm	50	a	85
N° 30	600 µm	25	a	60
N° 50	300 µm	10	a	30
N° 100	150 µm	2	a	10

Fuente: Abanto, Tecnología del Concreto, 1992. 25

El control de la granulometría se aprecia mejor mediante Figura N° 01 en la que las ordenadas representan el porcentaje acumulado que pasa la malla y las abscisas, las aberturas correspondientes. La figura N° 01 representa las curvas envolventes de la norma.

Las normas A.S.T.M. exceptúa los concretos preparados con más de 300 kg/m<sup>3</sup> de los porcentajes requeridos para el material que pasa las mallas N° 50 y N° 100 que en este caso puede reducirse a 5% y 0% respectivamente. Esta posición se explica porque el mayor contenido de cemento contribuye a la plasticidad del concreto y la compacidad de la pasta función que cumple el agregado más fino.



**Figura N° 01: Huso Granulométrico del Agregado Fino**

Fuente: Abanto, Tecnología del Concreto, 1992. 26



Además la norma prescribe que la diferencia entre el contenido que pasa una malla y el retenido en la siguiente, no debe ser mayor del 45% el total de la muestra. De esta manera se tiende a una granulometría más regular.

Para que el concreto tenga una adecuada trabajabilidad, las partículas de agregado grueso deben de estar espaciadas de manera tal que puedan moverse con relativa facilidad, durante los procesos de mezclado y colocación. En ese sentido el agregado fino actúa como lubricante del agregado grueso, ayudándolo a distribuir en toda su casa.

En general, en cuanto a granulometría se refiere, los mejores resultados se obtienen con agregados de granulometrías que queden dentro de las normas y que den curvas granulométricas suaves.

#### c.3. Requisitos de uso:

- El agregado fino será arena natural. Sus partículas serán limpias de perfil preferentemente angular, duras compactas y resistentes.
- El agregado fino deberá de estar libre de cantidad perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias perjudiciales.
- Debe cumplir las normas sobre su granulometría.
- Se recomienda que las sustancias dañinas, no excederán los porcentajes máximos siguientes: Partículas deleznable = 3% Material más fino que la malla N° 200 = 5%.

#### d) Agregado Grueso

d.1. Definición: se define como agregado grueso al material en el tamiz N°4 (4.75 mm) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos según NTP 400.012 2001. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc.

##### i. Gravas

Comúnmente llamados “canto rodado” es el conjunto de fragmentos pequeños de piedra, provenientes de la disgregación natural de las rocas por acción del hielo y otros agentes atmosféricos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural.

Cada fragmento ha perdido sus aristas vivas y se presentan en forma más o menos redondeadas. Las gravas pesan de 1600 a 1700 kg/m<sup>3</sup>.

ii. Piedra partida o chancada

Se denomina así al agregado grueso obtenido por trituración artificial re rocas o gravas. Como agregado grueso se puede usar cualquier clase de piedra partida siempre que sea limpia, dura y resistente.

Su función principal es la de dar volumen y aportar su propia resistencia. Los ensayos indican que la piedra chancada o partida da concretos ligeramente más resistentes que los hechos con piedra redonda. El peso de la piedra chancada se estima en 1450 a 1500 kg/m<sup>3</sup>.

d.2. Granulometría: El agregado grueso deberá estar gradado dentro de los límites establecidos en la Norma NTP 400.012 2001 o en la Norma A.S.T.M. C33, los cuales están indicados en la siguiente tabla:

**Tabla N°03: Requerimientos de Granulometría de los Agregados Gruesos**

N° ASTM	Tamaño Nominal	% que pasa por los tamices normalizados												
		100 mm (4")	90 mm (3 1/2")	75 mm (3")	63 mm (2 1/2")	50 mm (2")	37.5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	1.18 mm (N°16)
1	90 ± 37.5 mm (3 1/2" ± 1 1/2")	100	90 ± 100		25 ± 60		0 ± 15		0 ± 5					
2	63 ± 37.5 mm (2 1/2" ± 1 1/2")			100	90 ± 100	35 ± 70	0 ± 15		0 ± 5					
3	50 ± 25 mm (2" ± 1")				100	90 ± 100	35 ± 70	0 ± 15		0 ± 5				
357	50 ± 4.75 mm (2" ± N°4)				100	95 ± 100		35 ± 70		10 ± 30		0 ± 5		
4	37.5 ± 19 mm (1 1/2" ± 3/4")					100	90 ± 100	20 ± 55	0 ± 15		0 ± 5			
467	37.5 ± 4.75 mm (1 1/2" ± N°4)					100	95 ± 100		35 ± 70		10 ± 30	0 ± 5		
5	25 ± 9.5 mm (1" ± 1/2")						100	90 ± 100	20 ± 55	0 ± 10	0 ± 5			
56	25 ± 9.5 mm (1" ± 3/8")						100	90 ± 100	40 ± 85	10 ± 40	0 ± 5	0 ± 5		
57	25 ± 4.75 mm (1" ± N°4)						100	95 ± 100		25 ± 60		0 ± 10	0 ± 5	
6	19 ± 9.5 mm (3/4" ± 3/8")							100	90 ± 100	20 ± 55	0 ± 15	0 ± 5		
67	19 ± 4.75 mm (3/4" ± N°4)							100	90 ± 100		20 ± 55	0 ± 10	0 ± 5	
7	12.5 ± 4.75 mm (1/2" ± N°4)								100	90 ± 100	40 ± 70	0 ± 15	0 ± 5	
8	9.5 ± 2.36 mm (3/8" ± N°8)									100	85 ± 100	10 ± 30	0 ± 10	0 ± 5

Fuente: Abanto, Tecnología del Concreto, 1992. 27

d.3. El Tamaño Máximo: El tamaño máximo de los agregados gruesos en el concreto armado se fija por la exigencia de que pueda entrar fácilmente en los encontrados y entre las barras de la armadura. En ningún caso el tamaño máximo del agregado grueso deberá ser mayor que:

- Un quinto, de la menor dimensión entre caras de encofrados.
- Un tercio de la altura de las losas.
- Tres cuartos del espacio libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, cables o ductos de pres fuerzo.

Estas limitaciones están dirigidas a que las barras de refuerzo queden convenientemente recubiertas y no se presenten cavidades de las llamadas “cangrejeras”. Sin embargo, pueden omitirse por excepción, si el ingeniero responsable comprueba que los métodos de puesta en obra y la trabajabilidad del concreto lo permiten.

Se considera que, cuando se incremente el tamaño máximo del agregado, se reducen los requerimientos del agua de mezcla, incrementándose la resistencia del concreto. En general este principio es válido con agregados hasta 1 ½”. En tamaños mayores, sólo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento.

d.4. Requisitos de Uso: El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semi – angular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa.

#### e) Agregado Global

Es una mezcla natural de grava y arena. El agregado global se usa para preparar concreto de baja calidad como el empleado en cimentaciones corridas, sobre cimientos, falsos pisos, falsas zapatas, calzaduras, algunos muros, etc. En general sólo podrá emplearse en la elaboración de concretos con resistencia en compresión hasta 100 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. El contenido mínimo de cemento será de 255 kg/m<sup>3</sup>. El hormigón deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica u otras sustancias dañinas para el concreto.

### 2.5.3. *Cemento* [Abanto, Tecnología del Concreto, 1992. 15-19]

#### a) Cemento Portland

Es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reacciona

lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas.

#### b) Materias Primas

Los dos materiales principales con que se fabrica el cemento Portland son: la piedra caliza y arcilla.

#### c) Compuestos Principales del Cemento Portland

Los óxidos principales (C=CaO, S=SiO<sub>2</sub>, A=Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, F=FeO<sub>3</sub>) constituyen prácticamente más del 90% en peso del clinker. De los cuatro óxidos principales la cal es de carácter básico y los otros tres de carácter ácido, de ellos la sílice y la cal son componentes activos, y la alúmina y el hierro actúan como fundentes.

**Tabla N°04: Componentes Principales de Cemento Portland**

Nombre	Composición	Fórmula Abreviada	Nombre del Mineral	Porcentajes Límites
Silicato Tricálcico	3CaO <sub>2</sub> .SiO <sub>2</sub>	C3S	Alita	30% al 60%
Silicato Bicálcico	2CaO <sub>2</sub> .SiO <sub>2</sub>	C2S	Belita	15% al 37%
Aluminato Tricálcico	3CaO <sub>2</sub> .Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C3A	-----	7% al 15%
Ferrito Aluminato Tetracálcico	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .FeO <sub>3</sub>	C4AF	Celita Clara o Ferrito	8% al 10%

Fuente: Abanto: Tecnología del Concreto, 1992. 17

#### d) Compuestos Secundarios del Cemento Portland

Los compuestos secundarios proceden de las impurezas de las materias primas; son la parte indeseable del cemento, siempre que no sobrepasen los límites establecidos. Los compuestos secundarios del cemento portland pueden agruparse en:

- Óxido de cal libre.
- Óxido de magnesia.
- Óxido de sodio y potasio.

Cantidades pequeñas de otros óxidos.

#### e) Hidratación, Tiempo de Fraguado y Endurecimiento del Cemento Portland [Abanto, Tecnología del Concreto, 1992]

El cemento al ser mezclado con agua forma una pasta, que tiene la propiedad de rigidizarse hasta constituir un sólido de creciente dureza y resistencia. Estas características son causadas por un proceso físico – químico derivado de la reacción química del agua con las fases mineralizadas del Clinker y que en su primera etapa incluye la solución en agua de los componentes anhidros del cemento, formando compuestos hidratados.

Los compuestos del cemento se hidratan a distinta velocidad, iniciándose con el C3A y continuando posteriormente con C4AF, C3S y C2S en ese mismo orden. A partir desde ese momento el proceso no es cabalmente conocido, existiendo teorías que suponen la precipitación de los componentes hidratados, con la formación de cristales entreverados entre sí que desarrollen fuerzas de adherencia, las que producen el endurecimiento de la pasta (Teoría Cristaloidal de Le Chatelier) o alternativamente por el endurecimiento superficial de un gel formado a partir de dichos compuestos hidratados (Teoría coloidal de Michaelis), estimándose actualmente que el proceso presenta características mixtas.

El endurecimiento de la pasta de cemento muestra particularidades que son de interés para el desarrollo de obras de ingeniería.

- La reacción química producida es exotérmica, con desprendimiento de calor, especialmente en los primeros días.
- Durante su desarrollo se producen variaciones de volumen, de dilatación si el ambiente tiene un alto contenido de humedad o de contracción, si éste es bajo.
- A los 28 días un cemento cumple el 90% de su hidratación, el otro 10% de hidratación puede tardar varios años.

#### f) Tipos de Cemento Portland

Los cementos Portland por lo general se fabrican en cinco tipos, cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de las especificaciones de la norma ASTM C 150.

Estos cinco tipos de cemento Portland se distinguen según los requisitos físico químico tal como se sigue:

f.1. Cemento Portland Tipo I: Este tipo de cemento es de usos general y se emplea cuando no se requiere de propiedades y características especiales que lo protejan del ataque de factores agresivos como sulfatos, cloruros y temperaturas originadas por calor de hidratación. Entre los usos donde se emplea éste tipo de cemento están: pisos, pavimentos, edificios, estructuras, elementos prefabricados. Su resistencia relativa de 1 a 28 días es del 1 al 100%.

f.2. Cemento Portland Tipo II: Este tipo de cemento es utilizado cuando es necesaria la protección contra el ataque moderado de sulfatos, como por ejemplo en las tuberías de drenaje, siempre y cuando las concentraciones de sulfatos sean ligeramente superiores a lo normal, pero sin llegar a ser severas.

Genera normalmente menor calor de hidratación que el cemento tipo I, y éste requisito de la Norma ASTM C 150 establece como requisito opcional un máximo de 70 cal/g a siete días para éste tipo de cemento. Su resistencia relativa de 1 a 28 días es del 75 al 100%.

f.3. **Cemento Portland Tipo III:** Este tipo de cemento desarrolla altas resistencias a edades tempranas, de 3 a 7 días igual a la desarrollada a los 28 días por los cemento tipo I y tipo II. Esta propiedad se obtiene al molerse el cemento más finamente durante el proceso de molienda. Su utilización se debe a necesidades específicas de la construcción, cuando es necesario retirar cimbras lo más pronto posible o cuando por requerimientos particulares, una obra tiene que ponerse en servicio muy rápidamente, como es el caso de carreteras y autopistas.

f.4. **Cemento Portland Tipo IV:** Este tipo de cemento es utilizado cuando por necesidades de la obra, se requiere que el calor generado por la hidratación sea mantenido a un mínimo; el calor de hidratación del cemento tipo IV suele ser el 65% del Tipo I, 80% del Tipo II y 55% del Tipo III; en su primera semana de hidratación.

El desarrollo de resistencias de éste tipo de cemento es muy lento en comparación con los otros tipos. Los usos y aplicaciones del cemento tipo IV están dirigidos a obras como por ejemplo, grandes presas, moles de concreto, túneles entre otros. Su resistencia relativa de 1 a 28 días es del 55 al 75%.

f.5. **Cemento Portland Tipo V:** Este tipo de cemento es utilizado cuando es necesario la protección contra el tanque elevado se sulfatos, como por ejemplo estructuras hidráulicas expuestas a aguas de mar o con alto contenido de álcalis. Su resistencia relativa de 1 a 28 días es del 65% al 85%.

## **2.6. Propiedades de los Agregados [Abanto, Tecnología del Concreto, 1992]**

### **2.6.1. *Peso Específico (NTP 400.012, ASTM C136)***

Se define como la relación entre la masa de un volumen unitario del material y la masa de igual volumen de agua destilada, libre de gas, a una temperatura especificada. Según el Sistema Internacional de Unidades, el término correcto es Densidad.

### **2.6.2. *Peso Específico Aparente (NTP 400.012, ASTM C136)***

Es la relación de la masa en el aire de un volumen unitario del material, a la masa en el aire (de igual densidad) de un volumen igual de agua destilada libre de gas, a una temperatura

especificada. Cuando el material es un sólido, se considera el volumen de la porción impermeable.

**2.6.3. *Peso Específico de Masa (NTP 400.012, ASTM C136)***

Viene a ser la relación entre la masa en el aire de un volumen unitario del material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material) a la masa en el aire (de igual densidad) de un volumen igual de agua destilada, libre de gas y a una temperatura especificada.

**2.6.4. *Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca (NTP 400.012, ASTM C136)***

Tiene la misma definición que el peso específico de masa con la salvedad de que la masa incluye el agua en los poros permeables. El peso específico que más se utiliza, por su fácil determinación para calcular el rendimiento del concreto o la cantidad necesaria de agregado para un volumen dado de concreto; es aquel que está referido a la condición de saturado con superficie seca del agregado.

**2.6.5. *Absorción (NTP 400.012, ASTM C136)***

Capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergidos durante 24 horas en ésta. La relación del incremento en peso al peso de la muestra seca, expresada en porcentaje, se denomina Porcentaje de Absorción. Esta particularidad de los agregados, que dependen de la porosidad, es de suma importancia para realizar correcciones en las dosificaciones de mezclas de concreto.

A su vez, la absorción influye en otras propiedades del agregado, como la adherencia en el cemento, la estabilidad química, la resistencia a la abrasión y la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo.

A menudo se considera que, los agregados absorben o ceden el agua en defecto o exceso para quedar saturados y superficialmente seco (S.S.S.) antes de que el concreto llegue a fraguar; sin embargo cuando se trabaja con agregados secos, los poros permeables se pueden obstruir, e impedir que se llegue a la saturación.

Es aconsejable, por tanto, determinar el porcentaje de absorción entre los 10 y 30 primeros minutos, ya que la absorción total en la práctica nunca se cumple.

**2.6.6. *Peso Unitario (NTP 400.017, ASTM C39)***

Es el peso del material seco que se necesita para llenar cierto recipiente de volumen unitario. También se le denomina Peso volumétrico y se emplea en la conversión de cantidades en peso a cantidades en volumen y viceversa.

El peso unitario de los agregados está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compactado).

#### **2.6.7. Contenido de Humedad (NTP 400.010, ASTM C70)**

Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado, cuando dicha cantidad se expresa como porcentaje de la muestra seca (en estufa), se le denomina Porcentaje de Humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción.

Los agregados generalmente se los encuentra húmedos, y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las propiedades de una mezcla.

#### **2.6.8. Abrasión (NTP 400.019 – 400.020, ASTM C 131)**

Oposición que presentan los agregados sometidos a fuerzas de impacto y al desgaste por abrasión y frotamiento, ya sea de carácter mecánico o hidráulico, se mide en función inversas al incremento de material fino; y cuando la pérdida de peso se expresa en porcentaje de la muestra original se le denomina porcentaje de desgaste. Existen diferentes métodos para medir los efectos de abrasión, pero actualmente el más usado es el de la Prueba de los Ángeles, por la rapidez con que se efectúa y porque se puede aplicar a cualquier tipo de agregado.

En los agregados gruesos, ensayados al desgaste, según el método NTP 400.019 y 400.020 se aceptará una pérdida no mayor del 50% del peso original. Podrá emplearse el agregado grueso que tenga una pérdida mayor siempre que experimentalmente se demuestre la posibilidad de obtener concretos de resistencias adecuadas. Se recomienda que los agregados a usarse en pavimentos rígidos y construcciones sujetos a fuertes fricciones, presenten un porcentaje de desgaste inferior al 30% y hasta un 40% cuando se utilicen en estructuras no expuestas a la abrasión directa.

El porcentaje de desgaste para los agregados de Cajamarca varía entre 25% y 50% con excepción de la Cantera Shaullo Chico, cuyo resultado supera el 80%.

Para determinar la resistencia al desgaste de los agregados se utiliza el equipo llamado Máquina de los Ángeles, esta consiste de un cilindro hueco de acero cerrado en ambos extremos, con un diámetro interior de 71.1 cm y un largo interior de 50.8 cm.

El cilindro va montado sobre puntas de eje adosadas a sus extremos, pero sin penetrarlo y de tal forma que pueda rotar con el eje en posición horizontal. Este cilindro tiene una abertura para introducir la muestra de ensayo y para cubrirla lleva una tapa adecuada a prueba de polvo, con



medios propicios para atornillarla en su sitio. La tapa está diseñada de manera tal, que mantiene el contorno cilíndrico de la superficie interior a menos que la paleta esté situada en forma tal, que la carga no caiga sobre la tapa, ni la toque durante el ensayo.

La máquina lleva una paleta desmontable de acero a lo largo de una generatriz de la superficie anterior, que se proyecta radialmente 9 cm hacia su interior y con un espesor tal, que si distancia a la abertura medida a lo largo de la circunferencia del cilindro de la dirección de la rotación no sea menor a 127 cm.

### **2.7. Diseño de Mezclas [Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 16-17]**

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

En la selección de las proporciones de la mezcla de concreto, el diseñador debe recordar que la composición de la misma está determinada por: Las propiedades que debe tener el concreto endurecido, las cuales son determinadas por el ingeniero estructural y se encuentra indicadas en los planos y/o especificaciones de obra.

- Las propiedades del concreto al estado no endurecido las cuales generalmente son establecidas por el ingeniero estructural en función del tipo y características de la obra y de las técnicas a ser empleadas en la colocación del concreto.
- El costo de la unidad cúbica del concreto.

Los criterios presentados permiten obtener una primera aproximación de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica del concreto. Estas proporciones sea cual fuere el método empleado para determinarlas, deberán ser consideradas como valores de prueba sujetos a revisión y ajustes sobre la base de los resultados obtenidos en mezclas preparadas bajo condiciones de laboratorio y obra.

Dependiendo de las condiciones de cada caso particular, las mezclas de prueba deberán ser preparadas en laboratorio y de preferencia como tandas de obra empleando el personal, materiales y equipo a ser utilizados en la construcción. Este procedimiento permite ajustar las proporciones seleccionadas en la medida que ellos sea necesario hasta obtener un concreto que, tanto en estado

fresco como endurecido, reúna las características y propiedades necesarias, evitando los errores derivados de asumir que los valores obtenidos en el gabinete son enteramente representativos del comportamiento del concreto bajo condiciones de obra.

## **2.8. Pasos en el Diseño de la Mezcla**

### **2.8.1. Selección de la Resistencia Promedio [Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 57]**

#### **a) Grado de Control de la Calidad del Concreto**

Las mezclas de concreto deben diseñarse para una resistencia promedio cuyo valor es siempre superior al de la resistencia de diseño especificada por el ingeniero proyectista. La diferencia entre ambas resistencias está dada y se determina en función del grado de control de la uniformidad y de la calidad del concreto realizado por el contratista y la inspección. Se considera que el grado de rigidez en el control de las operaciones del proceso de puesta en obra del concreto es función de:

- El ahorro obtenido en los costos de producción comparado con el gasto de las operaciones de control de calidad.
- Las características, importancia y magnitud de la obra.
- Las propiedades requeridas por el concreto tanto al estado fresco como el endurecido. En este aspecto debe recordarse que la resistencia en compresión del concreto no siempre es el único ni el más importante de los factores a ser considerados, pudiendo la durabilidad u otras propiedades ser más importante en función de las características, uso o ubicación de la obra.
- Los materiales empleados y el proceso de puesta en obra del concreto.
- Los requisitos de los planos y especificaciones de obra, así como las limitaciones de las Normas.

### **2.8.2. Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso [Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 73-74]**

#### **a) Definiciones**

La Norma NTP 400.037 define al “Tamaño Máximo” como aquel que “corresponde” al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

La Norma NTP 400.037 define al “Tamaño Máximo Nominal” como aquel que “corresponde” el menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

La **Tabla N° 05** presenta las curvas granulométricas que corresponde a tamaños máximos nominales comprendidos entre 2” y 3/8”. Esta Tabla corresponde a la clasificación de la Norma ASTM C 33.

b) Criterios de Selección

Se deberá tener en consideración que en obra el concreto deberá ser colocado sin dificultad en lo encofrados y que en todos los lugares de ellos, especialmente esquinas y ángulos, espacio entre barras, ductos y elementos embebidos, secciones altamente reforzadas, y paredes de encofrados, no deberán quedar espacios vacíos ni cangrejeras. En general, en la medida que el porcentaje de vacíos tienda a disminuir conforme aumente el tamaño máximo nominal de un agregado bien gradado. Se considera que, en ningún caso, el tamaño máximo nominal del agregado grueso deberá exceder de los siguientes valores:

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

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

**Tabla N° 05 Selección del Tamaño Máximo Nominal**

Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasan por las siguientes mallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8
2"	95-100	...	35-70	...	10-30	...	0.5	...
1 1/2"	100	95-100	...	35 - 70	...	10-30	0.5	...
1"	...	100	95 - 100	...	25 - 60	...	0.5	0.5
3/4"	...	...	100	90 - 100	...	20 - 55	0.5	0.5
1/2"	...	...	...	100	90 - 100	40 - 70	0.5	0.5
3/8"	...	...	...	...	100	85 - 100	0.5	0.5

Fuente: Rívva, Diseño de Mezclas, 2007. 74

**2.8.3. Selección del Asentamiento [Rívva, Diseño de Mezclas, 2007. 75-77]**

a) Criterios Básicos

La consistencia es aquella propiedad del concreto no endurecido que define el grado de humedad de la mezcla. De acuerdo a su consistencia, las mezclas de concreto se clasifican en:

- Mezclas secas; aquellas cuyo asentamiento está entre cero y dos pulgadas (0mm a 50 mm)
- Mezclas plásticas; aquellas cuyo asentamiento está entre tres y cuatro pulgadas (75mm a 100mm)

- Mezclas fluidas; aquellas cuyo asentamiento está entre cinco o más pulgadas (mayor a 125mm).

Existen diferentes métodos de laboratorio para determinar la consistencia de las mezclas de concreto. De todos ellos se considera que el ensayo de determinación del asentamiento medido con el Cono de Abrams, es aquel que da una mejor idea de las características de la mezcla de concreto bajo condiciones de obra. Entre los principales factores que pueden modificar la consistencia de una mezcla de concreto se encuentran los siguientes:

- El contenido, fineza y composición química del cemento. La adición de materiales cementantes o puzolánicos.
- El perfil, textura superficial, revestimientos superficiales, porosidad, absorción y granulometría de los agregados fino y grueso.
- La presencia de aditivos incorporadores de aire; aditivos acelerantes y aditivos reductores de agua.
- Las proporciones de la mezcla.
- La temperatura y humedad relativa ambiente.
- El tiempo transcurrido entre la preparación del concreto y el momento en que se efectúa el ensayo de consistencia.

La determinación del asentamiento de las mezclas de concreto, empleando el método del Cono de Abrams, se efectuará siguiendo las recomendaciones de la Norma NTP 39.035 o ASTM C 143.

#### b) Selección del Asentamiento

Se seguirá alguno de los siguientes criterios:

- El concreto se dosificará para una consistencia plástica, con un asentamiento entre tres y cuatro pulgadas (75mm a 100mm) si la consolidación es por vibración y de cinco pulgadas o menor (125mm o menos) si la compactación es por varillado.
- Se seleccionará el valor más conveniente empleando la Tabla N° 06 preparada por el Comité 211 del ACI. Los rangos indicados en esta tabla corresponden a concretos consolidados por vibración. Deberá emplearse mezclas de la mayor consistencia compatible con una adecuada colocación.

Podrá aceptarse en obra una tolerancia hasta de 25 mm sobre el valor indicado en el acápite anterior para una muestra individual, siempre que el promedio de cinco muestras consecutivas no excede el límite indicado. En aquellos casos en que se desee un concreto fluido de alto asentamiento, deberá tenerse cuidado en la evaluación de la mezcla a fin de

garantizar que la segregación y exudación no han de modificar las propiedades de esta. Se podrá utilizar en obra concretos con asentamientos diferentes de los indicados siempre que se cuente con autorización escrita de la inspección.

**Tabla N° 06: Selección del Asentamiento**

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

Fuente: Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 75-77

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

#### **2.8.4. Selección de Volumen Unitario de Agua [Rivva, Diseño de Mezclas, 2007 79-83]**

##### **a) Consideraciones Generales**

Se refiere a la determinación de la cantidad de agua que se debe incorporar a la mezcladora por unidad cúbica de concreto, para obtener una consistencia determinada cuando el agregado esta al estado seco. No presentándose generalmente el agregado al estado seco, la cantidad de agua seleccionada deberá posteriormente ser corregida en función del porcentaje de absorción y contenido de humedad del agregado. El volumen unitario del agua, a partir del cual y conociendo la relación agua – cemento efectiva es posible calcular el factor cemento, es función fundamentalmente de las características físicas del agregado, de la consistencia seleccionada, y del contenido de aire de la mezcla.

El empleo de aditivos minerales finamente divididos puede disminuir ligeramente los requisitos de agua de la mezcla. Igualmente la temperatura ambiente, así como la humedad relativa, pueden influir en la cantidad de agua a ser empleada.

##### **b) Criterios de la Selección**

La **Tabla N° 07** ha sido preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI. Ella permite seleccionar el volumen unitario de agua, para agregados al estado seco, en concretos preparados con o sin aire incorporado; teniendo como factores a ser considerados la consistencia que se desea para la mezcla y el tamaño máximo nominal del agregado grueso. Dependiendo de la textura y perfil del agregado grueso, los requisitos de agua dados

en la **Tabla N° 07** pueden ser algo más altos o más bajos que los valores necesarios, pero son suficientemente seguros para una primera estimación.

Tales diferencias en la demanda de agua no se reflejan necesariamente en la resistencia desde que otros factores comenzantes pueden estar involucrados. Así, por ejemplo un agregado grueso angular y otro redondeado, ambos con granulometría adecuada y similar, y ambos de buena calidad, puede esperarse que produzcan concretos de la misma resistencia en compresión para el mismo factor cemento, independientemente de las diferencias de la relación agua cemento resultantes de los diferentes requisitos de agua de mezclado. El perfil de las partículas por sí mismo, no es un indicador de que un agregado esta sobre o bajo el promedio en su capacidad de producir resistencia.

La **Tabla N° 08** ha sido preparada, en su oportunidad, por el Departamento de concreto del Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Esta tabla permite calcular el volumen unitario de agua, tomando en consideración, además de la consistencia y el tamaño máximo nominal del agregado, el perfil del mismo. Los valores de las tablas corresponden a mezclas sin aire incorporado y deben ser ajustados en función de porcentaje de absorción y contenido de humedad de los agregados finos y gruesos.

Los valores de ambas tablas pueden ser empleadas con seguridad en la estimación preliminar de las proporciones de la mezcla. En aquellos en que el agregado posee características que obligan a un aumento en el volumen de agua, deberá aumentarse igualmente el contenido de cemento a fin de mantener invariable la relación agua – cemento, excepto si los resultados de los ensayos de resistencia realizados con mezclas de prueba preparadas en el Laboratorio indican que tal incremento no es necesario.

Si el agregado posee características tales que permiten el empleo de menores que las indicas en las tablas se recomienda no modificar el contenido de cemento, excepto si os resultados de los ensayos de resistencia realizados bajo condiciones de obra indican que ellos es posible.

#### c) Consideraciones Complementarias

El ingeniero debe recordar que existe diferencia entre los conceptos de relación agua – cemento y volumen unitario de agua. El primero de ellos trata de fijar la cantidad de agua a ser añadida a la mezcla que saco de cemento para obtener una resistencia determinada. El

segundo concepto se refiere a la cantidad de agua de la mezcla por unidad cúbica del concreto.

Manteniéndose otras condiciones comprables, la cantidad de agua de la mezcla de reduce conforme al tamaño máximo del agregado se incrementa. Igualmente, las texturas rugosas y los perfiles angulares requieren más agua que las texturas suaves o los perfiles redondos. La incorporación intencional de aire al concreto tiene un efecto lubricante y, al mejorar la consistencia y aumentar la plasticidad, permite una reducción en el agua de mezclado para obtener un asentamiento determinado, tal como se aprecia en la **Tabla N° 07**.

La magnitud de la reducción de la mezcla depende del volumen de aire incorporado y de la riqueza de la mezcla. La magnitud de la reducción puede estimarse por Tablas, por cálculo o por conocimiento de la relación agua – cemento recomendable cuando se trabaja con concretos en los que se incorporado aire. Las cantidades de agua de mezclado recomendadas para concretos con aire incorporado están basadas en los requisitos típicos de contenido de aire total que se indican en la columna “exposición moderada” en la **Tabla N° 10**.

Estas cantidades de agua de mezclado, dadas por la **Tabla N° 07** se emplearán para la determinación del contenido de cemento a ser utilizado en las mezclas de prueba preparadas a temperaturas entre 20°C y 25°C. Los valores indicados en la **Tabla N° 07** son los máximos a ser utilizados cuando se emplea agregado grueso angular razonablemente bien perfilado y gradado dentro de los límites propuestos por especificaciones aceptadas (ASTM C 33 o NTP 400.037). El agregado grueso redondeado generalmente requiere 18 litros menos para concreto sin airea incorporado y 15 litros para concretos con aire incorporado.

El empleo de aditivos químicos reductores de agua, los cuales cumplen con los requisitos de la Norma ASTM C 494, puede igualmente reducir el agua de mezclado en porcentajes del orden del 5% o más. El volumen del aditivo líquido debe ser incluido como una parte del volumen total del agua de mezclado.

Los valores del asentamiento, dados en las **tablas N° 07 y 08** para concretos que contienen agregados mayores de 1 ½” están basados en ensayos de asentamientos efectuados después de retirar por cernido húmedo de las partículas mayores de 1 ½”.

Las cantidades de agua de mezclado dadas en las columnas correspondientes a 3” y 6” de tamaño máximo nominal de la **Tabla N° 07** son para ser empleadas en el cómputo del factor cemento de mezclas de prueba cuando se emplea agregados cuya granulometría corresponde

a los tamaños máximo no minales indicados. Estas cantidades de agua corresponden a agregado grueso razonablemente bien perfilado y adecuadamente gradado de fino a grueso.

**Tabla N° 07: Volumen Unitario de Agua**

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

Fuente: Rivva, Diseño de Mezclas, 2007 82

\* Esta Tabla ha sido confeccionada por el Comité 211 del ACI.

\*\* Los valores de esta Tabla se emplearan en la determinación del factor cemento en mezclas preliminares de prueba. Son valores máximos y corresponde a agregado grueso de perfil angular y granulometría comprenda dentro de los límites de la Norma ASTM C 33.

Si el valor del tamaño máximo del agregado grueso es mayor de 1 1/2" el asentamiento se determina después de retirar, por cernido húmedo, las partículas mayores de 1 1/2".

\*\*\* Para una mejor aplicación de la Tabla se seguirá lo indicado en el acápite c).

**Tabla N° 08: Volumen Unitario de Agua**

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen unitario de agua, expresado en l/m <sup>3</sup> para los asentamientos y perfiles de agregados grueso indicados					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	2119	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Fuente: Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 83

Los valores de la Tabla corresponden a concretos sin aire incorporado.



### 2.8.5. Selección del Contenido de Aire [Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 85-90]

#### a) Consideraciones Generales

Las burbujas de aire pueden estar presentes en la pasta como resultado de las operaciones propias del proceso de puesta en obra, en cuyo caso se le conoce como aire atrapado o aire natural; o pueden encontrarse en la mezcla debido a que han sido intencionalmente incorporadas a ella, en cuyo caso se les conoce como aire incorporado. Se denomina aire total a la suma de los volúmenes de aire atrapado más aire incorporado presente en una mezcla dada. En los conceptos siempre hay un pequeño porcentaje de aire atrapado, el cual depende del aporte de los materiales, las condiciones de operación y la granulometría y tamaño máximo del agregado. Las burbujas de aire atrapado se caracterizan por su diámetro cercano a 1 mm y su perfil irregular.

En los concreto con aire incorporado, este se incorpora intencionalmente a la mezcla mediante el empleo de aditivos con la finalidad de mejorar determinadas propiedades del concreto, especialmente su durabilidad frente a los procesos de congelación y deshielo. Las burbujas de aire incorporado se caracterizan por el pequeño diámetro, entre 10 y 1000 micrones, y el perfil esférico de la misma. La incorporación de aire a las mezclas, al proporcionar un sistema a burbujas que comprende del 9% al 10% de la fracción mortero del concreto, mejora significativamente la resistencia del concreto a la posibilidad de acciones destructivas debidas a la congelación del agua en los poros capilares del mismo.

Adicionalmente es recomendable el empleo de aire incorporado en aquellos casos en que el concreto va a estar sometido a procesos de ataque por acción del agua de mar o aguas agresivas, a la acción de sales o agentes químicos o a influencias destructivas similares.

La presencia de aire en las mezclas tiende a reducir la resistencia del concreto por incremento en la porosidad del mismo. Ellos se aprecian especialmente en mezclas ricas, en las que la reducción en la resistencia puede llegar a ser hasta de 5% por cada 1% de aire incorporado. Se ha observado que en mezclas pobres puede presentarse un pequeño incremento en la resistencia final si se toma ventaja de los menores requisitos de agua que requieren las mezclas con aire incorporado.

#### b) Selección del Contenido de Aire Atrapado

En la **Tabla N° 09** da el porcentaje aproximado de aire atrapado, en mezclas sin aire incorporado, para diferentes tamaños máximos nominales de agregado grueso adecuadamente gradado dentro de los requisitos de la Norma NTP 400.037 o ASTM C 33.

c) Selección del Contenido de Aire Incorporado

c.1. Si es necesario o se desea trabajar con aire incorporado, la **Tabla N° 10** da tres niveles de aire total, los cuales dependen de los propósitos de empleo del aire incorporado y de la severidad de las condiciones del clima. La **Tabla N° 10** admite una tolerancia del 1.5% la determinación del contenido total de aire podrá efectuarse de acuerdo a los requisitos de las Normas ASTM C 231, C 173 o C 138.

c.2. En la **Tabla N° 10** se aprecia que el contenido de aire total se presenta en tres condiciones de exposición: a) suave, b) moderada y c) severa.

- La condición de exposición suave corresponde a aquellos casos en los que el aire incorporado se emplea por razones ajenas a la durabilidad, tales como incremento en la trabajabilidad o cohesión o cuando se emplea en concretos de bajo factor cemento para incrementar la resistencia por disminución del agua de mezclado. La exposición suave incluye servicios en climas en los que el concreto no ha de estar expuesto a congelación.
- La exposición moderada se aplica a climas en los que puede esperarse procesos de congelación, pero en los que el concreto no ha de estar expuesto continuamente a humedad o agua libre antes de la congelación y, además no estará expuesto a agentes des congelantes u otros elementos agresivos químicos.

Pueden considerarse como ejemplos de esta condiciones las vigas exteriores, columnas, muros, pórticos, o losas, los cuales no están en contacto con suelo húmedo y tienen una ubicación tal que no recibirán aplicación directa de sales des congelantes.

- El criterio de exposición severa se aplica a concretos que han de estar expuestos a la acción de agentes químicos agresivos y des congelantes; o en aquellos casos en los que el concreto puede estar altamente saturado por contacto continuo con humedad o agua libre antes de la congelación.

En este último caso no deberá reducirse el porcentaje de aire incorporado únicamente por mantener la resistencia final.

d) Recomendaciones Adicionales

Recomendaciones adicionales para contenido de aire incorporado y total, así como para tolerancias necesarias en el contenido de aire para control en obra están dadas en diversos

códigos ACI, entre ellos los 201, 345, 318 y 302. La Norma ASTM C 94 para concretos premezclados, también da límites para el contenido de aire. Los requisitos indicados en otras especificaciones pueden no siempre concordar con los valores indicados, por lo que en la selección de las proporciones del concreto deberá darse consideración a escoger un contenido de aire que cumpla con las necesidades de la obra y los requisitos de las especificaciones.

Para concretos que contienen agregado cuyo tamaño máximo nominal es mayor de 1 ½” el cual deberá ser cernido húmedo en la malla mencionada antes del ensayo de contenido de aire, el porcentaje de aire total a ser esperado en el material que pasa la malla de 1 ½” deberá ser el tabulado en la columna de 1 ½”, sin embargo los cálculos de las proporciones de mezcla iniciales deberán incluir el contenido de aire como porcentaje del todo.

Cuando se emplea agregado grueso cuyo tamaño máximo nominal es mayor de 1 ½” en concreto con factor cemento bajo, el contenido de aire de la mezcla no necesariamente es dañino para la resistencia dado que en muchos casos, los requisitos de agua de mezclado se reducen lo suficiente para mejorar la relación agua – cemento y, de esta manera, compensar la reducción en la resistencia debida al incremento en la porosidad por la presencia del aire.

Por las razones indicadas generalmente, para tamaños máximos de agregado iguales o mayores a 1 ½” los contenidos de aire recomendados para “exposición severa” deberán ser empleados aun cuando ellos puedan ser pequeños o no exista exposición a congelación y deshielo en condición húmeda. Los valores de la columna correspondiente a “exposición severa” de la Tabla 10 están basados en el criterio que se requiere 9% de aire en la fase mortero del concreto. Si en obra el volumen del mortero es sustancialmente diferente de aquel que se determina en estas recomendaciones, puede ser conveniente calcular el contenido de aire necesario tomando 9% del volumen de mortero real.

Cuando se emplea muestras de prueba para establecer relaciones de resistencia, o verificar la capacidad de producción de resistencia de una mezcla, deberá emplearse la combinación menos favorable de agua de mezclado y contenido de aire. Ellos evitaran una sobrestimación de la resistencia o el considerar que condiciones promedio más que condiciones extremas han de prevalecer en la obra. El empleo de porcentajes nominales de aire incorporado en concretos de resistencia en compresión de diseño especificadas del orden de 350 kg/cm<sup>2</sup> o mayores, puede ser no recomendable debido al hecho de cada incremento del 1% en el contenido de aire tiende a bajar la resistencia máxima obtenible

por una combinación de materiales. Para estos casos se recomiendan una cuidadosa evaluación de la magnitud de la exposición al agua, la posibilidad de empleo de sales des congelantes y el posible valor de la temperatura de congelación.

Si un elemento estructural no va a estar continuamente humedecido, y tampoco va a estar expuesto a la acción de sales des congelantes, puede ser razonable emplear valores de contenido de aire total menores, tales como aquellos que corresponden a la columna "exposición moderada" de la **Tabla N° 10**, aun si el concreto estará expuesto a temperaturas de congelación. Sin embargo en aquellos casos en que las condiciones de exposición pueden dar lugar a saturación del elemento antes de la congelación, no deberá reducirse el contenido de aire incorporado únicamente para tener más resistencia.

**Tabla N° 09: Contenido de Aire Atrapado**

Tamaño Máximo Nominal	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%
6"	0.2%

Fuente: Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 89

**Tabla N° 10: Contenido de Aire Incorporado y Total**

Tamaño Máximo Nominal	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 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2.0	4.0	5.0
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1.0	3.0	4.0

Fuente: Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 89

\*\* Todos los valores de la Tabla corresponden al contenido total de la mezcla de concreto. Sin embargo, cuando se efectúa el ensayo de determinación del contenido de aire en concretos en los que el tamaño máximo nominal del agregado es de 2", 3" o 6", el agregado mayor de 1 1/2" debe ser removido, ya sea manualmente o por cernido húmedo, y el contenido de aire determinado para la fracción menor de 1 1/2"; debiéndose aplicar las

tolerancias en el contenido de aire a este valor. El contenido total de aire de la mezcla se computa a partir de la fracción menor de  $1 \frac{1}{2}$ ".

\*\*\* El contenido de aire incorporado se determina restando del valor de esta tabla, el aire atrapado dado por la **Tabla N° 09**.

#### **2.8.6. Selección de la Relación Agua - Cemento por Resistencia [Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 91-97]**

##### **a) Criterios Básicos**

a.1. Desde que la mayoría de las propiedades deseables en el concreto endurecido dependen de la calidad de la pasta, producto final del proceso de hidratación del cemento, se considera que una de las etapas fundamentales en la selección de las proporciones de una mezcla de concreto es la elección de la relación agua – cemento más adecuada.

a.2. La relación agua – cemento requerida por una mezcla de concreto es función de la resistencia, durabilidad y requisitos de acabado del mismo.

a.3. La relación agua – cemento de diseño, que es el valor a ser seleccionado de las tablas, refiere a la cantidad de agua que interviene en la mezcla cuando el agregado está en condición de saturado superficialmente seco, es decir que no toma ni aporta agua. La relación agua – cemento efectiva se refiere a la cantidad de agua de la mezcla cuando se tiene en consideración la condición real de humedad del agregado.

a.4. En aquellos casos en que fuere necesario, se determina en primer lugar la relación agua – cemento requerido por durabilidad y, a continuación, se procederá a determinar la misma relación en función de la resistencia en compresión promedio que se desea obtener para el concreto. De los dos valores se escogerá el menor.

a.5. La selección de la relación agua – cemento por resistencia se hace partiendo del criterio de que esta propiedad es la más fácilmente mensurable y que, dentro de ciertas limitaciones, está regulada por la relación de la cantidad de agua a la cantidad de cemento en la unidad cúbica de mezcla.

a.6. Desde que diferentes agregados y diversos tipos y marcas de cemento generalmente producen diferentes resistencias para la misma relación agua – cemento, se considera que en la selección de la relación agua – cemento por resistencia un criterio adecuado es establecer la interrelación entre la resistencia y la relación agua – cemento mediante

ensayos de laboratorio en lo que se utiliza los materiales a ser empleados en obra y con ellos se preparan mezclas de prueba para todas las posibles variantes que pudieran presentarse. Con estos resultados se desarrollan curvas que relacionan la relación agua – cemento con la resistencia, para condiciones dadas de trabajabilidad y consistencia.

**b) Criterios en la Selección**

En aquellos casos en que la durabilidad del concreto no es un factor determinante y no se dispone de la información indicada en el acápite a.6, la relación agua – cemento por resistencia puede ser seleccionada a partir de los valores indicados en la **Tabla N° 11, 12, 13 y 14**. La **Tabla N° 11** es una adaptación confeccionada por el Comité 211 del ACI. Esta tabla de las relaciones agua – cemento en peso máximas permisibles para diferentes valores de la resistencia promedio, ya sea que se trate de concretos sin o con aire incorporado. Esta tabla da valores aproximados y relativamente conservadores para concreto con cemento Portland normal Tipo I. Para materiales que cumplen con las Normas ASTM C 33 o NTP 400.037, las relaciones agua – cemento de esta tabla deberían permitir obtener las resistencias indicadas, las cuales corresponden a probetas ensayadas a los 28 días de vaciadas después de ser curadas bajo condiciones estándar de laboratorio.

El análisis de la **Tabla N° 11** permite apreciar que las resistencias para concretos con aire incorporador, en una relación agua – cemento dada, están en el orden del 29% menos que las del correspondiente concreto sin aire incorporado. Se considera que esta reducción es lo suficientemente segura para propósitos de estimación de proporciones si se considera que las diferencias entre el contenido de aire recomendado para concretos con aire incorporado y el porcentaje de aire que se presenta en concretos sin aditivo incorporado de aire, son aproximadamente las mismas para diferentes tamaños de agregado. Al diseñar la mezcla, se deberá tener presente que la reducción en la resistencia a la que se ha hecho referencia en el acápite anterior puede aplicarse únicamente cuando la relación agua – cemento en la misma en cada caso. Si el contenido de cemento y la consistencia son mantenidos constantes, la aparente reducción en la resistencia es parcial o totalmente compensada por la reducción en los requisitos de agua de mezclado debido a la incorporación de aire. La **Tabla N° 12** ha sido confeccionada por un grupo de investigadores de la National Ready Mixed Concrete Association.

Ella relaciona la resistencia en compresión promedio con el tamaño máximo nominal de agregado grueso de perfil angular y adecuadamente distribuido por tamaños, dentro de las recomendaciones de la Norma ASTM C 33 o NTP 400.037. Los valores indicados en esta

tabla corresponden a concretos sin aire incorporado. Para concretos con él, la relación agua – cemento requerida deberá estimarse sobre la base de la necesidad de incrementar la resistencia promedio para compensar por una reducción del 5% de resistencia por cada 1% de aire incorporado. Las relaciones de esta tabla corresponden a estimados conservadores de resistencia promedio ser obtenidas empleando cemento Portland norma y agregados que cumplan con los requisitos de la Norma. Estas relaciones deberán ser corregidas de acuerdo a las características de los materiales a ser empleados en una obra dada. Las resistencias corresponden a valores obtenidos en probetas cilíndricas estándar, ensayadas a los 28 días siguiendo las recomendaciones de la Norma C 31 del ASTM.

La **Tabla N° 13** fue confeccionada por Staton Walker en la Universidad de Maryland. Ella da las relaciones agua – cemento de diseño que permiten obtener una resistencia promedio determinada cuando se emplea diversos porcentajes de aire total. Además de permitir seleccionar la relación agua - cemento de diseño para un resistencia determinada, esta tabla es muy útil en aquellos casos en que se desea corregir las proporciones de mezclas ya diseñadas y a las cuales se les está incorporando aire.

La **Tabla N° 14** es una adaptación de la confeccionada por el Bureau of Reclamation de los estados Unidos, y relaciona la relación agua – cemento de diseño, expresada en peso, con la probable resistencia a la compresión a los 28 días y la cantidad en kilos de cemento de Portland Tipo I, por m<sup>3</sup> de concreto, que se estima necesarios para alcanzar dicha resistencia. Los valores de la tabla han sido estimados para concretos con y sin aire incorporado y ellos están limitados a mezclas cuyo agregado grueso tenga un tamaño máximo nominal hasta de 1 ½”.

**Tabla N° 11: Relación Agua – Cemento por Resistencia**

f'c (28 días)	Relación agua – cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	...
450	0.38	...

Fuente: Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 95

\* Esta tabla es una adaptación de la confeccionada por el Comité 211 del ACI.

\*\* La resistencia corresponde a resultados de ensayos de probetas cilíndricas estándar de 15 x 30 cm, preparadas y curadas de acuerdo a lo indicado en la Sección b de la Norma ASTM C 31.

\*\*\* Las relaciones agua – cemento se basan en tamaños máximos nominales del agregado grueso comprendido entre ¾” y 1”. La resistencia producida por la relación agua – cemento deberá incrementarse conforme al tamaño máximo nominal disminuye.

**Tabla N° 12: Relación Agua – Cemento por Resistencia**

f'c (28 días)	Estimación de la relación agua – cemento en peso para agregado grueso del tamaño máximo nominal indicado		
	3/8”	¾”	1 ½”
140	0.87	0.85	0.80
175	0.79	0.76	0.71
210	0.72	0.69	0.64
245	0.66	0.62	0.58
280	0.61	0.58	0.53
315	0.57	0.53	0.49
350	0.53	0.49	0.45

Fuente: Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 95

\* Esta tabla ha sido confeccionada por n grupo de investigadores de la Nacional Ready Mixed Concrete Association.

\*\* Los valores corresponde a concretos sin aire incorporado. En concretos con aire incorporado, la relación agua – cemento deberá estimarse sobre la base de la reducción del 5% de la resistencia por cada 1% de aire incorporado.

\*\*\* La resistencia corresponde a resultados a los 28 días de probetas cilíndricas estándar de 15 x 30 cm preparadas y curadas de acuerdo a lo indicado en la Sección 9(b) de la Norma ASTM C 31.

**Tabla N° 13: Relación Agua – Cemento por Resistencia**

f'c (28 días)	Relación agua – cemento para diversos contenidos de aire total			
	2%	4%	6%	8%
140	0.76	0.71	0.67	0.60
175	0.67	0.62	0.58	0.51
210	0.60	0.55	0.51	0.45
245	0.53	0.49	0.45	0.37
280	0.49	0.45	0.40	0.33
315	0.45	0.40	0.36	0.29
350	0.40	...	...	...

Fuente: Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 96



\* Esta tabla ha sido confeccionada por Staton Walker en la Universidad de Maryland.

\*\* La resistencia corresponde a resultados a los 28 días de probetas cilíndricas estándar de 15 x 30 cm preparadas y curadas de acuerdo a lo indicado en la sección 9(b) de la Norma ASTM C 31.

**Tabla N° 14: Relación Agua – Cemento por Resistencia**

Relación Agua - Cemento	Concretos sin aire incorporado		Concretos con aire incorporado	
	f'c	Cemento kg/m3	f'c	Cemento kg/m3
0.40	385	414	315	361
0.45	350	365	280	325
0.50	305	329	250	287
0.55	280	298	230	276
0.60	240	265	195	240
0.65	215	250	182	228
0.70	180	234	150	213
0.75	170	223	140	191

Fuente: Rívva, *Diseño de Mezclas*, 2007. 97

\* Esta tabla es una adaptación de la confeccionada por el Bureau of Reclamation de los Estados Unidos.

\*\* Los contenidos de cemento de esta tabla sólo deben ser aplicados a mezclas de concreto cuyo agregado grueso tenga un tamaño máximo no minal hasta 1 ½”.

**2.8.7. Selección de la Relación Agua – Cemento por Durabilidad [Rívva, *Diseño de Mezclas*, 2007. 99-106]**

**a) Consideraciones Generales**

Este capítulo tiende a enfatizar la importancia que el diseñador considere además de los de resistencia en compresión, los requisitos de durabilidad antes de procedes a seleccionar las proporciones finales de la mezcla de concreto y el espesor del recubrimiento del acero de refuerzo. El diseñador de la mezcla debe tener en consideración que por razones de exposición del concreto a procesos de congelación y deshielo, a la acción de suelos o aguas sulfatadas; o para prevenir procesos de corrosión en el acero de refuerzo, puede ser necesario recomendar relaciones agua – cemento de diseño con valores máximos en peso de 0.4 0.45 o 0.5 las cuales generalmente son equivalentes a resistencias en compresión de diseño de 335, 315 o 280 kg/cm<sup>2</sup>, los valores que podrían ser mayores que aquellos requeridos únicamente por razones de resistencia.

Teniendo en consideración lo indicado, así como que usualmente es difícil de determinar con seguridad la relación agua – cemento de diseño del concreto durante la producción del mismo, aquella que especifique el Ingeniero Estructural deberá ser razonablemente consistente con la relación agua – cemento de diseño requerida por durabilidad por lo que, en aquellos casos que deba seleccionarse la relación agua – cemento por resistencia y durabilidad, se utilizara en la selección de las proporciones de la mezcla el menor de los dos valores, aun cuando con ello se obtengan resistencias en compresión mayores que la resistencia promedio seleccionada. Los resultados así obtenidos no deberán conducir a interpretaciones equivocadas sobre la selección de las proporciones, calidad de los concretos, o procesos de producción o control de los mismos.

Este capítulo no incluye recomendaciones para condiciones de exposición especialmente severas, tales como ácidos o altas temperaturas y tampoco está referido a consideraciones estéticas tales como acabados superficiales. Estos puntos deberán ser cubiertos en las Especificaciones del Proyecto.

**b) Exposición a Congelación y Deshielo**

Los concreto de peso normal y los concreto livianos, expuestos en cualquier época de su vida a procesos de congelación y deshielo o a la acción de sales des congelantes, deberán tener aire incorporado con los contenidos de aire total, como suma de aire atrapado más aire incorporado, indicados en la **Tabla N° 11**. La tolerancia en el contenido de aire al momento de la entrega del concreto en el punto de colocación deberá ser de más o menos 1.5%. Para resistencias a la compresión especificadas mayores de 350 kg/cm<sup>2</sup>, los contenidos totales de aire indicados en la **Tabla N° 11** podrían reducirse en 1%.

Esta autorización tiene como base el que en este nivel de resistencia los concretos tienen una relación agua – cemento baja y, si han sido adecuadamente curados, alto contenido de gel y baja porosidad capilar, todo lo cual favorece una mejor resistencia a los procesos de congelación. Los valores de la **Tabla N° 11** contemplan los casos de exposición severa y moderada, dependiendo del grado de exposición a la humedad o a sales des congelantes y estableciendo para cada uno de ellos el contenido de aire total.

Debe considerarse como ejemplos de exposición a los pavimentos, losas de puentes, bordillos, playas de estacionamiento, tanques de agua, canales, y estructuras hidráulicas que se encuentran dentro de las condiciones indicadas en la tercera indicación del acápite c.2 de 2.8.5.

El criterio de exposición moderada ha sido definido en la segunda indicación del acápite c.2 de 2.8.5. El constructor debe recordar que el aire incorporado a la mezcla no protegerá a concretos que contiene agregado grueso el cual puede experimentar cambios de volumen destructivos cuando congela en condición saturada. En casos de exposición moderada, y especialmente en los de exposición severa, es obligatorio el ensayo de estabilidad de volumen en el agregado.

El concreto que deberá estar, en cualquier etapa de su vida, sometido a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda, que deba tener baja permeabilidad al agua, o que va a estar expuestos a sales des congelantes, aguas salobres, agua de mar, rocío o neblina de estas fuentes; o a la acción de aguas cloacales, deberá tener la relación agua – cemento de diseño máxima y cumplir con los otros requisitos indicados en la **Tabla N°15**. En el caso de los concretos livianos, se especifica en la **Tabla N° 15** un nivel mínimo de resistencia en compresión en lugar de una relación agua – cemento debido a que la absorción de los agregados livianos es siempre incierta, haciendo prácticamente muy difícil el cálculo de la relación agua – cemento. Para este tipo de concretos se estima que un nivel mínimo de resistencia deberá garantizar el empleo de una pasta de alta calidad.

Se recomienda que el contenido mínimo de cemento en mezclas de concreto expuestas a procesos de congelamiento y deshielo o a la acción de sales des congelantes, no se menor de 340 kg/cm<sup>3</sup>, debiendo el cemento cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 150 o ASTM C 595 o las correspondientes NTP. Cuando se utiliza cementos que cumplen con los requisitos de las Normas ASTM C 618 o ASTM 989, la relación agua – cemento indicada en las **Tablas 15 o 16** deberá ser calculado empleando el peso de cemento.

#### c) Exposición al Ataque de Sulfatos

Los sulfatos de sodio, calcio y magnesio, presentes en los suelos, aguas freáticas y agua de mar, son causa de ataque al concreto al reaccionar con el aluminato tricálcico y la cal libre presentes en los concretos de cemento Portland.

Se sabe que cuando el concreto está en presencia de soluciones de sulfatos, se forma sulfoaluminato de calcio, por reacción química con los aluminatos, en presencia de la cal libre y la humedad, desarrollándose un gel expansivo con gran aumento de volumen, lo que origina en el concreto la expansión, agrietamiento y destrucción. Lo expuesto permite llegar a una primera e importante conclusión cuanto menor es el contenido de aluminato tricálcico en el cemento mejor será la resistencia del concreto al ataque por sulfato.

El concreto va a estar expuesto a soluciones o suelos que contiene sulfatos, deberá cumplir requisitos indicados en la **Tabla N° 16** ser preparado con un cemento que proporcione resistencia a los sulfatos; y ser empleado en concreto con una relación agua – cemento máxima indicada en la tabla mencionada. En la selección del cemento por razones de resistencia a los sulfato, la principal consideración es su contenido de C3A. Para exposiciones moderadas, el cemento Portland ASTM Tipo II está limitado a un contenido máximo de 8% de C3A.

Los cementos combinados que cumplen con la Norma ASTM C 595 y han sido preparados con un Clinker de cemento Portland con menos de 8% de C3A son adecuados para empleo en exposiciones moderadas a la acción de los sulfatos.

Los tipos que se venden en el mercado peruano, adecuados a la Norma ASTM C595, son el IP y el IPM. Para condiciones de exposición severa al ataque de sulfatos, el cemento Tipo V de la clasificación ASTM C 150, con un contenido máximo de 5% de C3A, es el recomendado. En determinadas condiciones, el contenido de C3A de otros tipos de cemento disponible, tales como el Tipo III o el Tipo I, puede ser menor del 8% o el 5, y por lo tanto ser empleados en exposiciones moderadas o severas a la acción de los sulfatos. Los cementos resistentes a los sulfatos no necesariamente incrementan la resistencia a algunas soluciones químicas agresivas, talos como el nitrato de amonio. Las especificaciones técnicas del proyecto deberán cubrir todos los casos especiales.

El empleo de cenizas de buena calidad (ATM C 618 – CLASE F) ha demostrado igualmente capacidad para mejorar la resistencia del concreto a los sulfatos. Cementos del Tipo IP preparados con puzolanas del Grupo F; así como cementos Portland con un contenido mayos de 8% de C3A pueden proporcionar resistencia a los sulfatos en casos de exposición moderada. En el caso de esos últimos la adición de cenizas es necesaria.

Una nota a la **Tabla N° 16** clasifica al agua de mar como “exposición moderada a los sulfatos” aunque ella contiene generalmente más de 1500 ppm de SO<sub>4</sub>. Investigaciones en este campo indican la posibilidad que otros tipo de cementos; con contenidos de C3A por encima del 10% puedan ser empleados si la relación agua – cemento de diseño máxima es reducida a 0.4. Además de una adecuada selección del cemento, son esenciales otros requisitos para obtener concretos que sean durables cuando están expuestos a concentraciones de sulfatos. Entre dicho requisitos pueden mencionarse:

- Baja relación agua – cemento.
  - Adecuado contenido de aire incorporado
  - Bajo asentamiento
  - Consolidación adecuada
  - Uniformidad del concreto y
  - Suficiente curado para permitir el desarrollo de las propiedades potenciales del concreto.
- No deberá emplearse cloruro de calcio como aditivo en concretos expuestos a soluciones que contienen sulfatos en condición severa o muy severa, tal como ellas son definidas en la **Tabla N° 16**.

d) **Corrosión del Acero de refuerzo**

Para obtener protección contra la corrosión, la máxima concentración de ion cloruro soluble en agua, presente en el concreto endurecido a las edades de 28 y 42 días, aportada por todos los ingredientes incluyendo el agua, agregados, materiales cementante, y aditivos no deberá exceder los límites indicados en la **Tabla N° 17**.

El empleo de agua de mar puede llevar a concentración de cloruros por encima de los límites dados en la **Tabla N° 17**. Cuando los agregados tengan alto contenido de cloruros, deberán ser lavados antes de su utilización. Puede obtenerse una evaluación inicial del contenido de ion cloruro soluble en agua ensayando los ingredientes individuales del concreto para determinar el contenido total de ion cloruro. Si el concreto total calculado sobre la base de las proporciones del concreto, excede al permitido en la **Tabla N° 17**, puede ser necesario ensayar muestras del concreto endurecido para determinar el contenido de ion cloruro soluble en agua.

Los ensayos se realizarán siguiendo el procedimiento indicado en la Norma ASSHTO T 260. En la interpretación de los resultados deberá tenerse presente que algunos del total de iones cloruro presentes en los ingredientes deberán ser ya insolubles o capaces de reaccionar con cemento durante la hidratación, y por lo tanto serán insolubles bajo el procedimiento de ensayo descrito. Los límites de la **Tabla N° 17** son de aplicación a los cloruros aportados por los ingredientes del concreto, y no a aquellas provenientes del medio ambiente que lo rodea. Los límites de ion cloruro indicado en la **Tabla N° 17** diferentes de aquellos recomendados en el Código ACI 201 “Guide to Durable Concrete” y los recomendados en el Código ACI 222.2 “Corrosion of Metals in Concrete” y corresponden al Código ACI 318 “Building Code Requirements for Reinforced Concrete.”

En la **Tabla N° 17** se ha incluido un límite del 1% en el control total de cloruros, solubles en el caso del concreto armado que estará seco en servicio. Igualmente se incluye límites de 0.15% y 0.30% para concreto armado el cual deberá estar expuesto a la acción de cloruro o deberá estar húmedo en servicio respectivamente. Las diferencias dependen principalmente de que el Código ACI 222 recomienda límites en peso del cemento basados en ensayos de cloruro solubles en ácidos y no ensayos de cloruros solubles en agua que es tipo de ensayo requerido por estas recomendaciones. Cuando se emplea epoxy o zinc como materiales de revestimiento del acero de refuerzo, los límites de la **Tabla N° 17** pueden ser más restrictivos de lo necesarios. Queda a criterio del Ingeniero Estructural el modificar los límites o proponer porcentajes menores.

Cuando el concreto armado este expuesto a sales descongelantes, aguas salobres, agua de mar, o rocío o neblina de estas fuentes, deberán satisfacerse los requisitos de la **Tabla N° 15**, así como los de recubrimiento mínimo del acero indicado en la Norma E. 060.

Cuando el concreto ha de estar expuesto a la acción externa de cloruros, puede ser necesario incrementar el recubrimiento indicado en la Norma E.060 proporcionar un revestimiento de epoxy al acero de refuerzo. El ingeniero estructural deberá siempre evaluar las condiciones que puedan presentarse en o cerca al mar y efecto que las mismas podrían tener sobre el conjunto estructural.

**Tabla N° 15: Condiciones Especiales de Exposición**

<b>Condiciones de Exposición</b>	<b>Relación w/c Máxima en Concretos con Agregado de Peso Normal</b>	<b>Relación en Compresión Mínima en Concretos con Agregado Livina.</b>
<b>Concreto de Baja Permeabilidad</b> a) Expuesto a agua dulce. b) Expuesto a agua de mar o aguas solubles. c) Expuesto a la acción de aguas cloacales*.	0.50 0.45 0.45	260
<b>Concretos expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda.</b> a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas. b) Otros elementos.	0.45 0.50	300
<b>Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de estas agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de estas aguas.</b> Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.	0.40 0.45	325 300

Fuente: Rívva, Diseño de Mezclas, 2007. 99-105

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

**Tabla N° 16: Concreto Expuesto a Soluciones de Sulfatos**

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua Presente en el Suelo como SO1 % en Peso	Sulfato en agua, como SO4 ppm	Cemento Tipo	Relación w/c máxima, en peso en concretos con agregado de peso normal
Despreciable	0.0 – 0.10	0 – 150	--	--
Moderada	0.10 – 0.20	150 – 1500	II – IP – IPM	0.50
Severa	0.20 – 2.00	1500 – 10000	V	0.45
Muy severa	Sobre 2.00	Sobre 10000	V a puzolana	0.45

Fuente: Rívva, Diseño de Mezclas, 2007. 99-106

\* Una relación agua – cemento menor puede ser necesaria por razones de baja permeabilidad; por protección contra la corrosión de elementos embebidos o por congelación y deshielo (Ver Tabla N° 15).

\*\* Agua de mar.

\*\*\* Debe haberse comprobado que la puzolana es adecuada para mejorar la resistencia del concreto a la acción de los sulfatos cuando ella es empleada en concretos preparados con cemento Tipo V.

**Tabla N° 17: Contenido Máximo de Ion Cloruro**

Elemento	Máximo Ión cloruro soluble en el agua en el concreto expresado como % en peso del cemento
Concreto pretensado	0.06
Concreto armado expuesto a la acción de cloruros	0.15
Concreto armado que deberá estar seco o protegido de la humedad durante su vida.	1.00
Otras construcciones de concreto armado.	0.30

Fuente: Rívva, Diseño de Mezclas, 2007. 99-106

**2.8.8. Selección Final y Ajuste de la Relación Agua – Cemento [Rívva, Diseño de Mezclas, 2007. 107]**

**a) Consideraciones Generales**

Conocidas las relaciones agua – cemento por resistencia en compresión en durabilidad de la mezcla de concreto, se elegirá, para el cálculo de las proporciones de la mezcla, el menor de los dos valores, lo cual garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones.

La relación agua – cemento de diseño finalmente seleccionado deberá ser corregida a la relación agua – cemento efectivo teniendo en consideración la condición de humedad del agregado en obra. Si se emplea aditivos en solución, el agua de la mezcla, a fin de no alterar la relación agua – cemento de diseño especificada. La relación agua – cemento de diseño

elegida será cuidadosamente controlada en obra, dentro de un límite de tolerancia de más o menos 0.02. Si como el resultado de la elección de las relaciones agua – cemento por resistencia y durabilidad se, eligiese esta última y ello diera como resultado resistencias en compresión mayores que las requeridas por el ingeniero estructural, se mantendrá la relación agua – cemento elegida y no se realizarán ajustes en la mezcla por el exceso de resistencia.

#### **2.8.9. Cálculo del Contenido de Cemento [Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 109]**

##### **a) Procedimiento de Cálculo**

Conocidos el volumen unitario de agua por unidad de volumen del concreto y la relación agua – cemento seleccionada, se puede determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto mediante el simple expediente de dividir el volumen unitario de agua, expresado en litros por metro cúbico, entre la relación agua – cemento, obteniéndose el número de kilos de cemento de la unidad cúbica de concreto. Si las especificaciones de obra indican en contenido mínimo de cemento, además de aquel que puede haber sido seleccionado a partir de los requisitos de durabilidad o resistencia, deberá elegirse aquel de los criterios que de él de mayor contenido de cemento. El empleo de aditivos químicos o de materiales puzolanicos deberá modificar las propiedades del concreto. La reducción del contenido de cemento por el empleo de estos productos no es recomendable, y si ella se produjese deberá contarse con la aprobación del ingeniero estructural y la inspección, previa garantía por parte del constructor de que se han obtener las propiedades deseadas.

Es recomendable que la determinación final del contenido de cemento en una mezcla se base en pruebas realizadas bajo condiciones de obra, debiendo garantizarse por el constructor que se han de obtener todas las propiedades deseadas en el concreto.

#### **2.8.10. Selección del Agregado [Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 111-123]**

##### **a) Conceptos Generales**

La selección de las proporciones de los agregados fino y grueso en la unidad cúbica de concreto tiene por finalidad obtener una mezcla en la que, con un mínimo contenido de pasta, se puedan obtener las propiedades deseadas en el concreto.

Para ello es deseable que la granulometría total de las partículas de agregado sea tal que el volumen de vacíos, o espacios entre partículas, sea mínimo. Como la experiencia ha demostrado que la granulometría ideal no existe, en la práctica uno de los problemas fundamentales de diseño de mezclas es determinar aquella combinación de agregados



fino y grueso que requiere el mínimo de pasta al mismo tiempo que permiten obtener las propiedades deseadas. Desde el punto de vista de las propiedades del concreto al estado fresco, se sabe que, dentro de determinados límites, cuando menor es la proporción de partículas finas más pobres pueden ser las mezclas necesarias para obtener una trabajabilidad determinada en una relación agua – cemento dado.

Pero igualmente se sabe que cuanto menor es la proporción de partículas finas menor es la consistencia de la mezcla y mayor la posibilidad de segregación del agregado grueso, mayor la tendencia a dificultades durante el proceso de compactación; y mayor la posibilidad de exudación después que la mezcla ha sido compactada.

No existe una granulometría total que sea la más adecuada para todas las condiciones de obra, dado que la tendencia del concreto a segregar vacía con las características de la mezcla. Por ello, la elección de las proporciones relativas de agregado fino y grueso que intervienen en la unidad cúbica de concreto, es fundamentalmente la elección de una proporción adecuada de agregado fino que garantice a la mezcla una cohesividad adecuada y una compactación total en los encofrados.

En la selección de las proporciones de los agregados fino y grueso interviene de manera fundamental la experiencia del diseñador de la mezcla, la misma que complementa con la ayuda de tablas y gráficos. La granulometría total del agregado, establecida por las proporciones relativas de fino a grueso, puede estar gobernada igualmente por el grado de control de calidad ejercido por el contratista y la inspección de la obra. Si la calidad del concreto no va a estar adecuadamente controlada, es evidente que será necesario incrementar la proporción de las partículas más finas para tener un margen adecuado de protección contra los peligros de una mezcla para arenosa.

Los conceptos anteriores no deben llevar a pensar que la selección de la proporción más adecuadas de los agregados fino y grueso en un proceso difícil que exige amplio criterio y experiencia. Sin desconocer la importancia de estos, la selección no es tan crítica si se sigue los pasos establecidos por cada método de diseño. El efecto cada uno de ellos plantea un procedimiento para la elección del porcentaje de los agregados fino y grueso y, en cualquier caso, las proporciones finales de estos deberán basarse en el comportamiento del concreto cuando se preparan las mezclas de pruebas bajo condiciones de obra. La selección de los porcentajes relativos de los agregados fino y grueso, en relación al volumen absoluto total de agregado, puede hacerse ya sea determinado el

porcentaje del agregado grueso y por diferencia el porcentaje de agregado fino correspondiente, tal como lo señala el Método del Comité 211 del ACI; o determinando el porcentaje de agregado fino y por diferencia el del agregado grueso, tal como lo indican los métodos de Walker y del módulo de Fineza de la combinación de agregados.

**b) Selección del Contenido de Agregado Grueso**

El comité 211 del ACI parte del criterio que agregados gruesos de tamaño máximo nominal y granulometría esencialmente similares, deberán permitir obtener concretos de trabajabilidad satisfactoria cuando un determinado volumen de agregado grueso, en condiciones de seco y compactado, es empleado por unidad de volumen del concreto.

La **Tabla N°18**, elaborada por el Comité 211 del ACI es función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del mundo módulo de fineza del agregado fino. Ella permite obtener un coeficiente  $b/b_0$  resultante de la división del peso seco de agregado grueso requerido por la unidad cúbica de concreto entre el peso unitario seco y varillado del agregado grueso, expresado en kg/m<sup>3</sup>. Multiplicando el coeficiente  $b/b_0$  obtenido en la **Tabla N° 18**, por el peso unitario seco varillado del agregado grueso, se obtiene de acuerdo al método ACI, la cantidad de agregado grueso seco y compactado que debe emplearse en la mezcla.

Un examen detenido de la **Tabla N° 18** permite apreciar que independientemente de la resistencia deseada o de la riqueza de la mezcla, para igual trabajabilidad la cantidad de agregado grueso en un volumen unitario de concreto se hace depender únicamente del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino, y se mantiene constante para contenidos de cemento y valores de resistencia en compresión diferentes. El hecho mencionado es uno de los principales cuestionamientos a esta tabla, dado que resulta difícil aceptar una misma cantidad de agregado grueso para diversas resistencias y riqueza de la mezcla. Los especialistas consideran que le **Tabla N° 18** es limitativa dado que cuando se emplean agregados de granulometría, tamaño y perfil comprobables, puede esperarse concretos de similar trabajabilidad pero cuando se trata de diferentes tipos de agregados, especialmente aquellos que difieren en perfil, el empleo de un porcentaje fijo de agregado grueso da inmediatamente lugar a diferencias en los requisitos de mortero, originadas principalmente por el contenido de vacíos del agregado grueso. Se considera que dentro de este caso están los agregados de perfil angular, los cuales tienen un alto contenido de vacíos y por lo tanto requieren un porcentaje de mortero mayor que el agregado redondeado.

Se considera igualmente que la **Tabla N° 18** es limitativa en el sentido que no refleja las variaciones de la granulometría del agregado grueso, dentro de los límites de diferentes tamaños máximos, excepto en las formas que ellas se reflejan en el porcentaje de vacíos. En relación con estas observaciones, el Comité 211 del ACI sostiene que las diferencias en la cantidad de mortero requerida por trabajabilidad cuando se emplean diferentes agregados, debido a variaciones en el perfil de agregado y en su granulometría, se compensan automáticamente por diferencias en el contenido de vacíos del material seco y compactado. Para concretos más trabajables, los cuales pueden ser requeridos para la colocación por bombeo o cuando el concreto debe ser trabajado en zonas de gran congestión de acero de refuerzo, puede ser recomendable reducir en un 10% el contenido de agregado grueso estimado empleando la **Tabla N° 18**. En este caso, sin embargo deberá tomarse precauciones para garantizar el asentamiento, resistencia y relación agua – cemento, a fin de que ellos sean concordantes con las recomendaciones dadas en los capítulos respectivos y se cumplan, además con los requisitos de las especificaciones del proyecto.

Finalmente, si se emplea la **Tabla N° 18** el diseñador deberá tener en consideración la facilidad en el diseño de la mezcla contra los inconvenientes a los que se ha hecho referencia.

#### c) Selección de las Proporciones del Agregado Fino

Los estudios realizados permiten estimar que puede ser necesario el empleo de una mayor proporción de agregado fino en la mezcla en los siguientes casos.

- Cuando la mezcla necesita ser más cohesiva para controlar la posibilidad de segregación que podría originarse por transporte inadecuado del concreto o por malos procedimientos de colocación.
- Cuando el concreto ha de ser bombeado o colocado bajo agua.
- Cuando la sección a ser vaciada es pequeña en relación al tamaño máximo nominal del agregado.
- Cuando la sección a ser vaciada tienen muchas esquinas, la mayoría de las cuales no son redondeadas.
- Cuando la sección a ser vaciadas es altamente reforzada.
- Cuando existe la posibilidad de que, por razones de orden constructivo, el concreto o por porción mortero del mismo, puede escapar a través de los dispositivos de descarga o de las juntas presentes en el encofrado.

En relación con el agregado mismo, se ha determinado que se requiere una mayor proporción de agregado fino para obtener un determinado grado de cohesividad, en los siguientes casos.

- Las partículas del agregado grueso son angulares, laminadas o elongadas.
- Las partículas de agregado son de textura rugosa.
- El tamaño máximo del agregado es pequeño.
- La mezcla debe obtener alta trabajabilidad.
- La relación agua – cemento es alta.

En aquellos casos en los que existe dudas respecto a la proporción de agregado fino más adecuada, se considera emplear la proporción más alta dado que ella, aunque incrementara ligeramente la riqueza de la mezcla, proporcionará adecuada protección contra la segregación y facilitara la trabajabilidad, evitando una pobre compactación y la aparición de cangrejas. A través de los años y sucesivas investigaciones se ha tratado de establecer un porcentaje óptimo de agregado fino en relación al agregado total, considerándose que es aquel que requeriría el mínimo de pasta. En la actualidad se acepta que no existe un porcentaje de agregado fino que pueda considerarse óptimo para todas las mezclas, dado que las características de la pasta y del agregado grueso variables en cada caso. En cada diseño particular es necesario buscar la mejor combinación fino – grueso que permita obtener las propiedades deseadas tanto al estado fresco como en el concreto endurecido.

Considerando lo expuesto se acepta que porcentajes de agregado fino del orden del 40% en relación al volumen absoluto total de agregado pueden ser aceptables en mezclas promedio. La experiencia ha determinado que este porcentaje es siempre menor que el requerido para máxima densidad, o sea mínimo de vacíos del agregado mezclado. Esta diferencia entre el porcentaje óptimo, variable para cada caso particular, y el porcentaje de máxima densidad, que puede dar mezclas menos trabajables y más fácilmente segregables, es fundamentalmente resultado de la separación del agregado por la pasta. El porcentaje a ser sustraído del de máxima densidad, a fin de tratar de obtener el óptimo, raramente es tal alto como el 8%, siendo generalmente del orden del 2% al 5%. En general se recomiendan tomar el 3% como un valor promedio para propósitos de trabajo sin incurrir en errores de consideración dado que la variación en el contenido de pasta cerca del porcentaje óptimo de agregado fino es muy pequeña.

La determinación del ensayo de máxima densidad del agregado puede realizarse fácilmente pesando diversas proporciones de agregado fino y grueso mezclados al estado seco y compactado, ploteando una curva y observando el porcentaje de agregado fino para el cual el paso unitario es máximo.

La **Tabla N° 19** ha sido desarrollada por Walker y adaptada al sistema métrico por el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería. Ella permite determinar el porcentaje aproximado de agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado, en función del módulo absoluto total de agregado fino, el tamaño máximo nominal del agregado grueso, el perfil del mismo, el tamaño máximo nominal del agregado grueso, el perfil del mismo, y el contenido de cemento de unidad cúbica de concreto. Los valores de esta tabla corresponden a agregado grueso redondeado o angular utilizado en concretos de peso normal en los cuales no se emplea aire incorporado. Estos valores se refieren a agregado fino cuya granulometría está dentro de los límites establecidos por la Norma C 33 del ASTM. Se considera que los porcentajes de agregado fino indicados en la tabla permitirán obtener la cantidad de mortero necesaria para conseguir un adecuado grado de trabajabilidad, con el margen adecuado para prevenir variaciones en las condiciones de trabajo o en las características del agregado.

El método del Comité 211 del ACI determina el volumen absoluto de agregado fino por diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso seco. El volumen absoluto o volumen desplazado por los diferentes ingredientes de la unidad cúbica de concreto, conocido también como volumen de sólidos, es igual al peso con que entra dicho material en la unidad cúbica de concreto dividido entre su peso sólido, definido este último como el producto del peso específico del material por el peso unitario del agua. El Comité 211 propone un método alternativo para determinar la cantidad de agregado fino en la unidad cúbica de concreto. Indica que si por experiencia puede asumirse o estimarse el peso de la unidad cúbica de concreto, el peso del agregado fino requerido sería simplemente la diferencia entre el peso por metro cúbico del concreto fresco y el peso total de los otros ingredientes. Indica el Comité 211 del ACI que usualmente se conoce el peso unitario del concreto con bastante seguridad, en base a experiencias previas con los materiales a ser utilizados. Igualmente señala que, en ausencia de tal información, la **Tabla N° 20** podría ser empleada para un primer estimado.

En relación con dicha tabla, indica el Comité 211 del ACI que aun en aquellos casos en los que la estimación del peso por metro cúbico del concreto es aproximada, las proporciones de la mezcla pueden ser lo suficientemente aproximadas como para permitir un rápido y fácil ajustes sobre la base de los resultados de las mezclas de ensayos.

Las investigaciones realizadas en la Universidad de Maryland han permitido establecer que la combinación de los agregados fino y grueso, cuando estos tienen granulometría comprendidas dentro de los valores de la Norma ASTM C33, debe producir un concreto trabajable en condiciones ordinarias, si el módulo de fineza de la combinación de agregados se aproxima a los valores indicados en la **Tabla N° 21**.

Los investigadores plantean dos ecuaciones:

$$m = r_f \cdot m_f + r_g \cdot m_g \dots\dots\dots 01$$

$$r_f = \frac{m_g - m}{m_f - m_f} \times 100 \dots\dots\dots 02$$

Donde:

$m$ : Módulo de fineza de la combinación de agregados, tomando de la **Tabla N° 21**, en función del factor cemento de la mezcla y del tamaño máximo nominal de agregado grueso.

$m_f$  : Módulo de fineza del agregado fino.

$m_g$  : Módulo de fineza del agregado grueso.

$r_f$  : Porcentaje del agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado.

$r_g$  : Porcentaje del agregado grueso en relación al volumen absoluto total del agregado.

La proporción de agregado fino, de módulo de fineza conocido, necesaria para, de acuerdo a la riqueza de la mezcla, obtener un módulo de fineza determinado en la combinación de agregados puede ser calculada a partir de la ecuación N° 02.

El valor obtenido, multiplicado por el volumen absoluto del agregado nos da el volumen absoluto del agregado fino, el cual multiplicado por el peso sólido del agregado fino nos da la cantidad de agregado fino seco que entra en la unidad cúbica de concreto. Un procedimiento similar nos permite calcular la cantidad de agregado grueso seco.

**Tabla N° 18: Peso del Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto**

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
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: Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 120

\* El agregado grueso se encuentra en la condición de seco compactado, tal como es definida por la Norma ASTM C 29.

\*\* El cálculo del contenido de agregado grueso a partir del coeficiente b/b<sub>0</sub> permite obtener concretos con una trabajabilidad adecuada para concretos armado usual.

\*\*\* Para concreto menos trabajables, tales como los que se requiere en pavimentos, la relación puede incrementarse en un 10%. Para concretos más trabajables, tales como los concretos bombeados, los valores pueden reducirse en un 10%.

**Tabla N° 19: Porcentaje de Agregado Fino**

Tamaño máximo nominal del agregado grueso.	Agregado Redondeado				Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico.				Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico.			
	5	6	7	8	5	6	7	8
<b>Agregado Fino – Módulo de Fineza de 2.3 a 2.4</b>								
3/8"	60	57	54	51	69	68	61	58
1/2"	49	46	43	40	57	54	51	48
3/4"	41	38	35	33	48	45	43	41
1"	40	37	34	32	47	44	42	40
1 1/2"	37	34	32	30	44	41	39	37
2"	36	33	31	29	43	40	38	36
<b>Agregado Fino – Módulo de Fineza de 2.6 a 2.7</b>								
3/8"	66	62	59	56	75	71	67	64
1/2"	53	50	47	44	61	58	55	53
3/4"	44	41	38	36	51	48	46	44
1"	42	39	37	35	49	46	44	42
1 1/2"	40	37	35	33	47	44	42	40
2"	37	35	33	32	45	42	40	38
<b>Agregado Fino – Módulo de Fineza de 3.0 a 3.1</b>								
3/8"	74	70	66	62	84	80	76	73
1/2"	59	56	53	50	70	66	62	59
3/4"	49	46	43	40	57	54	51	48
1"	47	44	41	38	55	52	49	46
1 1/2"	44	41	38	36	52	49	46	44
2"	42	38	36	34	49	46	44	42

Fuente: Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 121

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

\*\* Los valores corresponde a agregado grueso angular en concretos de peso normal sin aire incorporado.

**Tabla N° 20: Primera Estimación del Peso del Concreto Fresco**

Tamaño máximo nominal del agregado grueso.	Primera estimación del peso del concreto kg/m <sup>3</sup>	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
3/8"	2280	2200
1/2"	2310	230
3/4"	2345	2275
1"	2380	2290
1 1/2"	2410	2350
2"	2445	2395
3"	2490	2405
6"	2530	2435

Fuente: Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 122

\*\* Los valores han sido calculados para concretos de riqueza media (330 kg/m<sup>3</sup>) y asentamiento que corresponden a consistencias plásticas. Se ha considerado agregados que cumplen con la granulometría de la Norma ASTM C 33y tiene un peso específico promedio de 2.7.

\*\* Los requisitos de la cantidad de agua se han basado en los valores de la Tabla N° 07.

\*\*\* Si se desea, la estimación del peso puede ser corregida como sigue: por cada cinco litros de diferencia en el agua en relación con la Tabla N° 07. Para valores del asentamiento de 3" a 4", corregir el peso por m<sup>3</sup> en 8 kg en la dirección opuesta; por cada 20 kg de diferencia en el contenido de cemento corregir el peso por m<sup>3</sup> en 3 kg en la misma dirección; por cada 0.1 de variación en el peso específico del agregado, en relación a 2.7 corregir 70 kg en la misma dirección.

**Tabla N° 21: Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados**

Tamaño máximo nominal del agregado grueso.	Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados			
	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: Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 123



\* Los valores de la Tabla están referidos a agregado grueso de perfil angular y adecuadamente gradado, con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

\*\* Los valores de la Tabla pueden dar mezclas ligeramente sobre arenosas para pavimentos o estructuras ciclópeas. Para condiciones de colocación favorables pueden ser incrementarse en 0.2.

### **2.8.11. Ajustes por Humedad del Agregado [Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 125-130]**

#### **a) Consideraciones Generales**

Las cantidades de agregado que deben ser pesadas para preparar el concreto deberán considerar la humedad de aquel. Generalmente en obra los agregados están en condición humedad y peso seco deberá incrementarse en el porcentaje de agua que ellos contienen, tanto la absorbida como la superficial. El agua de mezclado incorporada al mezcladora deberá ser algebraicamente reducida en un volumen igual a la humedad superficial o humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal al contenido de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción.

El agregado, desde el punto de vista de la humedad, puede estar en obra en cuatro condiciones.

- Seco, cuando su superficie como o sus poros internos están totalmente libres de agua. Esta es una condición teórica para la cual se calcula los contenidos de agregados fino y grueso antes de corregir la mezcla por humedad del agregado.
- Semi seco, cuando la superficie del agregado esta seca pero sus peros internos están parcialmente llenos de agua. Esta condición es también conocida como secado al aire. Ella siempre es menor que la absorción del agregado.
- Saturado superficialmente seco, cuando la superficie del agregado esta humedad, pero la totalidad de sus poros internos están llenos de agua. Se considera la condición ideal del agregado porque en ella ni aporta ni toma agua de la mezcla.
- Húmedo o mojado, cuando el agregado está saturado superficialmente seco y adicionalmente presenta humedad superficial, la cual puede contribuir a incrementar el agua de mezclado y obliga a un corrección en la mezcla por humedad del agregado.

Los conceptos de absorción, contenido de humedad y humedad superficial deben ser igualmente definidos:

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

$$\% \text{ Absorción} = 100 (SSS - S) / S \dots\dots\dots 03$$

Donde:

SSS = Peso del agregado al estado saturado superficialmente seco.

S = Peso del agregado al estado seco.

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

$$\text{Contenido de humedad} = 100(W - S) / S \dots\dots\dots 04$$

Donde:

W = Peso del agregado.

- La humedad superficial está dada por la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción. Puede ser positiva en cuyo caso el agregado aporta agua a la mezcla y dicha cantidad debe ser disminuida del agua de diseño para determinar el agua efectiva, o puede ser negativa, en cuyo caso el agregado tomará agua de la mezcla para llegar al estado de saturado superficialmente seco, debiendo adicionarse dicha cantidad de agua a la mezcla para no modificar el agua de diseño.

En la corrección de las proporciones de la mezcla por condición de humedad del agregado pueden presentar tres casos: a) que ambos agregados aporten agua a las mezclas; b) que uno de los agregados aporte agua y el otro quite agua a la mezcla; y c) que ambos agregados disminuyan el agua de la mezcla. A continuación se desarrollara tres ejemplos que permitirán explicar cómo proceder en cada uno de estos casos.

## 2.9. Métodos de Diseño de Mezclas

### 2.9.1. Método ACI [Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 131]

El Comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple el cual, basándose en algunas de las tablas presentadas en los capítulos anteriores, permite obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto. El procedimiento para la selección de las proporciones es aplicables a concretos de peso normal y a las condiciones que para cada una de las tablas se indican en ellas.

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

### 2.9.2. Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados [Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 161]

En el método de diseño del Comité 211 del American Concrete Institute, se determina en primer lugar los contenidos de cemento, agua, aire y agregado grueso y, por diferencia de la suma de volúmenes absolutos en relación con la unidad, el volumen absoluto y peso seco del agregado fino. De esta manera, sea cual fuere la resistencia deseada, en tanto se mantengan constantes el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de fineza del agregado fino, el contenido total de agregado grueso en la mezcla será el mismo, independientemente del contenido de pasta. Este hecho ha llevado a muchos investigadores a cuestionar el método de Diseño del ACI y 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.

Staton Walker, conjuntamente con el grupo de investigación del laboratorio de concreto de la Universidad de Maryland, ha formulado un procedimiento de solución de las proporciones de la unidad cúbica de concreto en el cual los porcentajes de agregado fino y grueso se modifican en función de sus propios módulos de fineza, medida indirecta de sus granulometrías y superficies específicas, a partir de la determinación del módulo de fineza de la mejor combinación de agregados para las condiciones planteadas por las especificaciones de obra.

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, expresados a través del contenido de cemento de la mezcla.

### 2.9.3. Método de Füller [Laura, Diseño de Mezclas, 2007. 11]

Este método es general y se aplica cuando los agregados no cumplan con la Norma ASTM C 33. Asimismo se debe usar para dosificaciones con más de 300 kg de cemento por metro cúbico de concreto y para tamaños máximos del agregado grueso comprendido entre 20mm (3/4'') y 50mm (2'').

Relación:  $a / c; \frac{1}{z}; K_1 * R_m + 0.5$

Donde:

$K_1$  : Factor que depende de la forma del agregado. De 0.0030 a 0.0045 para piedra chancada y de 0.0045 a 0.0070 para piedra redondeada.

$R_m$  : Resistencia promedio requerida.

**2.9.4. Método Walker [Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 149]**

El denominado Método de Walker se desarrolla debido a la preocupación del profesor norteamericano Staton Walker en relación con el hecho de que, sea cual fuera la resistencia de diseño del concreto y por tanto su relación agua – cemento, contenido de cemento y características del agregado fino, la cantidad de agregado grueso era la misma, ellos cuando se aplicaba el procedimiento de diseño desarrollado por el Comité 211 del ACI. Considerando que la relación fino – grueso debería variar en función del contenido de la pasta en la mezcla, así como del perfil y tamaño máximo nominal del agregado grueso, y que otro factor que debería ser considerado era la mayor o menor fineza del agregado fino, el profesor Walker desarrolló la **Tabla N° 19**.

En dicha tabla se toma en consideración la fineza del agregado fino, clasificándolo en tres categorías: fino, mediano y grueso. Igualmente se considera si el agregado grueso es de perfil redondeado o angular y, para uno de los dos casos, se considera cuatro alternativas de factor cemento. Todo ello permite encontrar en la tabla un porcentaje de agregado fino que se considera con el más conveniente en relación al volumen absoluto total de agregado.

Calculado al volumen absoluto de agregado fino, se determina el de agregado grueso por diferencia con el volumen absoluto total de agregado y, conocidos ambos, se determina el peso seco de cada uno de ellos en la mezcla. El procedimiento anterior garantiza una mejor relación fino – grueso en la mezcla de concreto. La tabla de Walker corresponde a concretos sin aire incorporado.

**2.10. Resistencia a la compresión en el Laboratorio [Rivva, Diseño de Mezclas, 2007. 149]**

La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas (se utilizan cilindros estándar de 15 x 30 cm) de concreto en un máquina de ensayos de compresión la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de libra fuerza por pulgada cuadrada (psi) en unidades corrientes utilizadas en EE.UU. o en Megapascales (MPa) o unidades SI.

Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 2500 psi (17 MPa) para concreto residencial hasta 4000 psi (28 MPa) y más para estructuras comerciales. Para determinada aplicaciones se especifican resistencias superiores hasta 10000 psi (70 MPa) y más.

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada,  $f'c$  en la especificación del trabajo. Los resultados de las pruebas de resistencia a

partir de cilindros fundidos se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras para programar las operaciones de construcción, tales como remoción de formales (cimbras) o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura. Los cilindros sometidos a ensayo de aceptación y control de calidad se elaboran y curan siguiendo los procedimientos descritos en probetas curadas de manera estándar según la norma ASTM C31.

### 2.11. Curado del Concreto

El curado consiste en el mantenimiento de contenidos de humedad y de temperaturas satisfactorios en el concreto durante un periodo definido inmediatamente después de la colocación y acabado, con el propósito que se desarrollen las propiedades deseadas. Nunca se exagerara al enfatizar la necesidad de un curado adecuado.

### 2.12. Kapping

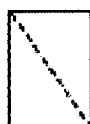
Consiste en colocarle una capa de azufre derretido en las dos caras del cilindro para que se tenga una superficie plana y ortogonal respecto a su eje. El objeto del cabeceo es para que la carga aplicada se transmita uniformemente en toda la superficie del cilindro.

### 2.13. Ruptura de los Especímenes de Concreto [Hernández. El Concreto en la Obra. 2008.

70]



Se observa cuando se logra una carga de compresión bien aplicada sobre un espécimen de prueba bien preparado.



Se observa comúnmente cuando las caras de aplicación de carga se encuentran en límite de tolerancia especificada o excediendo esta.



Se observa en especímenes que presentan una superficie de carga convexa y/o deficiencia del material del cabeceo: también por concavidad del plato de cabeceo o convexidad en una de las placas de carga.



Se observa es especímenes que presentan una cara de aplicación cóncava y/o por deficiencias en el material de cabeceo o también por concavidad en una de las placas de carga.



Se observa cuando se producen concentraciones de esfuerzos en puntos sobresalientes de las caras de aplicación de carga, por deficiencias en el material de cabeceo, rugosidades en el plato cabeceador o placas de carga.



Se observa en especímenes que presentan una cara de aplicación de carga convexa y/o por deficiencias del material de cabeceo, rugosidades en el plato cabeceador o placas de carga.



Se observa cuando las caras de aplicación de carga del espécimen se desvían ligeramente de las tolerancias de paralelismo establecidas, o por ligeras desviaciones en el centro del espécimen para la aplicación de carga.

#### 2.14. Ley de Powerls [Abanto, Tecnología del Concreto, 1992. 53]

La resistencia del concreto está en función del grado de hidratación del cemento, de la relación gel/ espacio ocupado por el gel y de la relación Agua/cemento es decir:

$$R = 2380 * x^3$$

$$X = \frac{0.647 * \alpha}{0.319 * \alpha + a/c}$$

Donde:

R= Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

X= Relación Gel/Espacio

$\alpha$ = Grado de hidratación

$a/c$ = Relación Agua – Cemento.

#### 2.15. Módulo de Elasticidad [Ottazi, Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado, 2004. 23]

Para estimar las deformaciones en elementos o estructuras de concreto armado, debidas a las cargas de corta duración, donde es posible asumir para el concreto una relación lineal entre esfuerzos y deformaciones sin errores importantes, es necesario definir un valor del módulo de elasticidad. Las curvas esfuerzo - deformación del concreto no son lineales, ver Figura N° 02 por lo tanto el concepto convencional de módulo de elasticidad, como el que empleamos para el acero, no es correcto. Sin embargo para esfuerzos bajos de hasta 0.4 a 0.5  $f'$  el suponer un comportamiento lineal no conlleva a errores importantes.

**2.15.1.** El módulo de elasticidad,  $E_c$ , para el concreto puede tomarse como  $W_c^{1.6} 0.043 \sqrt{f'_c}$  (en MPa), para valores de  $W_c$  comprendidos entre 1500 y 2500 kg/m<sup>3</sup>. Para concreto de densidad normal,  $E_c$  puede tomarse como  $4700 \sqrt{f'_c}$

**2.15.2.** El módulo de elasticidad,  $E_s$ , para el acero de refuerzo no pre esforzado puede tomarse como 200 000 MPa.

**2.15.3.** El módulo de elasticidad,  $E_c$ , para el acero de pre esforzado debe determinarse mediante ensayos o ser informado por el fabricante.

R.2.15.1. Los estudios que condujeron a la expresión para el módulo de elasticidad del concreto en 2.15.1 se resumen en esta referencia en donde  $E_c$  se define como la pendiente de la secante trazada desde un esfuerzo nulo hasta un esfuerzo de compresión de  $0.45 f_c$ . El módulo de elasticidad del concreto es sensible al módulo de elasticidad del agregado y puede diferir del valor especificado. Los valores medidos varían típicamente de 120% a 80% del valor especificado.

La Figura N° 02 (Harmsen) muestra las distintas definiciones que puede adoptar el módulo de elasticidad del concreto simple: el módulo tangente inicial, el módulo tangente en un punto determinado de la curva y el módulo secante entre dos puntos de la misma. Esta última definición es la más utilizada para cargas de corta duración y se suele calcular para un esfuerzo cercano a  $0.45 f_c$ . El módulo de elasticidad tangente inicial, normalmente es un 10% mayor que la secante. Las Normas ASTM (C469-94) especifican la manera de calcular el módulo secante a partir de los ensayos de compresión en probetas estándar de concreto.

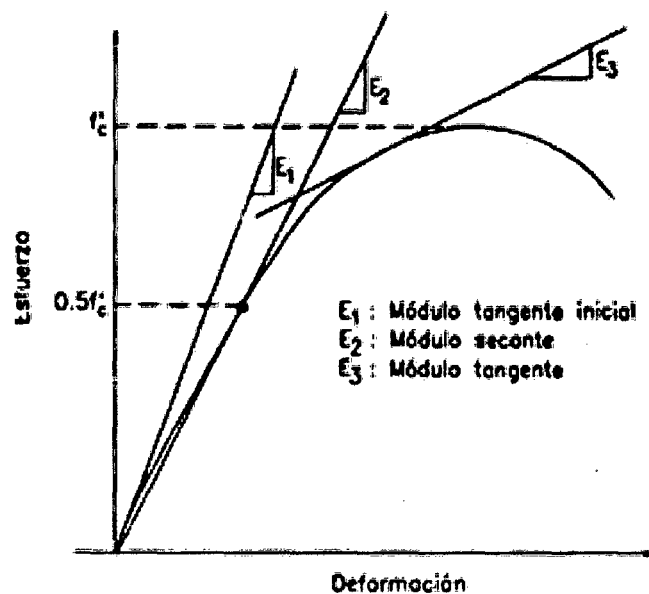


Figura N° 02: Módulo de Elasticidad del Concreto

**CAPITULO III**  
**MATERIALES Y METODOS**



### **3.1. Zona de estudio de agregados**

Los agregados analizados corresponden a depósitos fluviales (Q-fl) del Río Chonta, los cuales fueron extraídos de una cantera del centro poblado de Huayrapongo, que se encuentra en el distrito de Baños del Inca, en la provincia y departamento de Cajamarca.

Geográficamente el centro poblado de Huayrapongo se encuentra entre las coordenadas: 920500N a 920600N y 780000E a 781000E; a una altitud de 2665 m.s.n.m. Posee un clima templado.

El río Chonta discurre por el valle en dirección Norte - Sur, atravesando la parte baja de la ciudad de Los Baños del Inca. Sus principales tributarios son los ríos Yanatotorá y Azufre.

Cabe mencionar que actualmente el río no ocasiona problemas de inundación en la zona urbana, debido a que la margen izquierda del río se encuentra encauzada desde las afueras de la ciudad hasta la Lotización Huayrapongo. Por tener depósitos fluviales están conformados por cantos rodados, gradando desde planares a casi esféricos.

### **3.2. Equipo, Herramientas y Materiales**

#### *3.2.1. Equipos*

- Estufa: utilizada para secar los agregados
- Balanza: utilizada para pesar el agregado, agua, cemento.
- Máquina de los Ángeles: fue utilizada para determinación del ensayo a la abrasión del agregado grueso.
- Juego de tamices: utilizada para determinar la granulometría de los agregados.
- Canastilla: se utilizó para el ensayo de absorción del agregado grueso.
- Probetas de Vidrio: utilizada para el ensayo de peso específico para el agregado fino.
- Bomba de Vacíos: utilizado para el ensayo del peso específico, para extraer las moléculas de gas en el volumen que ocupa el agregado fino con agua.
- Molde Cónico: utilizado para el ensayo de peso específico de masa para el agregado fino.
- Mezcladora: es una máquina para elaborar el hormigón. Se utilizó ésta máquina para agilizar el trabajo y homogenizar la mezcla.
- Equipo para Determinar el Asentamiento o Slump: Consiste en un molde cónico de 203 mm  $\pm$  3 mm de diámetro en la base mayor, 102 mm  $\pm$  3 mm en la base menor y 305mm  $\pm$  3mm de alto; Una varilla compactadora o apisonadora de acero, cilíndrica y lisa de 16 mm de diámetro, una longitud aproximada de 600 mm y la punta redondeada. La prueba duro aproximadamente 1.5 min.

- Termómetro: usado para medir la temperatura que tenía la mezcla de concreto.
- Olla de Washington: utilizada para medir la cantidad de aire que poseía la mezcla de concreto.
- Recipiente para el Peso Volumétrico de Concreto Fresco: fue utilizada para determinar el peso volumétrico del concreto fresco, una vez que la mezcla estuvo lista.
- Moldes Metálicos: fueron usados para tamizar la muestra de agregados.
- Vernier: es un instrumento de medición que posee mucha precisión
- Máquina Universal de Ensayo:
- Deformímetro: para medir las deformaciones cuando se aplicaban las diferentes cargas cuando los especímenes de concreto eran sometidos a la compresión.
- Computadora: presente en un 85% de la investigación, para procesar los datos obtenidos en el campo.
- Impresora: para plasmar todo lo redactado de la investigación.

### 3.2.2. Herramientas

- Badilejo: utilizado para enraizar los moldes una vez llenados de concreto.
- Carretilla: para cargar la mezcla de concreto una vez obtenida de la mezcladora, hacia el lugar de los moldes.
- Comba de goma: utilizada para dar los golpes a los moldes para el concreto.
- Cucharón: fue utilizado para llenar los moldes con concreto.
- Palana: para cuartear el material y para cargar el material.
- Vernier: utilizado para medir con precisión los especímenes de concreto.

### 3.2.3. Materiales

- Agenda: para programar las tareas a realizar.
- Agregado fino: fue uno de los componentes principales de la investigación, utilizado para la elaboración de la mezcla de concreto con los diferentes métodos. Es un agregado lavado de río de tamaño máximo nominal de 1/2", fue extraída de la cantera de Huayrapongo ya descrita anteriormente.
- Agregado grueso: también considerado uno de los principales componentes de la investigación, utilizado para la elaboración de la mezcla de concreto con los diferentes métodos. Es un agregado lavado de río de tamaño máximo nominal de 3/4", también fue extraída de la cantera Huayrapongo.
- Agua: cumple con los parámetros permitidos.
- Block de notas: utilizada para apuntar todo dato sobre la investigación.
- Cemento: se utilizó en cemento Pacasmayo Tipo I, es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento

portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de clínker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado.

- Materiales de escritorio.
- Papel Bond: se imprimió la investigación.
- CD's: se guardó la información.

### **3.3. Fase de la Investigación**

#### *3.3.1. Obtención de la Muestra de Agregados.*

Se realizó una visita a la cantera Huayrapongo ubicada en el distrito de Baños del Inca. El material que se escogió para la presente investigación fue piedra chancada y arena zarandeada. Ahí se procedió a realizar el cuarteo de los agregados, que se realizó de la siguiente manera:

Se procedió a cargar 4 carretillas de cada agregado, del lugar donde se encontraba apilados los agregados, para proceder con el cuarteo. Se colocó la muestra de campo sobre una superficie plana, dura y limpia, donde no hubo pérdida de material ni contaminación con materias extrañas.

Se mezcló el material completamente traspaleando toda la muestra en una pila cónica, depositando cada paleada sobre la anterior. Por medio de la pala se ejerció presión sobre el vértice; se aplanó con cuidado la pila hasta que se obtuvo un espesor y un diámetro uniformes.

Se dividió la pila aplanada en cuatro partes iguales con la pala y se eliminó dos de las partes diagonalmente opuestas, incluyendo todo el material fino cepillando los espacios vacíos para limpiarlos. Se mezcló el material restante y se cuarteó una vez más para obtener la muestra al tamaño requerido para las pruebas. Una vez obtenida el tamaño de la muestra, se trasladó al laboratorio para proceder a analizar sus propiedades.

#### *3.3.2. Análisis de las Propiedades de los Agregados*

##### *3.3.2.1. Abrasión (NTP 400.019 – 400.020, ASTM C 131)*

Para determinar la resistencia al desgaste de los agregados gruesos será por la Máquina de los Ángeles.

##### *a. Carga Abrasiva*

Consiste en esferas de acero, de aproximadamente 4.7 cm de diámetro y cada una con un peso entre 390 y 445 gr. De acuerdo con la gradación de la muestra se ensayó, se determinó que la gradación era B por tanto el número de esferas era 11 de acuerdo a la Tabla N° 22.

Tabla N° 22: Carga Abrasiva

Gradación	Número de Esferas	Peso de la Carga gr
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	08	3330 ± 25
D	06	2500 ± 25

Fuente: Abanto, Tecnología del Concreto, 1992. 13

La muestra de ensayo fue constituida por agregado limpio representativo del material ensayado y secado en la estufa a 100 °C y a de acuerdo a la gradación de la Tabla N° 23.

Tabla N° 23: Gradaciones de Muestras de Ensayo

Tamaño de Tamices NTP (Aberturas Cuadradas)		Peso de los Tamaños Indicados gr.			
PASA	RETENIDO EN	A	B	C	D
37.5 mm (1 ½")	24.5 mm (1")	1250 ± 25	---	---	
24.5 mm (1")	19.0 mm (¾")	1250 ± 25	---	---	
19.0 mm (¾")	12.7 mm (½")	1250 ± 10	2500 ± 10	---	
12.7 mm (½")	9.54 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	---	
9.54 mm (3/8")	6.35 mm (¼")	---	---	2500 ± 10	
6.35 mm (¼")	4.76 mm (N°4)	---	---	2500 ± 10	
4.76 mm (N°4)	2.36 mm (N° 8)	---	---	---	5000 ± 10
TOTAL		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: Abanto, Tecnología del Concreto, 1992. 13

Se colocó la muestra de ensayo y la carga abrasiva en la máquina de los Ángeles y se giró a una velocidad de 30 a 33 r.p.m. durante 500 revoluciones.

La máquina estuvo accionada y equilibrada fe manera tal, que mantuvo su velocidad periférica sustancialmente uniforme. Luego del número de revoluciones prescritas se descargó el material y se hizo una separación preliminar de la muestra en un tamiz cuya abertura fue mayor que el tamiz N° 12. Luego se cernió la porción más fina que el tamiz N° 12 según lo establece la norma. Se lavó el material más grueso que el tamiz N° 12 para evitar que el porcentaje resulte aproximadamente un 0.2% menor que el valor real, y luego se secó a temperatura de 105° a 110°C a peso constantes y luego se pesó con aproximación a 1 gr. Y para determinar el porcentaje de desgaste se aplicó la siguiente fórmula:

$$De = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100 \dots \dots \dots 05$$

Donde:

$W_o$  = Peso Original de la Muestra gr.

$W_f$  = Peso Final de la Muestra gr.

De = Porcentaje de desgaste gr.

3.3.2.2. Granulometría (NTP 400.012, ASTM C 136)

## a. Granulometría de Agregado Grueso

Se determinó que el tamaño máximo del agregado es 1" y tomando como referencia la **Tabla N°24** nos indicó que el peso aproximado para realizar el ensayo es 12 kg como mínimo.

**Tabla N° 24: Selección del Peso del Agregado Grueso**

Tamaño Máx. de las Partículas (mm)	Peso Aprox. de la Muestra (kg)
9.51 (3/8")	2
12.70 (1/2")	4
19.00 (3/4")	8
25.40 (1")	12
37.50 (1 1/2")	16
50.00 (2")	20
63.00 (2 1/2")	25
75.00 (3")	45
90.00 (3 1/2")	70

Se pesó una muestra superior a 12 kg y luego se colocó a la estufa a una temperatura de 110 °C hasta que se consiguió un peso constante. Se colocó la muestra en la malla superior del juego de tamices, dispuestos en forma decreciente, según abertura, se procedió al tamizado en forma manual. Se realizaron diversos movimientos de vaivén durante un minuto por cada tamiz de modo que si no pasaba más se daba por concluido y el material retenido se retiraba para ser pesado.

## b. Granulometría de Agregado Fino

Se realizó este ensayo con un peso superior a 500 gramos, luego se colocó a la estufa a una temperatura de 110 °C hasta que se consiguió un peso constante. Colocamos la muestra en la malla superior del juego de tamices, dispuestos en forma decreciente, según abertura, se procedió al tamizado en forma manual. Se realizaron diversos movimientos de vaivén durante un minuto por cada tamiz, de modo que si no pasaba más se daba por concluido y el material retenido se retiraba para ser pesado.

3.3.2.3. Peso Específico de Masa, Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca y Absorción (NTP 400.012, ASTM C136)

## a. Agregado Fino

Se colocó aproximadamente 1 kg. de agregado fino, del agregado que se deseó ensayar por el método de cuarteo, en un envase adecuado después de secarlo a peso constante

a una temperatura de 100 °C se cubrió la muestra con agua y se dejó en reposo durante 24 horas. Se extendió sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se removió con frecuencia para conseguir un secado uniforme.

Esta operación se realizó hasta que los granos no se adhirieron entre sí. Luego se colocó el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, se procedió a golpear la superficie suavemente 25 veces con la varilla de metal y se levantó el molde verticalmente y se derrumbó al quitar el molde.

Se introdujo en la probeta de un 1000 ml. una muestra del material preparado como se indicó anteriormente. Se llenó de agua hasta alcanzar la marca de 1000 cm<sup>3</sup> a una temperatura de 20°C.

Enseguida se llevó a la bomba de vacíos para eliminar las burbujas de aire durante 30 minutos y se determinó el peso total de agua introducida en el frasco. Luego se procedió a sacar el material de la probeta, se secó hasta peso constante a una temperatura de 100 °C luego de enfriarse a temperatura ambiente se procedió a pesarlo.

Con los datos obtenidos durante este proceso, aplicando las fórmulas mencionadas en el Capítulo II; se determinó el peso específico de masa, peso específico de masa saturada superficialmente seca y absorción.

#### b. Agregado Grueso

Mediante el método de cuarteo, se seleccionó aproximadamente 5 kg del agregado grueso, rechazando todo el material que pase el tamiz N °04. Luego de haber lavado del agregado para eliminar el polvo y otras impurezas superficiales de las partículas, se secó la muestra hasta peso constante a una temperatura de 100 °C y luego se sumergió en agua durante 24 horas.

Se sacó la muestra del agua y se hizo rodar sobre un paño grande absorbente, hasta que se hizo desaparecer toda la película de agua visible. Se obtuvo el peso de la muestra bajo la condición de saturación con la superficie seca. Se determinó todos los pesos.

Luego de pesar se colocó la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determinó su peso en agua; luego se procedió a secar la muestra a peso constante a una temperatura de 100 °C se dejó enfriar y se pesó.

Con los datos obtenidos durante este proceso, aplicando las fórmulas mencionadas en el Capítulo II; se determinó el peso específico de masa, peso específico de masa saturada superficialmente seca y absorción.

#### 3.3.2.4. Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, ASTM C39)

Con el método de ensayo, que se realizó a continuación, se determinó el peso unitario del agregado fino y agregado grueso; por separado.

El recipiente se calibró determinando con exactitud el peso del agua requerida para llenarlo. Para la determinación del peso unitario, la muestra estuvo completamente mezclada y seca a temperatura ambiente.

Se llenó el recipiente hasta la tercera parte y se niveló la superficie con la mano, se apisonó la muestra con la barra compactadora mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Luego se llenó hasta 2/3 partes del recipiente y se compactó nuevamente con 25 golpes como antes. Finalmente se llenó la medida hasta rebosar golpeándola 25 veces con la barra compactadora se enrasó el recipiente utilizando la barra como regla y desechando el material sobrante.

Para terminar el ensayo se determinó el peso neto del agregado en el recipiente, finalmente se obtuvo el peso unitario compactado del agregado multiplicando dicho peso por el factor  $f$  (el cual se determina dividiendo  $1000 \text{ kg/m}^3$  entre el peso que llena el agua el recipiente).

#### 3.3.2.5. Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, ASTM C39)

Se llenó el recipiente con una pala hasta rebosar, dejando caer el agregado desde una altura no mayor a 5 cm. por encima del borde superior del recipiente. Se determinó el peso neto del agregado en el recipiente ( $W_s$ ) finalmente se obtuvo el peso unitario compactado del agregado multiplicando dicho peso por el factor ( $f$ ).

#### 3.3.3. *Elaboración de los Diseños de Mezclas con los Diferentes Métodos para un Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*

Teniendo como base la resistencia en compresión  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , para un concreto normal (sin aditivos), a continuación se muestra un cuadro comparativo entre los pasos a seguir para elaborar un diseño de mezclas para una resistencia a la compresión de  $210 \text{ kg/cm}^2$  (28 días) entre los métodos ACI, Walker, Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados y Füller:

Ley de Füller que se expresa en la siguiente fórmula:

$$\text{Ley de Füller: } P_d = 100 \sqrt{d/D} \dots\dots\dots 07$$

Donde:

$P_d$  : % que pasa por la malla d.

d: Abertura de la malla de referencia.

D: Tamaño máximo del agregado grueso.

A= % Agregado fino que pasa por la malla N° 4.

B= % Agregado grueso que pasa por la malla N° 4.

C= % Agregado ideal que pasa por la malla N° 4.

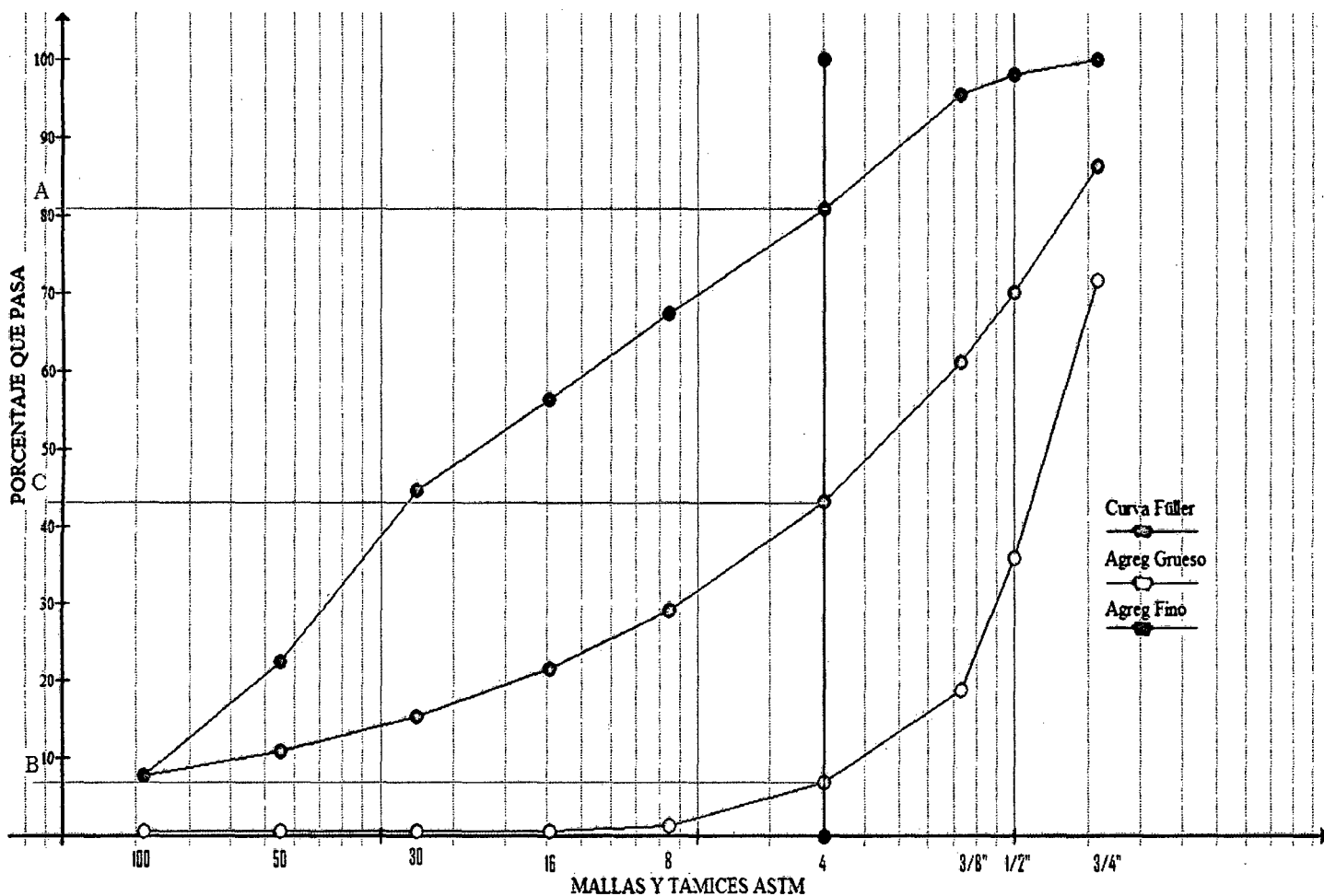


Figura N° 03: Gráfico del Método de Füller

Llamamos:

$\alpha$ : % en volumen absoluto del agregado fino dentro de la mezcla de agregados.

$\beta$ : % en volumen absoluto del agregado grueso dentro de la mezcla de agregados.

Entonces:



$$\alpha = \frac{C - B}{A - B} * 100 \dots \dots \dots 08$$

$$\beta = 100 - \alpha \dots \dots \dots 09$$

3.3.4. Preparación de la Mezcla de Concreto  $f'c=210kg/cm^2$

Teniendo en cada uno de los métodos los pesos de diseño (pesos secos), se tendrá que hacer la corrección por humedad como indica el ítem 2.8.11, en el laboratorio se procedió del siguiente modo.

a) Corrección por Humedad: Como en gabinete se determinó los pesos de los materiales de diseño (pesos secos), para la elaboración de la mezcla de concreto los materiales deben ser corregidos por humedad. Para los agregados se aplicó la **Fórmula N° 10** y se determinó del siguiente modo: el contenido de humedad fue determinado tomando una muestra representativa del material a utilizar y se pesó ( $W_h$ ) se llevo a una bandeja para colocarla a la cocina para secar la muestra ( $W_s$ ) y se aplico la **Fórmula N° 11**.

$$W_{correg} = W_{diseño} \times (1 + \omega\%) \dots \dots \dots 10$$

$$\omega\% = \frac{(W_h - W_s)}{W_s} \times 100\% \dots \dots \dots 11$$

Donde:

$W_{correg}$ : Peso corregido por humedad.

$W_{diseño}$ : Peso de diseño de los agregados.

$\omega\%$  : Contenido de humedad del agregado.

$W_h$  : Peso húmedo del agregado

$W_s$  : Peso seco del agregado.

Para la corrección del agua, se determinó la humedad superficial de los agregados como indica la **Fórmula N°12**, para luego determinar el aporte de humedad de los agregados según la **Fórmula N° 13** y sumarlos de cada agregado y finalmente se aplicó la **Fórmula N° 14**.

$$H = \omega\% - Abs\% \dots \dots \dots 12$$

$$H_{aporte} = W_{diseño} \times H \dots \dots \dots 13$$

$$A_{efectiva} = A_{diseño} - \sum H_{aporte} \dots \dots 14$$

b) **Pesaje de los Materiales para la Mezcla de Concreto:** una vez que ya tenemos los agregados corregido por humedad en 1 m<sup>3</sup> se multiplicará por 0.004, para elaborar el concreto por tanda. Por cada método se realizaron 20 especímenes (4 por tanda), siendo un total de 80.

c) **Mezclado de Materiales con Mezcladora Mecánica:** Antes de iniciar la rotación del tambor, añadimos el agregado grueso y algo de agua, luego se encendió la mezcladora y añadimos el agregado fino, el cemento y el resto del agua con la mezcladora en funcionamiento.

Luego que todos los componentes estuvieron en la mezcladora, con el cronómetro contabilizamos 3 minutos de mezclado, continuando con un periodo de reposo de 3 minutos (cubrimos el extremo abierto de la mezcladora para prevenir la evaporación durante el periodo de reposo) y seguimos con un tiempo de mezclado final de 2 minutos. Finalmente vertimos el concreto ya mezclado en una carretilla previamente humedecida y se midió la temperatura con un termómetro (NTP 339.114, ASTM C 94/ C 94 M - 07).

d) **Prueba del Slump (NTP 339.035, ASTM C 143):** Se humedeció el interior del molde y la base sobre la cual se hizo el ensayo, el que debe ser firme, plano, nivelado y no absorbente. Se sujetó el molde firmemente con los pies y se llenó 1/3 del volumen del cono que corresponde a una altura de 64 cm. sobre la base. Se apisonó 25 veces con la varilla compactadora evitando que la misma toque la base en que se apoyó el cono. Se colocó una segunda capa de un tercio del volumen que correspondió a una altura de 15 cm sobre la base y se apisonó nuevamente 25 veces cuidando que la varilla penetre ligeramente la capa anterior. Se llenó el molde colocando un poco más del concreto necesario y se golpeó 25 veces penetrando ligeramente la capa anterior. Se apartó el concreto que haya caído ligeramente alrededor del molde. Se levantó el molde verticalmente en 5 a 10 segundos, sin impactarle movimiento lateral o de torsión. Se colocó el molde al lado del concreto ensayado y se midió la distancia entre la varilla colocada sobre el molde y la cara superior del concreto, a esta distancia en cm.

e) **Prueba de la Olla de Washington (NTP 339.083, ASTM C 231):** se seleccionó una muestra representativa. Humedecemos el interior del tazón y lo colocamos en una superficie plana nivelada y firme. Llenamos el recipiente con tres capas de igual volumen, sobrellenando ligeramente la última capa. Compactamos cada capa con 25 penetraciones de la punta semi hemisférica de la varilla, distribuyendo uniformemente las penetraciones en

toda la sección. Compactamos la capa inferior en todo su espesor, sin impactar en el fondo del recipiente con la varilla.

Compactamos la segunda y tercera capa penetrando 1 pulgada (25 mm) de la capa anterior. Golpeamos firmemente los lados del tazón de 10 a 15 veces con el mazo, después de haber compactado cada capa, para evitar que las burbujas de aire queden atrapadas en el interior de la muestra. Enrasamos el hormigón utilizando la regla enrasadora apoyada sobre el borde superior del molde; y luego se limpió el exceso de muestra del borde del recipiente. Se limpió y humedeció el interior de la cubierta antes de acoplarla con las mordazas a la base; las mordazas se sujetaron dos a la vez y en cruz. Abrimos ambas llaves de purga, cerramos la válvula principal de aire entre la cámara y el tazón y abrimos ambas llaves de purga a través de la cubierta, inyectamos agua a través de una de las llaves de purga hasta que se salga por la otra, continuamos inyectando agua por la llave de purga, mientras movimos y golpeamos el medidor para asegurar que todo el aire sea expulsado, cerramos la válvula de escape de aire y bombeamos aire dentro de la cámara hasta que el manómetro estuvo en la línea de presión inicial. Se esperó unos segundos para que el aire comprimido llegue a una temperatura normal y se estabilizó la lectura de presión.

Ajustamos el manómetro en la línea de presión inicial por bombeo. Cerramos ambas llaves de purga, abrimos la válvula principal entre la cámara de aire y el tazón, damos pequeños golpes en los lados del tazón con el mazo. Se procedió a leer el porcentaje de aire, golpeando con la mano ligeramente el manómetro para estabilizar la lectura, cerramos la válvula de aire principal y abrimos las llaves de purga para descargar la presión, antes de remover la cubierta. Finalmente calculamos correctamente el contenido de aire.

f) **Determinación del Peso Volumétrico del Concreto Fresco:** (NTP 339.046, ASTM C 138) teniendo un recipiente conocido el volumen y su peso del mismo se humedeció y se procedió a llenar el recipiente con concreto en tres capas de igual volumen, sobrellenando ligeramente la última capa. Compactamos cada capa con 25 penetraciones de la punta semi hemisférica de la varilla, distribuyendo uniformemente las penetraciones en toda la sección. Compactamos la capa inferior en todo su espesor, sin impactar en el fondo del recipiente con la varilla. Compactamos la segunda y tercera capa penetrando 1 pulgada (25 mm) de la capa anterior.

Golpeamos firmemente los lados del tazón de 10 a 15 veces con el mazo, después de haber compactado cada capa, para evitar que las burbujas de aire queden atrapadas en el interior

de la muestra. Enrasamos el hormigón utilizando la regla enrasadora apoyada sobre el borde superior del molde; y luego se limpió el exceso de muestra del borde del recipiente. Finalmente se procedió a pesar el concreto para aplicar la **Fórmula N° 15**:

$$PV \left( \frac{kg}{cm^3} \right) = \frac{P_{concreto}}{V} \dots \dots \dots 15$$

Donde:

*PV* = Peso Volumétrico del Concreto Fresco.

*P<sub>concreto</sub>* = Peso del Concreto Fresco.

*V* = Volumen del recipiente.

g) **Moldeo de la Mezcla del Concreto (NTP 339.033, ASTM C 31)**: una vez realizados los ensayos para determinar las propiedades del concreto fresco, se procedió a llenar los moldes cilíndricos de la siguiente manera: seleccionamos un lugar seguro para la muestra, colocamos los moldes sobre una superficie horizontal, rígida, nivelada y libre de vibraciones y otras perturbaciones. Como se sabe que durante las primeras 24 horas permanecerán las muestras, el lugar deberá estar aislado de golpes, inclinaciones o alteraciones en su superficie, nivelamos los moldes utilizando el nivel de mano. Lubricamos con aceite los moldes y colocamos grasa en las uniones de las láminas que lo conforman. Condujimos la muestra del concreto en la carretilla y la llevamos cerca de los moldes, homogenizamos la muestra usando el cucharón. Luego que se obtuvo el concreto muestreado y homogenizado, se procedió de inmediato a llenar los moldes conforme a la **Tabla N° 26**.

**Tabla N° 26: Llenado de concreto**

Espécimen	Revenimiento	Forma de Compactación	Número de Capas	Espesor Aprox. de la Capa (cm)
Cilindro 15 x 30	Mayores de 8cm	Varillado	3	10
	Entre 3 y 8 cm	Varillado	3	10
		Vibrado	2	15
	Menores de 3 cm	Vibrado	2	15
Vigas 15x15x60cm	Mayores de 8 cm	Varillado	2	7.5
	Entre 3 y 8 cm	Varillado	2	7.5
		Vibrado	1	15
	Menor de 3 cm	Vibrado	1	15

Se vació la mezcla de concreto con un cucharón dentro de los moldes, movimos el cucharón alrededor del borde superior del molde a medida que el concreto vaya descargándose, con el fin de asegurar una distribución homogénea del mismo y minimizar la segregación del

agregado grueso dentro de él. Por tratarse de cilindros de 15 x 30 cm el concreto se colocó en tres capas iguales de 10 cm, compactando cada capa con 25 penetraciones, usando el extremo redondeado de la varilla, y distribuyéndolas uniformemente en toda el área. Después de compactar cada capa, golpeamos ligeramente las paredes del molde con el martillo de hule, para cerrar los orificios y expulsar el aire atrapado. Luego se procedió a brindarle el acabado con un badilejo, tratamos de realizar el menor número de pasadas, para evitar que la superficie sufra depresiones o promontorios mayores de 3mm.

h) **Almacenamiento y Curado Inicial del Concreto (NTP 339.033, ASTM C 31):** protegimos los especímenes recién moldeados durante las primeras 24 horas, tratando en lo posible que los especímenes permanezcan con una temperatura entre los 16 y 27 ° C. Cubrimos cada espécimen con una bolsa de plástico para evitar la evaporación de agua en el concreto.

#### **3.3.5. Curado de Cilindros**

Los especímenes fueron retirados de los moldes una vez transcurridas las 24 horas, luego los transportamos al pozo de curado, el cual tenía en su composición agua saturada con cal (2 % del peso del agua) y la temperatura de 23 +/- 2 ° C. Como se realizaron mezclas con cuatro métodos diferentes, se marcaron con diferente nomenclatura para evitar confusiones, ya que todos los especímenes fueron ensayados a los 28 días.

#### **3.3.6. Ensayo de los Especímenes de Concreto**

De las pruebas de concreto endurecido la más común es la resistencia a los especímenes de concreto se procedió a ensayar a la compresión, en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Los especímenes de concreto al momento de ensayarlos tenían una edad de 28 días. Antes de colocar los especímenes a la Máquina Universal se realizó lo siguiente:

a) **Kapping CT – 55 (ASTM C 617):** consistió en calentar el azufre en una olla especial, hasta que éste se disolviera, para luego colocarlo sobre el molde cabeceador y presionar los especímenes de concreto sobre el mismo, esto se realizó con el objetivo de tener una distribución uniforme de esfuerzos al momento de ser ensayados.

b) **Ensayo a la Compresión de los Especímenes de Concreto:** se coloca el espécimen refrenado por Kapping en la prensa hidráulica y se le aplica la carga con una velocidad constante, comprendía entre 1.4 – 3.8 kg/cm<sup>2</sup>/seg, se registra las lecturas correspondientes para las cargas dadas en el tableo adherido a la prensa. La resistencia a la compresión de los especímenes se obtuvo dividiendo la carga de rotura (kg) entre la sección transversal del espécimen (cm<sup>2</sup>). También fueron registradas las lecturas del deformímetro; con el objetivo

de determinar el módulo de elasticidad del concreto; obteniéndolo de las gráficas Esfuerzo vs. Deformación, considerándose como tal, la pendiente de la secante trazada desde un esfuerzo nulo hasta un esfuerzo de compresión de  $0.45 f_c$ , con respecto a una curva cuadrática que ajusta los puntos de esfuerzo vs deformación.

### *3.3.7. Procesamiento de la Información Obtenida*

Con la información cuantitativa obtenida de los ensayos realizados en laboratorio se procedió a realizar el procesamiento de la información con software de computadora Excel para el procesamiento estadístico y el Graph para procesamiento gráfico.

**CAPITULO IV**  
**PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

#### 4.1 Análisis de las Propiedades de los Agregados

##### 4.1.1. Abrasión (NTP 400.019 – 400.020, ASTM C 131)

Consideraciones:

Gradación de la Muestra de Prueba:	B
Número de Esferas:	11
Número de Revoluciones:	500
Peso Inicial (gr):	5000
Peso Final (gr):	4375
Porcentaje de Pérdida a 500 Revoluciones:	12.5 %

Se aprecia que el porcentaje de pérdida al desgaste, es relativamente bajo, menor al 50% por tanto es un agregado adecuado para la elaboración de mezcla de concreto de acuerdo a la NTP 400.019 y 400.020.

##### 4.1.2. Granulometría (NTP 400.012, ASTM C 136)

**Cuadro N° 01: Resultados de la Granulometría de los Agregados**

<b>Granulometría de los Agregados (NTP 400.012 ASTM C 136)</b>		
	<b>A. Fino</b>	<b>A. Grueso</b>
<i>Tamiz Estándar</i>	<i>%Que Pasa</i>	<i>%Que Pasa</i>
3"	100	100
2"	100	100
1 1/2"	100	100
1"	100	100
3/4"	100	71.8
1/2"	98.2	36
3/8"	95.6	18.8
N° 4	80.8	6.8
N° 8	67.5	1.4
N°16	56.3	0.7
N° 30	44.7	0.7
N° 50	22.3	0.7
N° 100	7.7	0.7
N° 200	2.1	0.7
<b>Módulo de Finura NTP 334.045 ASTM C 136</b>	3.2	6.98



4.1.3. *Peso Específico de Masa, Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca y Absorción (NTP 400.012, ASTM C136)*

**Cuadro N°02: Peso Específico de Masa, Peso Específico de Masa Superficialmente Seco, Absorción**

	A. Fino	A. Grueso
<b>Peso Específico de Masa</b>	2.61 gr/cm <sup>3</sup>	2.55 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Peso Específico (SSS)</b>	2.67 gr/cm <sup>3</sup>	2.59 gr/cm <sup>3</sup>
<b>% de Absorción</b>	2.2	1.52

4.1.4. *Peso Volumétrico Suelto y Peso Volumétrico Compactado (NTP 400.017, ASTM C39)*

**Cuadro N°03: Peso Volumétrico Suelto y Peso Volumétrico**

	A. Fino	A. Grueso
<b>Peso Volumétrico Suelto</b>	1640.86 kg/cm <sup>3</sup>	1377.87 kg/cm <sup>3</sup>
<b>Peso Volumétrico Compactado</b>	1874.87 kg/cm <sup>3</sup>	1546.84 kg/cm <sup>3</sup>

**4.2 Diseños de Mezclas con los Diferentes Métodos para un Concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> (28 días).**

Fueron 4 los métodos con los que diseñaron las diferentes mezclas de concreto y son Método A.C.I., Método WALKER, Método de FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS y Método FÜLLER. Para todos los diseños se emplearon las siguientes características de los materiales.

**Cuadro N° 04 Características de los Materiales**

<b>Cemento</b>	
Portland ASTM Tipo I	
Peso Específico	: 3.14
<b>Agregado Fino</b>	
Peso Específico de Masa	: 2.67
Peso Volumétrico Suelto	: 1640
Peso Volumétrico Compact	: 1874
Absorción	: 2.20%
Módulo de Fineza	: 3.2
<b>Agregado Grueso</b>	
Tipo de Agregado	: Angular
Tamaño Máximo Nominal	: 3/4"
Peso Específico de Masa	: 2.59
Peso Volumétrico Suelto	: 1377
Peso Volumétrico Compact	: 1546
Absorción	: 1.50%
Módulo de Fineza	: 6.98

**Cuadro N° 05 Resultados del Diseño de Mezclas**

Metodos Variables	ACI	Walker	Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	Füller
a. Resistencia Promedio	210 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>
b. Tamaño Máximo Nominal	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
c. Selección del Asentamiento	3" - 4"	3" - 4"	3" - 4"	3" - 4"
d. Volumen Unitario del Agua	205 lt	204 lt	205 lt	205 lt
e. Contenido de Aire	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
f. Relación Agua/Cemento	0.684	0.684	0.684	0.684
g. Factor Cemento	299.71	298.25	299.71	299.71
g.1. Bolsas	7.05	7.02	7.05	7.05
h. Peso del Agregado Grueso (diseño)	897	865	857	894
i. Peso del Agregado Fino (diseño)	905	926	932	894

### 4.3 Preparación de la Mezcla de Concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ (28 días)

#### 4.3.1 Pesos en Obra

Hallados los pesos de diseño corregimos por humedad, determinando los pesos en obra.

**Cuadro N° 06 Datos para la Elaboración de la Mezcla**

Metodos Variables	ACI	Walker	Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	Füller
a. Absorción Agregado Grueso	1.52%	1.52%	1.52%	1.52%
b. Absorción Agregado Fino	2.20%	2.20%	2.20%	2.20%
c. Contenido de humedad A. Grueso	1.50%	0.90%	3.11%	3.25%
d. Contenido de humedad A. Fino	6.50%	6.20%	6.92%	8.70%
c. Aporte de Agua del Agregado Grueso	0.00 lt	- 5.19	13.80 lt	15.65 lt
d. Aporte de Agua del Agregado Fino	39.82 lt	37.04 lt	43.99 lt	58.11 lt
e. Pesos Corregidos por Humedad				
e.1. Cemento	300 kg	298 kg	300 kg	300 kg
e.2. Agregado Grueso	910 kg	866 kg	871 kg	923 kg
e.3. Agregado Fino	965 kg	963 kg	996 kg	972 kg
e.4. Agua Efectiva	165 lt	172 lt	147 lt	131 lt
f. Pesos por tanda 0.03 m <sup>3</sup> (4 probetas)				
f.1. Cemento	9 kg	9 kg	9 kg	9 kg
f.2. Agregado Grueso	27.3 kg	25.98 kg	26.13 kg	27.69 kg
f.3. Agregado Fino	28.95 kg	28.89 kg	29.88 kg	29.16 kg
f.4. Agua Efectiva	4.95 lt	5.16 lt	4.41 lt	3.93 lt

4.3.2 *Propiedades del Concreto Fresco para los 4 Métodos.*

**Cuadro N° 07: Resultados Promedio de las 5 Tandas para las Propiedades del Concreto Fresco**

Metodos Variables	ACI	Walker	Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	Füller
Temperatura (Promedio)	24.4 °C	24.22	21.06 °C	22.40 °C
Slump (Promedio)	3.1 ”	2.8”	3.45”	3.43”
Contenido de Aire (Promedio)	1.62%	1.58%	1.14%	1.18%
Peso Volumétrico del Concreto Fresco (Promedio)	PV = 2472.80 kg/m <sup>3</sup>	PV = 2327.20 kg/m <sup>3</sup>	PV = 2322.20 kg/m <sup>3</sup>	PV = 2304.80 kg/m <sup>3</sup>

Como se puede observar, la temperatura promedio del concreto fresco con los diferentes métodos se encontraba entre 21.06 °C y 24.4 °C. El slump se encontraba entre 3.1” y 3.45”, cumpliendo con el diseño establecido de 3” – 4”, con excepción del Método Walker que se encontraba por debajo de 3”. En el contenido de aire el Método ACI es el que más se aproxima al diseño. El peso volumétrico del concreto fresco se aproxima a 2300kg/m<sup>3</sup>, lo que nos indica que existe una buena compacidad.

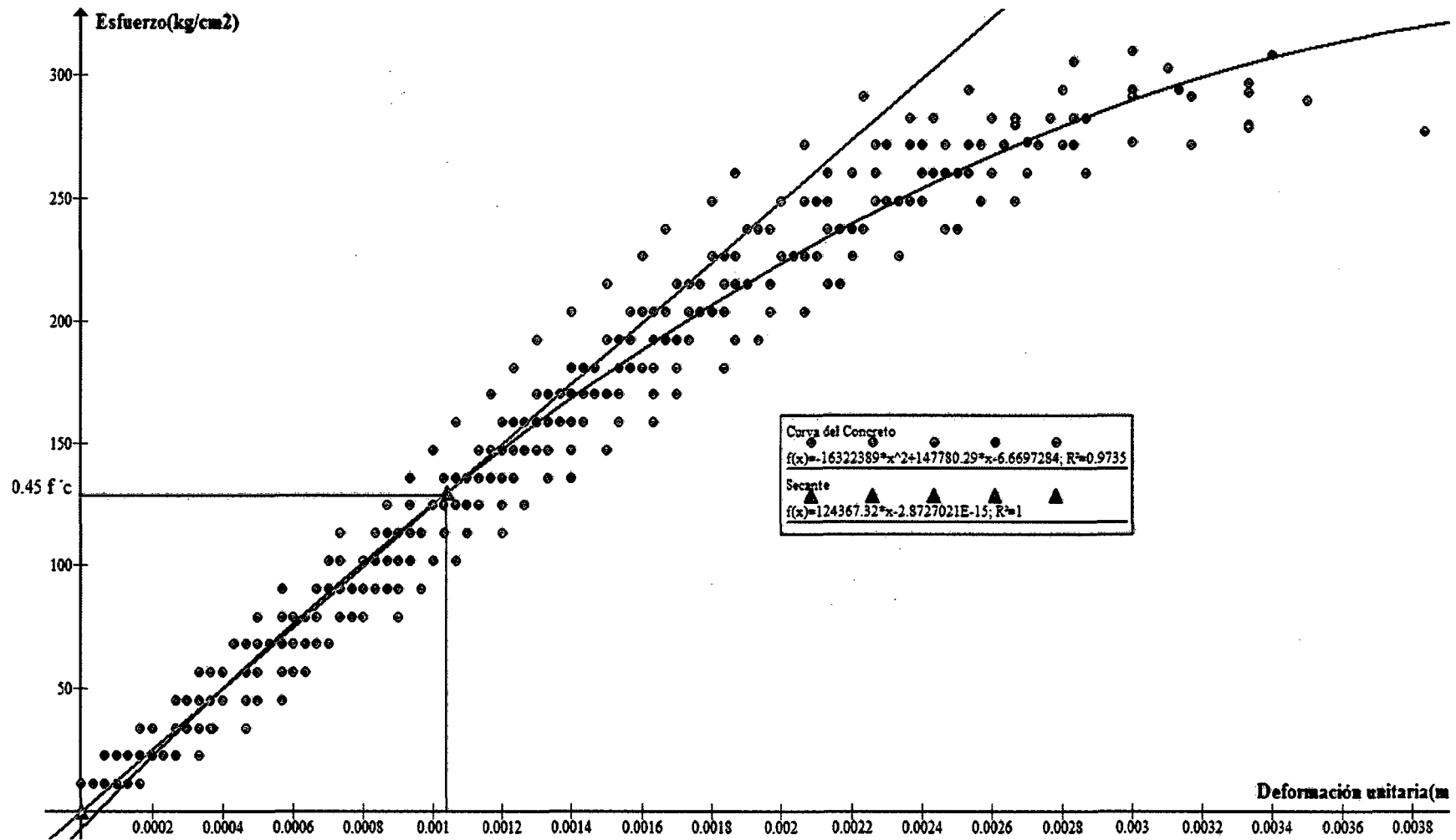
**4.4 Rotura de los Especímenes de Concreto**

Cada 2 Toneladas se tomó la lectura para todos los métodos ACI, Walker, Modulo de Fineza de la Combinación de los Agregados y Füller. El método que obtuvo mayor resistencia fue el Modulo de Fineza de la Combinación de Agregados y método que más se aproxima a la resistencia  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , como se muestra en el Cuadro N° 08.

4.5 Módulo de Elasticidad

4.5.1 Método A.C.I.

Figura N° 04: Módulo de Elasticidad según gráfico – Método ACI



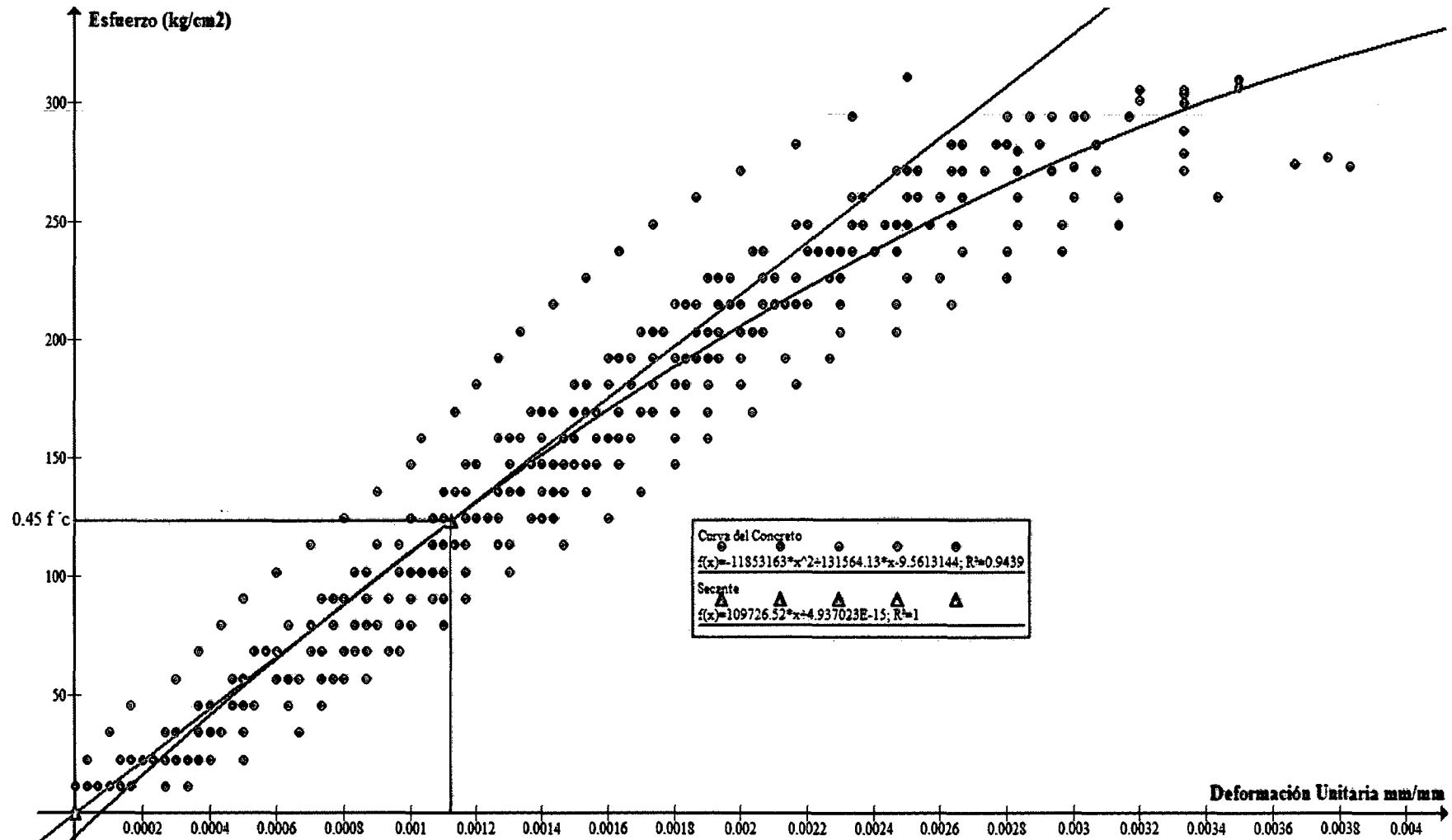
Para hallar el módulo de elasticidad se aplicó el método de la secante inicial, en gráfico de la curva del concreto se trazó una línea desde el origen hasta  $0.45 f'c$  ( $210 \text{ kg/cm}^2$ ). Teniendo como pendiente de la línea el módulo de elasticidad.

**Cuadro N° 09: Comparación Teórico y Práctico del Módulo de Elasticidad**  
**Método ACI**

PROMEDIO DEL MÉTODO ACI			
Promedio de la Resistencia Última =		288.0789 kg/cm <sup>2</sup>	
Con Gráfico		Con Fórmula	
0.45 f'c = 129.6355 kg/cm <sup>2</sup>		Ec = 15000√(f'c)	
Puntos de la Recta			
xo= 0.0000	yl= 0		
yo= 0.00104236	yl= 129.6355		
Pendiente = Ec =	124367.32 kg/cm <sup>2</sup>	Ec =	254593.33 kg/cm <sup>2</sup>
Variacion en porcentaje es =		48.85%	

4.5.2 Método WALKER

Figura N° 05: Módulo de Elasticidad según gráfico – Método Walker



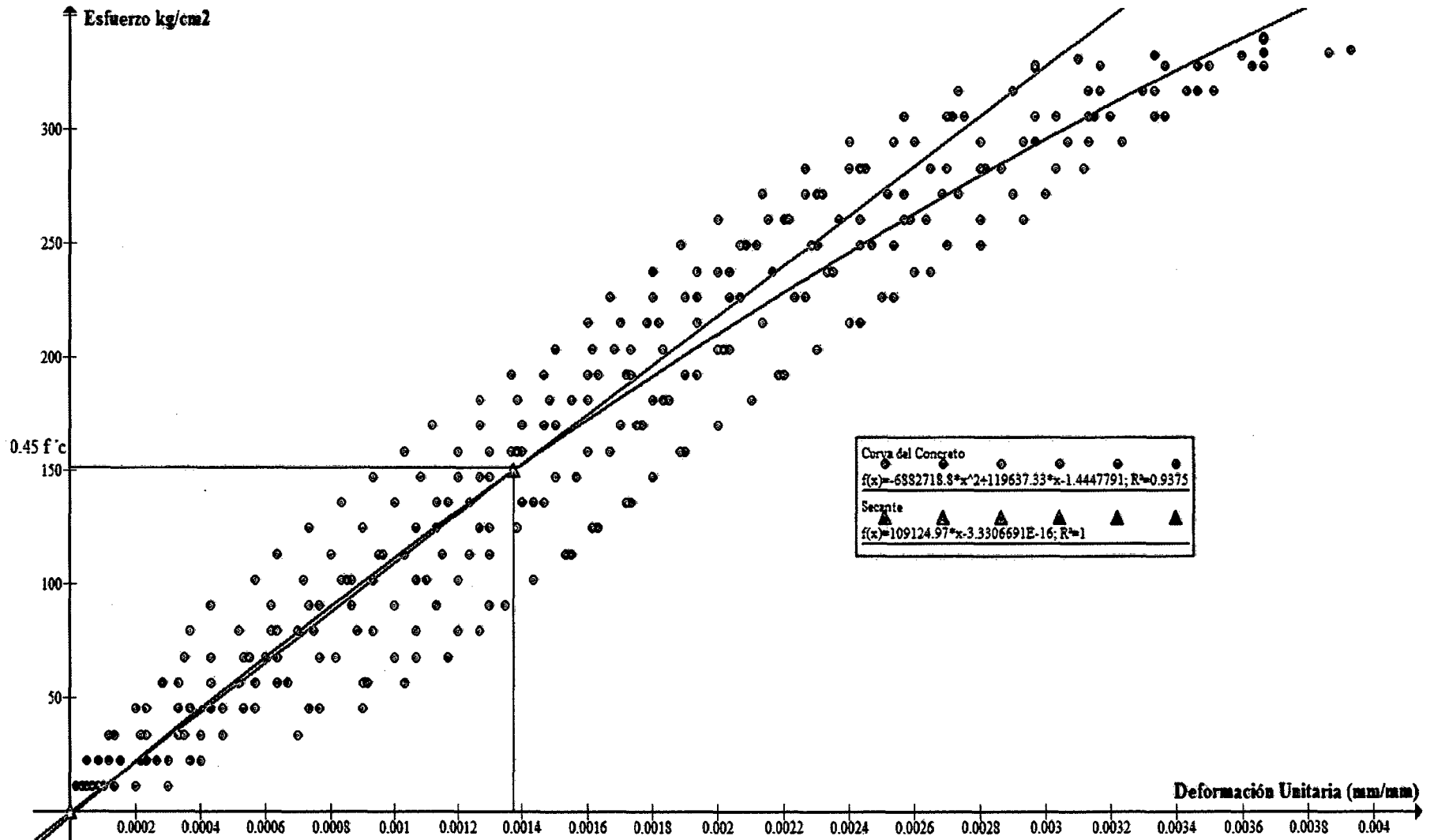
Cuadro N° 10: Comparación del Módulo de Elasticidad Teórico y Práctico

Método Walker

PROMEDIO DEL MÉTODO WALKER			
Promedio de la Resistencia Última =		274.5504 kg/cm <sup>2</sup>	
Con Gráfico		Con Fórmula	
0.45 f <sub>c</sub> = 123.55 kg/cm <sup>2</sup>		E <sub>c</sub> = 15000√(f <sub>c</sub> )	
Puntos de la Recta			
x <sub>0</sub> = 0.0000	y <sub>1</sub> = 0		
y <sub>0</sub> = 0.00112596	y <sub>1</sub> = 123.5477		
Pendiente = E <sub>c</sub> = 109726.515 kg/cm <sup>2</sup>		E <sub>c</sub> =	248543.42 kg/cm <sup>2</sup>
Variacion en porcentaje es =		44.15%	

4.5.3 Método MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Figura N° 06: Módulo de Elasticidad según gráfico – Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados



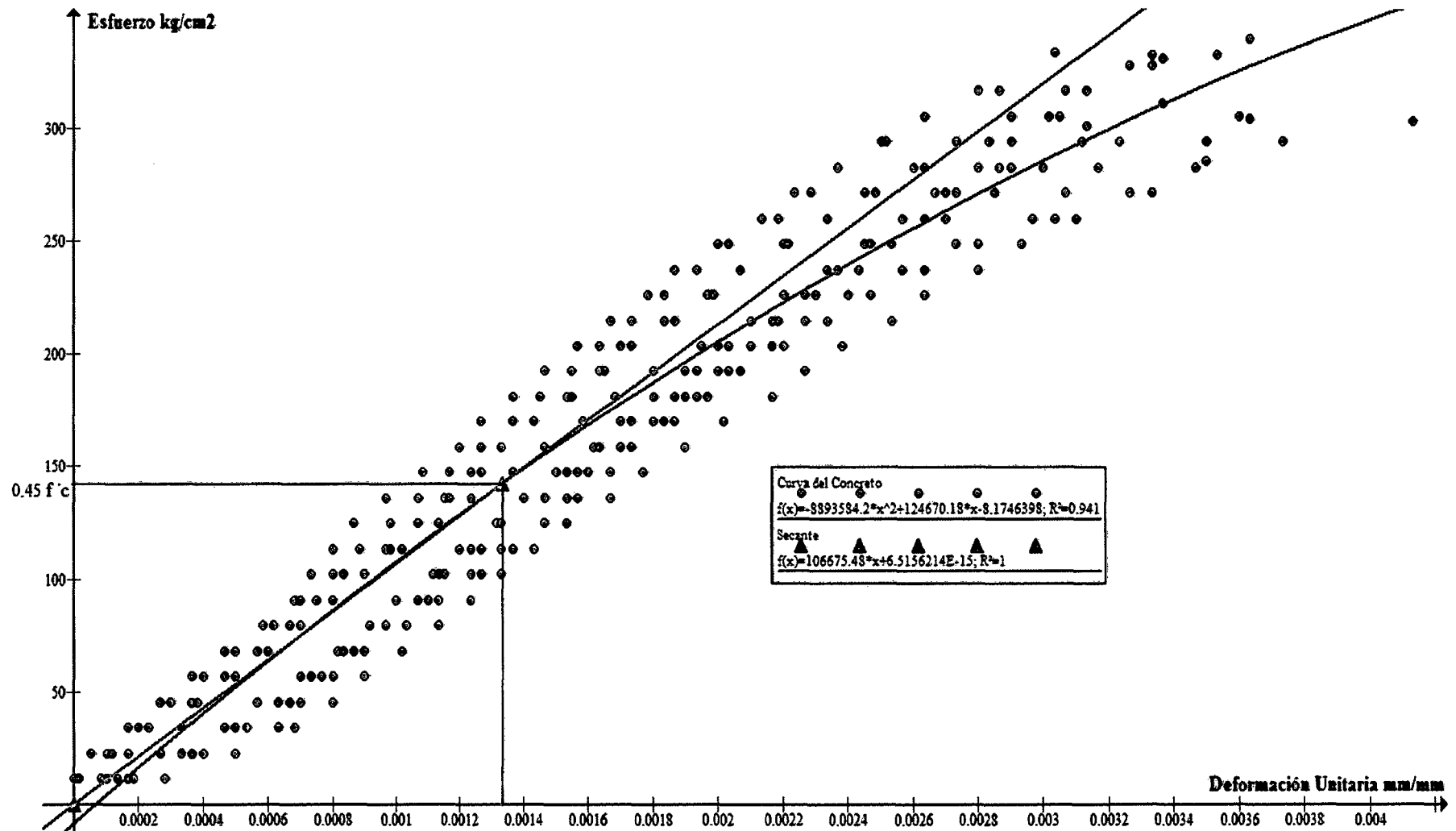


**Cuadro N° 11: Comparación del Módulo de Elasticidad Teórico y Práctico  
Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados**

<b>PROMEDIO DEL MÉTODO COMBINACION</b>			
Promedio de la Resistencia Última =		333.37 kg/cm <sup>2</sup>	
<b>Con Gráfico</b>		<b>Con Fórmula</b>	
0.45 f <sub>c</sub> = 150.02 kg/cm <sup>2</sup>		Ec = 15000√f' <sub>c</sub>	
Puntos de la Recta			
xo= 0.0000	y1= 0		
yo= 0.00137471	y1= 150.0152		
Pendiente = Ec =	109124.972 kg/cm <sup>2</sup>	Ec =	273875.15 kg/cm <sup>2</sup>
Variacion en porcentaje es =		39.84%	

4.5.4 Método FÜLLER

Figura N° 07: Módulo de Elasticidad según gráfico – Método Fuller



**Cuadro N° 12: Comparación del Módulo de Elasticidad Teórico y Práctico  
Método Füller**

PROMEDIO DEL MÉTODO FULLER			
Promedio de la Resistencia Última =		316.39 kg/cm <sup>2</sup>	
Con Gráfico		Con Fórmula	
0.45 f <sub>c</sub> = 142.38 kg/cm <sup>2</sup>		E <sub>c</sub> = 15000√f <sub>c</sub>	
Puntos de la Recta			
x <sub>0</sub> = 0.0000	y <sub>1</sub> = 0		
y <sub>0</sub> = 0.00133466	y <sub>1</sub> = 142.3755		
Pendiente = E <sub>c</sub> =	106675.483 kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> =	266810.36 kg/cm <sup>2</sup>
Variación en porcentaje es =		39.98%	

#### 4.6 Comparación de Cantidades de Materiales con los 4 Métodos

**Cuadro N° 13: Comparación de Metodos con su Resistencia, Peso Volumétrico**

Variables Método	A. Fino	A. Grueso	Agua	Cemento	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Volumétrico del Concreto Fresco (kg/cm <sup>2</sup> )
A.C.I.	0.339 m <sup>3</sup>	0.346 m <sup>3</sup>	0.205 m <sup>3</sup>	7.050 m <sup>3</sup>	263.68	2272.8
Walker	0.347 m <sup>3</sup>	0.334 m <sup>3</sup>	0.204 m <sup>3</sup>	7.050 m <sup>3</sup>	276.51	2327.2
Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	0.349 m <sup>3</sup>	0.331 m <sup>3</sup>	0.205 m <sup>3</sup>	7.050 m <sup>3</sup>	309.24	2322.2
Füller	0.335 m <sup>3</sup>	0.345 m <sup>3</sup>	0.205 m <sup>3</sup>	7.050 m <sup>3</sup>	275.51	2304.8

Se aprecia que el método A.C.I. (menor resistencia) es uno de los que posee menor cantidad de agregado fino (0.339 m<sup>3</sup>) y mayor cantidad de agregado grueso (0.346 m<sup>3</sup>) con respecto a los otros métodos; en cambio el método de Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados (mayor resistencia) es el que posee mayor cantidad de agregado fino (0.349 m<sup>3</sup>) y menor cantidad de agregado grueso (0.331 m<sup>3</sup>).

También se aprecia que los métodos WALKER y Modulo de Fineza de la Combinación de Agregados son los que poseen los pesos volumétricos más altos. Y el método A.C.I. es el que tiene menor peso volumétrico.

Se observa que los métodos con los que obtuvieron mayor peso volumétrico, Walker y Modulo de Fineza de la Combinación de Agregados, son los que tiene mayor resistencia a la compresión; y en cambio el método del ACI fue el que obtuvo menor resistencia a la compresión tuvo menor peso volumétrico.

**4.7 Comparación de las Propiedades del Concreto**

El mejor comportamiento del concreto viene a ser la resistencia a la compresión, sin embargo se puede deducir a partir de la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción ( $f_t$ ) y el módulo de rotura ( $f_r$ ) a continuación se muestra un cuadro resumen.

**Cuadro N° 14: Comparando Propiedades del Concreto Endurecido**

METODO	$f_c$ obtenida 28 días	$E_c$ obtenida en Laboratorio	$f_r$ deducible	$f_t$ deducible
ACI	263.68 kg/cm <sup>2</sup>	124367.32 kg/cm <sup>2</sup>	32.48 kg/cm <sup>2</sup>	26.36 kg/cm <sup>2</sup>
Walker	276.51 kg/cm <sup>2</sup>	109726.52 kg/cm <sup>2</sup>	33.26 kg/cm <sup>2</sup>	27.65 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados	309.24 kg/cm <sup>2</sup>	109124.97 kg/cm <sup>2</sup>	35.17 kg/cm <sup>2</sup>	30.92 kg/cm <sup>2</sup>
Füller	275.51 kg/cm <sup>2</sup>	106675.48 kg/cm <sup>2</sup>	33.20 kg/cm <sup>2</sup>	27.55 kg/cm <sup>2</sup>

**4.8 Análisis de Precios Unitarios para 1 m<sup>3</sup> de Concreto con los 4 Métodos**

**Cuadro N° 15: Costo Unitario con los Diferentes Métodos**

Método	Costo Unitario
ACI	S/. 278.92
Walker	S/. 278.02
Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	S/. 278.61
Füller	S/. 278.50

**4.9 Comparación de Cantidades de Materiales del Concreto con el Costo Unitario para 1 m<sup>3</sup> de Concreto y la Resistencia**

**Cuadro N° 16: Costo, Resistencia y Cantidades de Materiales**

Método	Variables que intervienen	Dosificación de Diseño	Dosificación de Obra	Costo	Resistencia $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> (28 días)
ACI	Cemento Agregado Fino Agregado Grueso Agua	7.05 bolsas 905 kg 897 kg 204 litros	7.05 bolsas 965 kg 910 kg 165 litros	S/. 278.92	282.95
Walker	Cemento Agregado Fino Agregado Grueso Agua	7.02 bolsas 926 kg 865 kg 204 litros	7.02 bolsas 963 kg 866 kg 172 litros	S/. 278.02	291.37
Modulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	Cemento Agregado Fino Agregado Grueso Agua	7.05 bolsas 932 kg 857 kg 205 litros	7.05 bolsas 996 kg 871 kg 147 litros	S/. 278.61	326.81
Fuller	Cemento Agregado Fino Agregado Grueso Agua	7.05 bolsas 894 kg 894 kg 205 litros	7.05 bolsas 972 kg 923 kg 131 litros	S/. 278.50	300.78

4.10 Optimizando la Resistencia a 210 kg/cm<sup>2</sup>, aplicando la Ley de Powers

Cuadro N° 17: Resultados de la Ley de Powers

Métodos		ACI	Walker	Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados	Füller
R	R <sub>1</sub>	282.95 kg/cm <sup>2</sup>	291.67 kg/cm <sup>2</sup>	326.81 kg/cm <sup>2</sup>	300.78 kg/cm <sup>2</sup>
	R <sub>2</sub>	210.00 kg/cm <sup>2</sup>	210.00 kg/cm <sup>2</sup>	210.00 kg/cm <sup>2</sup>	210.00 kg/cm <sup>2</sup>
X	X <sub>1</sub>	0.4917	0.4967	0.5159	0.5018
	X <sub>2</sub>	0.4452	0.4452	0.4452	0.4452
α	α <sub>1</sub>	68.6186%	69.5429%	73.1475%	70.4952%
	α <sub>2</sub>	68.6186%	69.5429%	73.1475%	70.4952%
A/C	A/C <sub>1</sub>	0.684	0.684	0.684	0.684
	A/C <sub>2</sub>	0.778	0.7888	0.830	0.800

Cuadro N° 18: Nuevos Valores del Diseño de Mezclas

Metodos		ACI	Walker	Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	Füller
a.	Resistencia Promedio	210 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>	210 kg/cm <sup>2</sup>
b.	Tamaño Máximo Nominal	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
c.	Selección del Asentamiento	3 " - 4 "	3 " - 4 "	3 " - 4 "	3 " - 4 "
d.	Volumen Unitario del Agua	205 lt	204 lt	205 lt	205 lt
e.	Contenido de Aire	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
f.	Relación Agua/Cemento	0.778	0.788	0.830	0.800
g.	Factor Cemento	263.39	259.49	246.99	256.25
g.1.	Bolsas	6.20	6.11	5.81	6.03
h.	Peso del Agregado Grueso (diseño)	897	777	781	912
i.	Peso del Agregado Fino (diseño)	974	928	934	913

Cuadro N° 19: Nuevos Costos Unitario con las Cantidades ya Ajustadas por la Ley de Powers

Método	Costo Unitario
ACI	S/. 262.89
Walker	S/. 255.84
Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados	S/. 249.72
Füller	S/. 257.71

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

- 5.1.1. Optimizando costos de acuerdo al promedio de la resistencia última, aplicando la Ley de Powers, se determinó que el concreto a una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, más económico es obtenido con el método Modulo de Fineza de la Combinación de los Agregados.
- 5.1.2. Experimentalmente el promedio de la resistencia última que más se aproxima a la resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>; fue el método A.C.I. con una resistencia promedio de 263.68 kg/cm<sup>2</sup>.
- 5.1.3. Experimentalmente el costo unitario del concreto por 1 m<sup>3</sup> de los 4 métodos es similar, siendo aproximadamente s/.278.00.
- 5.1.4. Para la presente tesis se cumple la siguiente condición: a mayor peso volumétrico del concreto fresco, mayor esfuerzo ultimo a la compresión.
- 5.1.5. El diseño con los métodos Modulo de Fineza de la Combinación de Agregados y Walker con material de la cantera Huayrapongo permitió un concreto más denso y con una resistencia superior a la diseñada, de esto se puede concluir que estos dos métodos permitieron un concreto con buena compacidad.
- 5.1.6. La discrepancia al comparar los valores del módulo de elasticidad, distan bastante; esto se debe a la falta de equipos de última generación provocando errores de tal magnitud.

### **5.2. Recomendaciones**

- 5.2.1. Tener en cuenta siempre el control de calidad al momento de la elaboración del concreto para cualquier resistencia a la compresión.
- 5.2.2. Tener en cuenta la compacidad del concreto, ya que permite obtener mejores resistencias a la compresión.
- 5.2.3. Implementar el laboratorio de ensayo de materiales, para poder realizar investigaciones y que los resultados sean más precisos.
- 5.2.4. En un futuro realizar investigaciones con otras canteras que son utilizadas para la elaboración de concreto en Cajamarca, además experimentando con otras resistencias.
- 5.2.5. Realizar investigaciones para obtener otras propiedades del concreto.

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

1. Enrique Pasquel Carbajal. 1998. Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. 2da Edición. Colegio de Ingenieros Consejo Nacional. Lima – Perú.
2. Enrique Rivva López. 1996. Diseño de Mezclas. Editorial Williams. Lima – Perú.
3. Flavio Abanto Castillo. 1996. Tecnología del Concreto. Editorial San Marcos. Lima – Perú.
4. Gianfranco Ottazi Pasino. 2004. Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado. Oficina de Publicaciones para la Docencia de la PUCP. Lima – Perú.
5. Samuel Laura Huanca. 2006. Diseño de Mezclas de Concreto. Universidad Nacional del Antiplano. Puno – Perú.
6. Felipe Hernández. 2008. Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto - Método de Prueba. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. México.
7. José Lezama Leiva. 2006. Separatas de Diseño de Mezclas de Concreto.
8. [www.cgsservicios.df.gob.mx/prontuario/vigente/743.htm](http://www.cgsservicios.df.gob.mx/prontuario/vigente/743.htm)
9. [www.monografias.com/trabajos94/concreto-ii-primera-parte/concreto-ii-primera-parte.shtml#ixzz2kqiz5st9](http://www.monografias.com/trabajos94/concreto-ii-primera-parte/concreto-ii-primera-parte.shtml#ixzz2kqiz5st9)



**ANEXOS 01**

**DATOS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

**Abrasión del Agregado Grueso.**

**Granulometría de los Agregados.**

**Peso Específico de Masa, Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca y Absorción de los Agregados.**

**Peso Volumétrico Suelto de los Agregados.**

**Peso Volumétrico Compactado de los Agregados.**

**Diseños de Mezclas y corrección por Humedad con los 4 métodos a analizar.**

**Propiedades del Concreto Fresco.**

**Ensayo a la Compresión de todos los especímenes de Concreto.**

**Análisis de Precios Unitarios para 1 m<sup>3</sup> de concreto para los 4 métodos a analizar.**

**Procedimiento de la Ley de Powers para los 4 métodos a analizar.**

**Diseños de Mezclas ya corregidos.**

**Nuevos Análisis de Precios Unitarios para 1 m<sup>3</sup>.**

**Ensayo: Abrasión (NTP 400.019 – 400.020, ASTM C 131)**

LUGAR: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC) - FECHA : 25/10/2012.  
 ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES.

<b>ESCALONADO DE LA MUESTRA DE PRUEBA</b>		
<b>Abertura Tamiz que Pasa (pulgadas)</b>	<b>Abertura de Tamiz donde se Retiene</b>	<b>Peso entre los Tamaños Indicados</b>
3/4"	1/2"	2500
1/2"	3/8"	2500

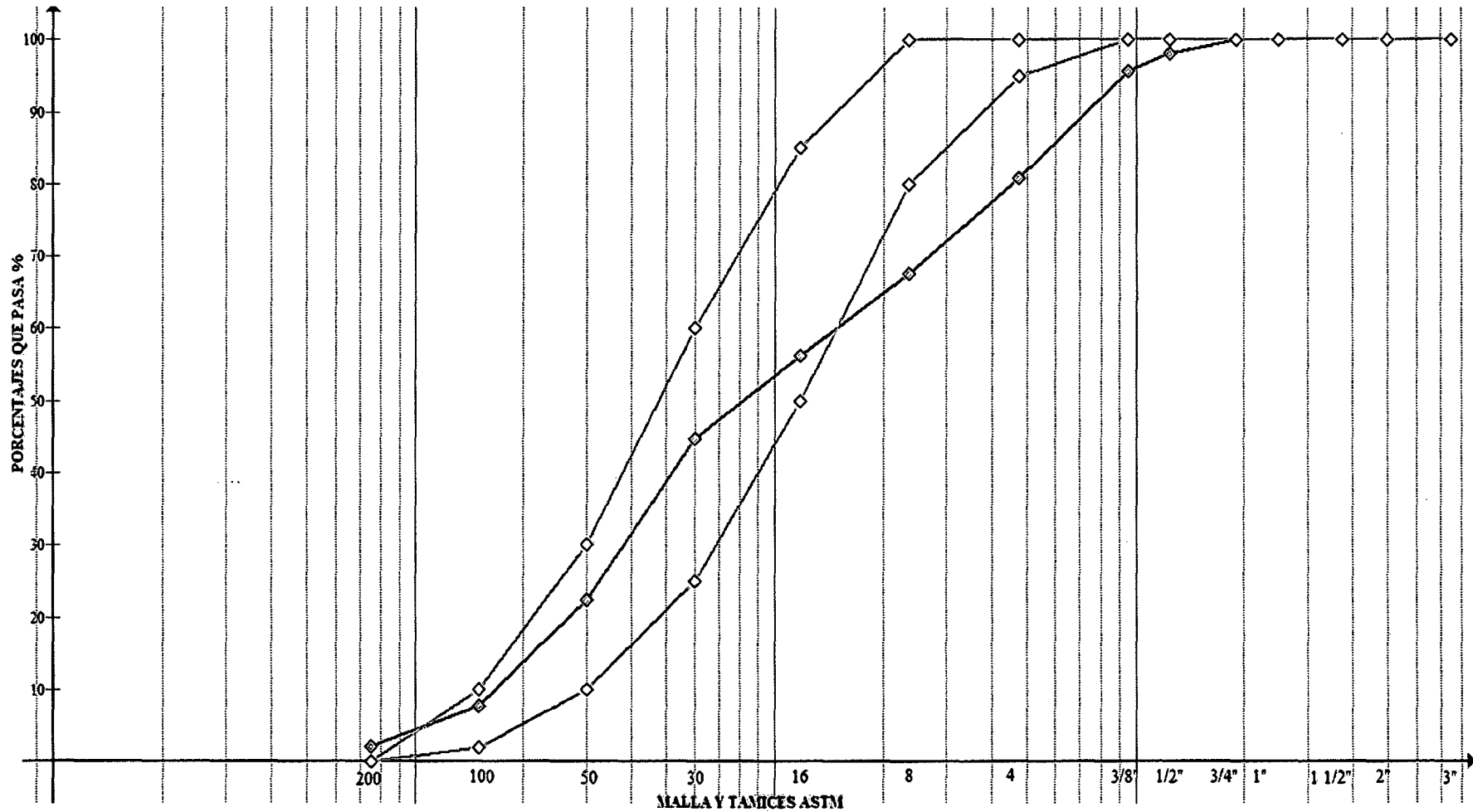
**Ensayo: Granulometría del Agregado Fino (NTP 400.012, ASTM C 136)**

LUGAR: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC) - FECHA : 26/10/2012.  
 ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES.

<b>Tamiz Estándar</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Ret. (gr)</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Ret. Acum</b>	<b>% Que Pasa</b>	<b>Datos de la muestra</b>		
3"	75	0	0	0	100	Descripción:	Agregado Fino	
2"	50	0	0	0	100	Procedencia:	Cantera Huayrapongo	
1 1/2"	37.5	0	0	0	100			
1"	25	0	0	0	100	Masa seca original:	1341.1	gr
3/4"	19	0	0	0	100	Masa total:	1339	gr
1/2"	12.5	24	1.8	1.8	98.2	Diferencia:	0	%
3/8"	9.5	34.6	2.6	4.4	95.6			
N° 4	4.75	197.9	14.8	19.2	80.8			
N° 8	2.36	178.5	13.3	32.5	67.5			
N°16	1.18	149.5	11.2	43.7	56.3			
N° 30	0.6	155.8	11.6	55.3	44.7			
N° 50	0.3	300	22.4	77.7	22.3			
N° 100	0.15	196	14.6	92.3	7.7			
N° 200	0.075	75.1	5.6	97.9	2.1			
Fondo		27.6	2.1	100	0			

**MÓDULO DE FINURA (NTP 334.045, ASTM C 136): 3.20**

Curva de Distribución Granulométrica del Agregado Fino



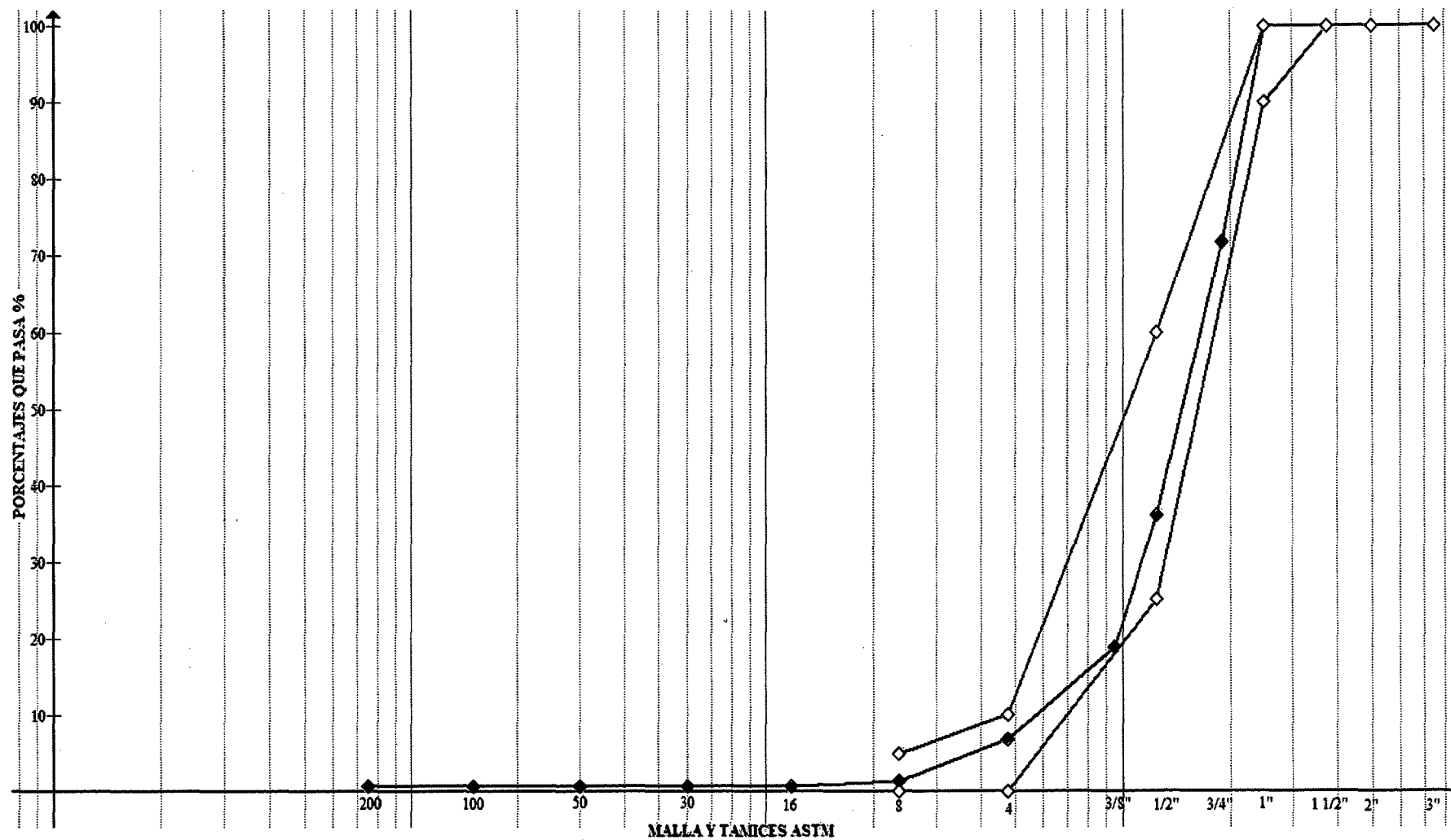
**Ensayo: Granulometría del Agregado Grueso (NTP 400.012, ASTM C 136)**

LUGAR: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC) - FECHA : 26/10/2012.  
 ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES.

Tamiz Estándar	Abertura (mm)	Peso Ret. (gr)	% Retenido	% Ret. Acum	% Que Pasa	Datos de la muestra		
3"	75	0	0	0	100	Descripción:	Agregado Grueso	
2"	50	0	0	0	100	Procedencia:	Cantera Huayrapongo	
1 1/2"	37.5	0	0	0	100			
1"	25	0	0	0	100	Masa seca original:	16670.8	gr
3/4"	19	4697.3	28.2	28.2	71.8	Masa total:	16663.3	gr
1/2"	12.5	5962.1	35.8	64	36	Diferencia:	0	%
3/8"	9.5	2875.4	17.3	81.2	18.8			
N° 4	4.75	1987.2	11.9	93.2	6.8			
N° 8	2.36	902	5.4	98.6	1.4			
N°16	1.18	129.3	0.8	99.3	0.7			
N° 30	0.6	0	0	99.3	0.7			
N° 50	0.3	0	0	99.3	0.7			
N° 100	0.15	0	0	99.3	0.7			
N° 200	0.075	0	0	99.3	0.7			
Fondo		110	0.7	100	0			

**MÓDULO DE FINURA (NTP 334.045, ASTM C 136): 6.98**

Curva de Distribución Granulométrica del Agregado Grueso



**Ensayos: Peso Específico de Masa, Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca y Absorción del Agregado Fino (NTP 400.012, ASTM C136)**

LUGAR: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC) - FECHA: 29/10/2012 – 30/10/2012  
ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES.

Descripción de la Muestra:		Agregado Fino		
Procedencia:		Cantera Huayrapongo		
Descripción		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
<b>A</b>	Peso material sss (al aire) (gr)	850.0	854.0	854.9
<b>B</b>	Peso frasco con agua (gr)	1314.4	1314.4	1314.4
<b>C</b>	Peso frasco con agua + A (gr)	2164.4	2168.4	2169.3
<b>D</b>	Peso del frasco con agua y material (gr)	1846.3	1847.1	1848.9
<b>E</b>	Vol de masa + vol de vacío = C – D (cm <sup>3</sup> )	318.1	321.3	320.4
<b>F</b>	Peso de material seco al horno (gr)	831.8	835.9	835.0
<b>RESULTADOS:</b>				
<b>Individual</b>	Peso Específico de Masa	2.61 gr/cm <sup>3</sup>	2.60 gr/cm <sup>3</sup>	2.61 gr/cm <sup>3</sup>
	Peso Específico (SSS)	2.67 gr/cm <sup>3</sup>	2.66 gr/cm <sup>3</sup>	2.67 gr/cm <sup>3</sup>
	% de absorción	2.19	2.17	2.38
<b>Promedio</b>	Peso Específico de Masa	2.61 gr/cm <sup>3</sup>		
	Peso Específico (SSS)	2.67 gr/cm <sup>3</sup>		
	% de absorción	2.2		

**Ensayos: Peso Específico de Masa, Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca y Absorción del Agregado Grueso (NTP 400.012, ASTM C136)**

LUGAR: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC) - FECHA: 29/10/2012 – 30/10/2012  
ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES.

Descripción de la Muestra:		Piedra Chancada		
Procedencia:		Cantera Huayrapongo		
Descripción		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
<b>A</b>	Peso material sss (al aire) (gr)	4850.0	4940.0	4790.6
<b>B</b>	Peso del material SSS + canastilla (sumergido) (gr)	3929.3	3980.1	3943.5
<b>C</b>	Peso frasco con agua + A (gr)	951.0	951.0	996.0
<b>D</b>	Peso del frasco con agua y material (gr)	2978.3	3029.1	2947.5
<b>E</b>	Vol de masa + vol de vacío = C – D (cm <sup>3</sup> )	1871.7	1910.9	1843.1
<b>F</b>	Peso de material seco al horno (gr)	4779.1	4865.9	4717.6
<b>RESULTADOS:</b>				
<b>Individual</b>	Peso Específico de Masa	2.55 gr/cm <sup>3</sup>	2.55 gr/cm <sup>3</sup>	2.56 gr/cm <sup>3</sup>
	Peso Específico (SSS)	2.59 gr/cm <sup>3</sup>	2.59 gr/cm <sup>3</sup>	2.60 gr/cm <sup>3</sup>
	% de absorción	1.48	1.52	1.55
<b>Promedio</b>	Peso Específico de Masa	2.55 gr/cm <sup>3</sup>		
	Peso Específico (SSS)	2.59 gr/cm <sup>3</sup>		
	% de absorción	1.52		

**Ensayo: Peso Volumétrico Suelto del A. Fino (NTP 400.017, ASTM C39)**

LUGAR: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)-FECHA: 31/10/2012  
 ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES.

<b>Descripción de la Muestra:</b>		<b>Agregado Fino</b>		
<b>Procedencia:</b>		<b>Cantera Huayrapongo</b>		
<b>Descripción</b>		<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Peso de la Muestra + Molde	(kg)	20.86	20.82	20.82
Peso del Molde	(kg)	5.36	5.36	5.36
Peso de la Muestra	(kg)	15.5	15.46	15.46
Volumen del Molde	(m3)	0.00943	0.00943	0.00943
Peso Volumétrico	(kg/m3)	1643.69	1639.45	1639.45
Promedio Peso Vol. Suelto	(kg/m3)	1640.86		

**Ensayo: Peso Volumétrico Suelto del A. Grueso (NTP 400.017, ASTM C39)**

LUGAR: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC) – FECHA: 31/10/2012  
 ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES.

<b>Descripción de la Muestra:</b>		<b>Piedra Chancada</b>		
<b>Procedencia:</b>		<b>Cantera Huayrapongo</b>		
<b>Descripción</b>		<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Peso de la Muestra + Molde	(kg)	18.36	18.34	18.36
Peso del Molde	(kg)	5.36	5.36	5.36
Peso de la Muestra	(kg)	13	12.98	13
Volumen del Molde	(m3)	0.00943	0.00943	0.00943
Peso Volumétrico	(kg/m3)	1378.58	1376.46	1378.58
Promedio Peso Vol. Suelto	(kg/m3)	1377.87		

**Ensayo: Peso Volumétrico Compactado del Agregado Fino (NTP 400.017, ASTM C39)**

LUGAR: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC) - FECHA: 01/11/2012  
ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES.

<b>Descripción de la Muestra:</b>		<b>Agregado Fino</b>		
<b>Procedencia:</b>		<b>Cantera Huayrapongo</b>		
<b>Descripción</b>		<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Peso de la Muestra + Molde	(kg)	23.04	23.06	23.02
Peso del Molde	(kg)	5.36	5.36	5.36
Peso de la Muestra	(kg)	17.68	17.7	17.66
Volumen del Molde	(m3)	0.00943	0.00943	0.00943
Peso Volumétrico	(kg/m3)	1874.87	1876.99	1872.75
Promedio Peso Vol. Compact	(kg/m3)	<b>1874.87</b>		

**Ensayo: Peso Volumétrico Compactado del Agregado Grueso (NTP 400.017, ASTM C39)**

LUGAR: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC) - FECHA: 01/11/2012.  
ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES.

<b>Descripción de la Muestra:</b>		<b>Piedra Chancada</b>		
<b>Procedencia:</b>		<b>Cantera Huayrapongo</b>		
<b>Descripción</b>		<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Peso de la Muestra + Molde	(kg)	19.98	19.92	19.94
Peso del Molde	(kg)	5.36	5.36	5.36
Peso de la Muestra	(kg)	14.62	14.56	14.58
Volumen del Molde	(m3)	0.00943	0.00943	0.00943
Peso Volumétrico	(kg/m3)	1550.37	1544.01	1546.13
Promedio Peso Vol. Compact	(kg/m3)	<b>1546.84</b>		



### Diseño de Mezclas: Método ACI

FECHA : 05/11/2012.  
 ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES.

a. Resistencia Promedio	210 kg/cm <sup>2</sup>
b. Tamaño Máximo Nominal	¾"
c. Selección del Asentamiento	3 - 4"
d. Volumen Unitario del Agua	205 lt.
e. Contenido de Aire	2.00 %
f. Relación Agua/Cemento	0.684
g. Factor Cemento	299.71 kg
g.1. Bolsas	7.05 bolsas
h. Contenido del Agregado Grueso (b/bo)	0.58
h.1. Peso del Agregado Grueso	896.68 kg
i. Cálculo de Volúmenes Absolutos	
Cemento	0.095 m <sup>3</sup>
Agua	0.205 m <sup>3</sup>
Aire	0.020 m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	0.346 m <sup>3</sup>
i.1. $\Sigma$ Volúmenes	0.661 m <sup>3</sup>
j. Contenido del Agregado Fino	
j.1. Volumen Absoluto Agregado Fino	0.339 m <sup>3</sup>
j.2. Peso del Agregado Fino	905.13 kg
k. Valores de Diseño	
Cemento	300 kg.
Agua	205 lt.
Agregado Fino	905 kg.
Agregado Grueso	897 kg.

### Diseño de Mezclas: Método Walker

FECHA : 05/11/2012.  
ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES.

a. Resistencia Promedio	210 kg/cm <sup>2</sup>
b. Tamaño Máximo Nominal	¾"
c. Selección del Asentamiento	3 – 4"
d. Volumen Unitario del Agua	204 lt.
e. Contenido de Aire	2.00 %
f. Relación Agua/Cemento	0.684
g. Factor Cemento	298.25 kg
g.1. Bolsas	7.02 bolsas
h. Cálculo del Volumen de la Pasta	
Cemento	0.095 m <sup>3</sup>
Agua	0.204 m <sup>3</sup>
Aire	0.020 m <sup>3</sup>
h.1. $\Sigma$ Volúmenes	0.319 m <sup>3</sup>
i. Volumen Absoluto de los Agregados	0.681 m <sup>3</sup>
j. Porcentaje del Agregado Fino	50.94 %
k. Volumen Absoluto del Agr. Fino y Grueso	
k.1. Volumen Absoluto del Agr. Fino	0.347
k.2. Volumen Absoluto del Agr. Grueso	0.334
l. Contenido del Agregado Fino	926.49
m. Contenido del Agregado Grueso	865.06
n. Valores de Diseño	
Cemento	298 kg.
Agua	204 lt.
Agregado Fino	926 kg.
Agregado Grueso	865 kg.

## Diseño de Mezclas: Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

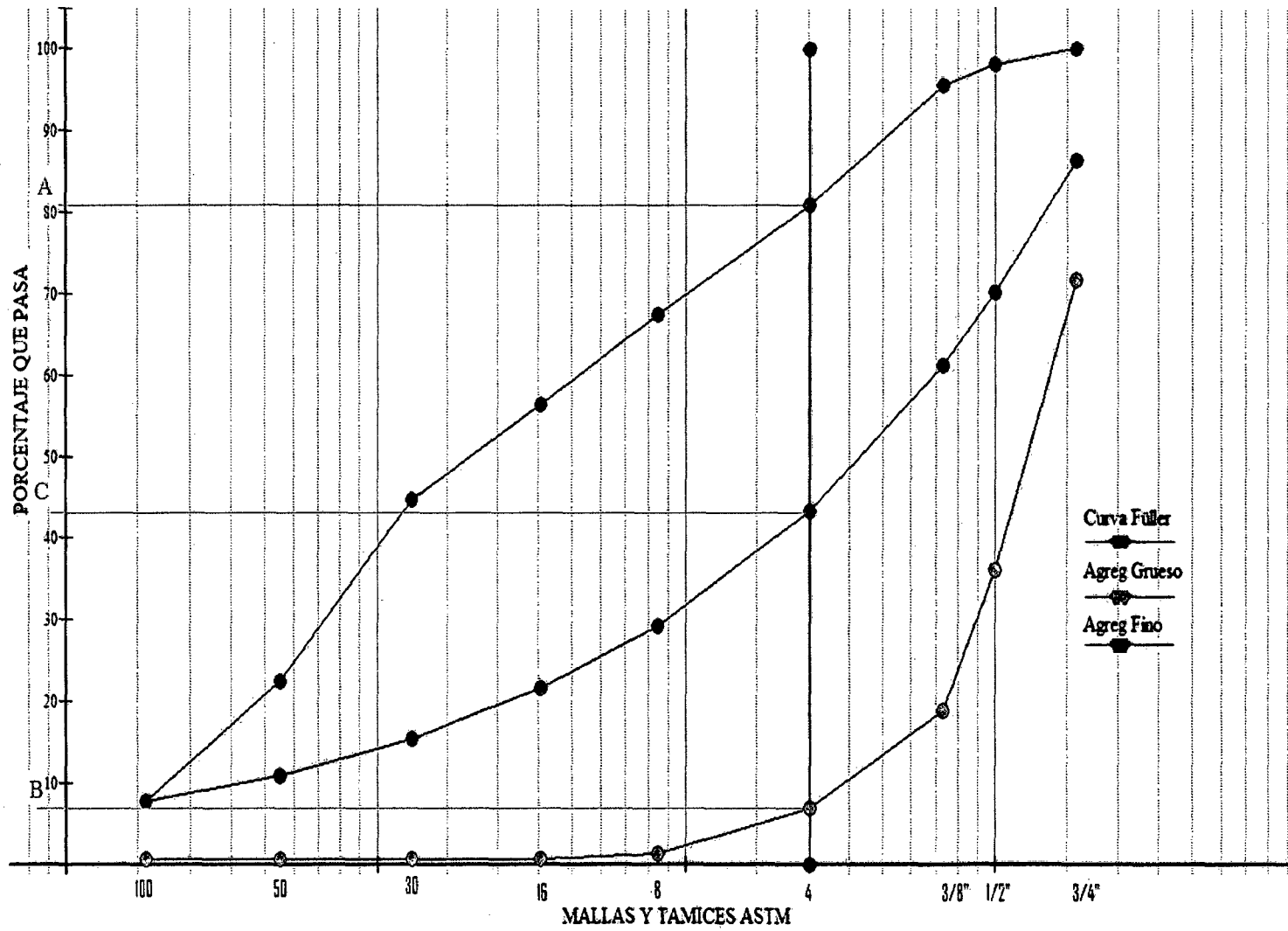
FECHA : 06/11/2012.  
ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES

a. Resistencia Promedio	210 kg/cm <sup>2</sup>
b. Tamaño Máximo Nominal	¾"
c. Selección del Asentamiento	3 – 4"
d. Volumen Unitario del Agua	205 lt.
e. Contenido de Aire	2.00 %
f. Relación Agua/Cemento	0.684
g. Factor Cemento	299.71 kg
g.1. Bolsas	7.05 bolsas
h. Cálculo del Volumen de la Pasta	
Cemento	0.095 m <sup>3</sup>
Agua	0.205 m <sup>3</sup>
Aire	0.020 m <sup>3</sup>
h.1. ΣVolúmenes	0.320 m <sup>3</sup>
i. Volumen Absoluto de los Agregados	0.680 m <sup>3</sup>
j. Cálculo del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados (m)	5.04
k. Cálculo de $r_f$	51.32 %
l. Volumen Absoluto del Agr. Fino y Grueso	
l.1. Volumen Absoluto del Agr. Fino	0.349 m <sup>3</sup>
l.2. Volumen Absoluto del Agr. Grueso	0.331 m <sup>3</sup>
m. Contenido del Agregado Fino	931.59
n. Contenido del Agregado Grueso	857.30
o. Valores de Diseño	
Cemento	300 kg.
Agua	205 lt.
Agregado Fino	932 kg.
Agregado Grueso	857 kg.

### Diseño de Mezclas: Método Füller

FECHA : 05/11/2012.  
ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES

a. Resistencia Promedio	210 kg/cm <sup>2</sup>
b. Tamaño Máximo Nominal	¾"
c. Selección del Asentamiento	3 - 4"
d. Volumen Unitario del Agua	205 lt.
e. Contenido de Aire	2.00 %
f. Relación Agua/Cemento	0.684
g. Factor Cemento	299.71 kg
g.1. Bolsas	7.05 bolsas
h. Cálculo del Volumen de la Pasta	
Cemento	0.095 m <sup>3</sup>
Agua	0.205 m <sup>3</sup>
Aire	0.020 m <sup>3</sup>
h.1. $\Sigma$ Volúmenes	0.320 m <sup>3</sup>
i. Volumen Absoluto de los Agregados	0.680 m <sup>3</sup>
j. Cálculo del Porcentaje de los Agregados	
j.1. Se calculó A,B y C, además $\alpha$ y $\beta$	
j.2. Porcentaje del Agregado Fino	49.24
j.3. Porcentaje del Agregado Grueso	50.77
k. Volumen Absoluto del Agr. Fino y Grueso	
k.1. Volumen Absoluto del Agr. Fino	0.335 m <sup>3</sup>
k.2. Volumen Absoluto del Agr. Grueso	0.345 m <sup>3</sup>
l. Contenido del Agregado Fino	894.45 kg
m. Contenido del Agregado Grueso	893.55 kg
n. Valores de Diseño	
Cemento	300 kg
Agua	205 lt
Agregado Fino	894 kg
Agregado Grueso	894 kg



**Datos para Corrección por Humedad para Elaborar la  
Mezcla de Concreto, Método ACI**

LUGAR : LABORATORIO DE LA PLANTA DE CEMENTOS PACASMAYO

FECHA: 20/11/2012.

ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES

<b>Descripción de la Muestra:</b>		<b>Agregado Fino</b>
<b>Procedencia:</b>		<b>Cantera Huayrapongo</b>
<b>Descripción</b>	<b>Muestra</b>	
Peso Muestra Húmeda	1358.50 kg	
Peso Muestra Seca	1275.60 kg	
Contenido de Humedad ( $\omega\%$ )	6.50 %	
Humedad Superficial (H)	4.30 %	
Aporte de Humedad del Ag. ( $H_{aporte}$ )	39.82 lt	
<b>Descripción de la Muestra:</b>		<b>Agregado Grueso</b>
<b>Procedencia:</b>		<b>Cantera Huayrapongo</b>
<b>Descripción</b>	<b>Muestra</b>	
Peso Muestra Húmeda	2896.60 kg	
Peso Muestra Seca	2853.80 kg	
Contenido de Humedad ( $\omega\%$ )	1.50 %	
Humedad Superficial (H)	- 0.00 %	
Aporte de Humedad del Ag. ( $H_{aporte}$ )	0.00 lt	
<b>Pesos Corregidos por Humedad:</b>		
W correg. A. Grueso	910.46 kg	
W correg. A. Fino	964.89 kg	
$\Sigma$ H aporte	39.82 lt	
Agua efectiva	165 lt	

**Valores a Pie de Obra**

<b>Valores en Obra</b>	<b>Valores por Tanda de 0.03 m<sup>3</sup></b>
Cemento : 300 kg	Cemento : 9.00 kg
Agregado Fino : 965 kg	Agregado Fino : 28.95 kg
Agregado Grueso : 910 kg	Agregado Grueso : 27.30 kg
Agua Efectiva : 165 lt	Agua Efectiva : 4.95 lt

**Datos para la Corrección por Humedad para Elaborar la  
Mezcla de Concreto, Método Walker**

LUGAR : LABORATORIO DE LA PLANTA DE CEMENTOS PACASMAYO  
FECHA : 21/11/2012.  
ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES

<b>Descripción de la Muestra:</b>		<b>Agregado Fino</b>
<b>Procedencia:</b>		<b>Cantera Huayrapongo</b>
<b>Descripción</b>	<b>Muestra</b>	
Peso Muestra Húmeda	1614.80 kg	
Peso Muestra Seca	1520.30 kg	
Contenido de Humedad ( $\omega\%$ )	6.20 %	
Humedad Superficial (H)	4.00 %	
Aporte de Humedad del Ag. ( $H_{aporte}$ )	37.04 lt	
<b>Descripción de la Muestra:</b>		<b>Agregado Grueso</b>
<b>Procedencia:</b>		<b>Cantera Huayrapongo</b>
<b>Descripción</b>	<b>Muestra</b>	
Peso Muestra Húmeda	3123.20 kg	
Peso Muestra Seca	3095.30 kg	
Contenido de Humedad ( $\omega\%$ )	0.90 %	
Humedad Superficial (H)	- 0.60 %	
Aporte de Humedad del Ag. ( $H_{aporte}$ )	- 5.19 lt	
<b>Pesos Corregidos por Humedad:</b>		
W correg. A. Grueso	865.78 kg	
W correg. A. Fino	963.04 kg	
$\Sigma$ H aporte	31.85 lt	
Agua efectiva	172.15lt	

**Valores a Pie de Obra**

<b>Valores en Obra</b>		<b>Valores por Tanda de 0.03 m<sup>3</sup></b>	
Cemento	: 298 kg	Cemento	: 8.94 kg
Agregado Fino	: 963 kg	Agregado Fino	: 28.89 kg
Agregado Grueso	: 866 kg	Agregado Grueso	: 25.98 kg
Agua Efectiva	: 172 lt	Agua Efectiva	: 5.16 lt

**Datos para la Corrección por Humedad para Elaborar la Mezcla de Concreto,  
Método Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados**

LUGAR : LABORATORIO DE LA PLANTA DE CEMENTOS PACASMAYO  
FECHA : 22/11/2012.  
ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES

<b>Descripción de la Muestra: Procedencia:</b>	<b>Agregado Fino Cantera Huayrapongo</b>
<b>Descripción</b>	<b>Muestra</b>
Peso Muestra Húmeda	2750.00 kg
Peso Muestra Seca	252.00 kg
Contenido de Humedad ( $\omega\%$ )	6.92 %
Humedad Superficial (H)	4.72 %
Aporte de Humedad del Ag. ( $H_{aporte}$ )	43.99 lt

<b>Descripción de la Muestra Procedencia</b>	<b>Agregado Grueso Cantera Huayrapongo</b>
<b>Descripción</b>	<b>Muestra</b>
Peso Muestra Húmeda	5608.70 kg
Peso Muestra Seca	5439.40 kg
Contenido de Humedad ( $\omega\%$ )	3.11 %
Humedad Superficial (H)	1.61 %
Aporte de Humedad del Ag. ( $H_{aporte}$ )	13.80 lt
<b>Pesos Corregidos por Humedad</b>	
W correg. A. Grueso	870.80 kg
W correg. A. Fino	996.49 kg
$\Sigma$ H aporte	57.79 lt
Agua efectiva	147.24 lt

**Valores a Pie de Obra**

<b>Valores en Obra</b>	<b>Valores por Tanda de 0.03 m<sup>3</sup></b>
Cemento : 300 kg	Cemento : 9.00 kg
Agregado Fino : 996 kg	Agregado Fino : 29.88 kg
Agregado Grueso : 871 kg	Agregado Grueso : 26.13 kg
Agua Efectiva : 147 lt	Agua Efectiva : 4.41 lt



**Datos para la Corrección por Humedad para Elaborar la  
Mezcla de Concreto, Método Füller**

LUGAR : LABORATORIO DE LA PLANTA DE CEMENTOS PACASMAYO  
FECHA : 23/11/2012.  
ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES

<b>Descripción de la Muestra:</b>	<b>Agregado Fino</b>
<b>Procedencia:</b>	<b>Cantera Huayrapongo</b>
<b>Descripción</b>	<b>Muestra</b>
Peso Muestra Húmeda	787.10 kg
Peso Muestra Seca	724.10 kg
Contenido de Humedad ( $\omega\%$ )	8.70 %
Humedad Superficial (H)	6.50 %
Aporte de Humedad del Ag. ( $H_{aporte}$ )	58.11 lt

<b>Descripción de la Muestra</b>	<b>Agregado Grueso</b>
<b>Procedencia</b>	<b>Cantera Huayrapongo</b>
<b>Descripción</b>	<b>Muestra</b>
Peso Muestra Húmeda	1765.20 kg
Peso Muestra Seca	1709.64 kg
Contenido de Humedad ( $\omega\%$ )	3.25 %
Humedad Superficial (H)	1.75 %
Aporte de Humedad del Ag. ( $H_{aporte}$ )	15.65 lt
<b>Pesos Corregidos por Humedad</b>	
W correg. A. Grueso	923.06 kg
W correg. A. Fino	971.78 kg
$\Sigma$ H aporte	73.76 lt
Agua efectiva	131.24 lt

**Valores a Pie de Obra**

<b>Valores en Obra</b>	<b>Valores por Tanda de 0.03 m<sup>3</sup></b>
Cemento : 300 kg	Cemento : 9.00 kg
Agregado Fino : 972 kg	Agregado Fino : 26.16 kg
Agregado Grueso : 923 kg	Agregado Grueso : 27.69 kg
Agua Efectiva : 131 lt	Agua Efectiva : 3.93 lt

### Propiedades del Concreto Fresco en las 5 tandas (Método ACI)

LUGAR : LABORATORIO DE LA PLANTA DE CEMENTOS PACASMAYO  
 FECHA : 20/11/2012.  
 ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES

Metodos	Tanda A	Tanda B	Tanda C	Tanda D	Tanda D
Variables					
Temperatura (Promedio)	26 °C	25.5 °C	24.2 °C	22.6 °C	23.7 °C
Slump (Promedio)	3.25 "	3.00"	3.00"	3.25"	3.00"
Contenido de Aire (Promedio)	1.50%	1.70%	1.60%	1.50%	1.80%
Peso Volumétrico del Concreto Fresco (Promedio)	$P_{concreto} = 31.82 \text{ Kg}$ $\text{Vol. C}^\circ = 0.014 \text{ m}^3$ $\text{PV} = 2773.00 \text{ kg/m}^3$	$P_{concreto} = 31.85 \text{ Kg}$ $\text{Vol. C}^\circ = 0.014 \text{ m}^3$ $\text{PV} = 2775.00 \text{ kg/m}^3$	$P_{concreto} = 31.80 \text{ Kg}$ $\text{Vol. C}^\circ = 0.014 \text{ m}^3$ $\text{PV} = 2271.00 \text{ kg/m}^3$	$P_{concreto} = 31.79 \text{ Kg}$ $\text{Vol. C}^\circ = 0.014 \text{ m}^3$ $\text{PV} = 2271.00 \text{ kg/m}^3$	$P_{concreto} = 31.84 \text{ Kg}$ $\text{Vol. C}^\circ = 0.014 \text{ m}^3$ $\text{PV} = 2274.00 \text{ kg/m}^3$

Se observa que la temperatura del concreto fresco en las diferentes tandas se encontraba entre 22.6 °C y 26°C. El slump se hallaba entre 3" y 3 ¼" cumpliendo con el diseño establecido inicialmente de 3" - 4". El contenido de aire se encuentra entre 1.5% y 1.8% próximo al 2% establecido en el diseño inicial. El peso volumétrico del concreto fresco esta entre los valores de 2271 y 2275 kg/m<sup>3</sup> cercano al valor de 2300kg/m<sup>3</sup>, lo que nos indica que existe una buena compacidad.

**Propiedades del Concreto Fresco en las 5 tandas (Método Walker)**

LUGAR : LABORATORIO DE LA PLANTA DE CEMENTOS PACASMAYO  
 FECHA : 21/11/2012.  
 ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES

Variables \ Metodos	Tanda A	Tanda B	Tanda C	Tanda D	Tanda D
Temperatura (Promedio)	25.6 °C	23.5 °C	24.0 °C	24.4 °C	23.6 °C
Slump (Promedio)	2.5 "	3.00"	2.50"	3.00"	3.00"
Contenido de Aire (Promedio)	1.20%	1.60%	1.50%	1.80%	1.80%
Peso Volumétrico del Concreto Fresco (Promedio)	$P_{concreto} = 32.60 \text{ Kg}$ $\text{Vol } C^{\circ} = 0.014 \text{ m}^3$ $PV = 2329.00 \text{ kg/m}^3$	$P_{concreto} = 32.55 \text{ Kg}$ $\text{Vol } C^{\circ} = 0.014 \text{ m}^3$ $PV = 2325.00 \text{ kg/m}^3$	$P_{concreto} = 32.40 \text{ Kg}$ $\text{Vol } C^{\circ} = 0.014 \text{ m}^3$ $PV = 2314.00 \text{ kg/m}^3$	$P_{concreto} = 32.70 \text{ Kg}$ $\text{Vol } C^{\circ} = 0.014 \text{ m}^3$ $PV = 2336.00 \text{ kg/m}^3$	$P_{concreto} = 32.65 \text{ Kg}$ $\text{Vol } C^{\circ} = 0.014 \text{ m}^3$ $PV = 2332.00 \text{ kg/m}^3$

Se puede observar que la temperatura del concreto fresco en las diferentes tandas se encontraba entre 23.5 °C y 25.6°C. El slump se encontraba entre 2½" y 3" variando ligeramente con el diseño establecido inicialmente de 3" - 4". El contenido de aire se encuentra entre 1.2% y 1.8% próximo al 2% establecido en el diseño inicial. El peso volumétrico del concreto fresco esta entre los valores de 2314 y 2336 kg/m<sup>3</sup> cercano al valor de 2300kg/m<sup>3</sup>, lo que nos indica que existe una buena compacidad.

**Propiedades del Concreto Fresco en las 5 tandas (Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados)**

LUGAR : LABORATORIO DE LA PLANTA DE CEMENTOS PACASMAYO  
 FECHA : 22/11/2012.  
 ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES

Metodos	Tanda A	Tanda B	Tanda C	Tanda D	Tanda D
Variables					
Temperatura (Promedio)	21.5 °C	21.5 °C	21.6 °C	20.2 °C	20.5 °C
Slump (Promedio)	3.75 "	3.50"	3.75"	3.25"	3.00"
Contenido de Aire (Promedio)	1.00%	1.10%	1.20%	1.10%	1.30%
Peso Volumétrico del Concreto Fresco (Promedio)	$P_{concreto} = 32.50 \text{ Kg}$ Vol C° = 0.014 m <sup>3</sup> PV = 2321.00 kg/m <sup>3</sup>	$P_{concreto} = 32.52 \text{ Kg}$ Vol C° = 0.014 m <sup>3</sup> PV = 2323.00 kg/m <sup>3</sup>	$P_{concreto} = 32.56 \text{ Kg}$ Vol C° = 0.014 m <sup>3</sup> PV = 2326.00 kg/m <sup>3</sup>	$P_{concreto} = 32.48 \text{ Kg}$ Vol C° = 0.014 m <sup>3</sup> PV = 2320.00 kg/m <sup>3</sup>	$P_{concreto} = 32.50 \text{ Kg}$ Vol C° = 0.014 m <sup>3</sup> PV = 2321.00 kg/m <sup>3</sup>

Se puede observar que la temperatura del concreto fresco en las diferentes tandas se encontraba entre 20.2 °C y 21.5 °C. El slump se encontraba entre 3" y 3 ¾" cumpliendo con el diseño establecido inicialmente de 3" - 4". El contenido de aire se encuentra entre 1.0% y 1.3% próximo al 2% establecido en el diseño inicial. El peso volumétrico del concreto fresco esta entre los valores de 2320 y 2326 kg/m<sup>3</sup> cercano al valor de 2300kg/m<sup>3</sup>, lo que nos indica que existe una buena compacidad.

### Propiedades del Concreto Fresco en las 5 tandas (Füller)

LUGAR : LABORATORIO DE LA PLANTA DE CEMENTOS PACASMAYO  
 FECHA : 23/11/2012.  
 ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES

Metodos	Tanda A	Tanda B	Tanda C	Tanda D	Tanda D
Variables					
Temperatura (Promedio)	24. °C	24.6 °C	22.3 °C	21.2 °C	19.9 °C
Slump (Promedio)	3.125 "	3.50"	3.50'	3.25"	3.75"
Contenido de Aire (Promedio)	1.10%	1.00%	1.30%	1.10%	1.40%
Peso Volumétrico del Concreto Fresco (Promedio)	$P_{concreto} = 32.31 \text{ Kg}$ $\text{Vol. } C^{\circ} = 0.014 \text{ m}^3$ $\text{PV} = 2308.00 \text{ kg/m}^3$	$P_{concreto} = 32.28 \text{ Kg}$ $\text{Vol. } C^{\circ} = 0.014 \text{ m}^3$ $\text{PV} = 2306.00 \text{ kg/m}^3$	$P_{concreto} = 32.32 \text{ Kg}$ $\text{Vol. } C^{\circ} = 0.014 \text{ m}^3$ $\text{PV} = 2309.00 \text{ kg/m}^3$	$P_{concreto} = 32.26 \text{ Kg}$ $\text{Vol. } C^{\circ} = 0.014 \text{ m}^3$ $\text{PV} = 2294.00 \text{ kg/m}^3$	$P_{concreto} = 32.30 \text{ Kg}$ $\text{Vol. } C^{\circ} = 0.014 \text{ m}^3$ $\text{PV} = 2307.00 \text{ kg/m}^3$

Se puede observar que la temperatura del concreto fresco en las diferentes tandas se encontraba entre 19.9 °C y 24.6 °C. El slump se encontraba entre 3 1/8" y 3 3/4" cumpliendo con el diseño establecido inicialmente de 3" - 4". El contenido de aire se encuentra entre 1.0% y 1.4% próximo al 2% establecido en el diseño inicial. El peso volumétrico del concreto fresco esta entre los valores de 2294 y 2309 kg/m<sup>3</sup> cercano al valor de 2300kg/m<sup>3</sup>, lo que nos indica que existe una buena compacidad

## Ensayo a la Compresión de la Tanda A (Método ACI)

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 20/12/2012

**Probeta N 11**

Observación: Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.00	11.32	0.0000000
4	0.02	22.64	0.0000667
6	0.05	33.95	0.0001667
8	0.09	45.27	0.0003000
10	0.11	56.59	0.0003667
12	0.14	67.91	0.0004667
14	0.17	79.23	0.0005667
16	0.21	90.54	0.0007000
18	0.24	101.86	0.0008000
20	0.26	113.18	0.0008667
22	0.30	124.50	0.0010000
24	0.33	135.82	0.0011000
26	0.35	147.13	0.0011667
28	0.39	158.45	0.0013000
30	0.43	169.77	0.0014333
32	0.46	181.09	0.0015333
34	0.49	192.41	0.0016333
36	0.53	203.72	0.0017667
38	0.56	215.04	0.0018667
40	0.61	226.36	0.0020333
42	0.65	237.68	0.0021667
44	0.68	249.00	0.0022667
46	0.74	260.31	0.0024667
48	0.79	271.63	0.0026333
50	0.86	282.95	0.0028667
51.25	1.05	290.02	0.0035000

**Probeta N 12**

Observación: Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.00	11.32	0.0000000
4	0.05	22.64	0.0001667
6	0.09	33.95	0.0003000
8	0.12	45.27	0.0004000
10	0.15	56.59	0.0005000
12	0.18	67.91	0.0006000
14	0.20	79.23	0.0006667
16	0.23	90.54	0.0007667
18	0.27	101.86	0.0009000
20	0.28	113.18	0.0009333
22	0.33	124.50	0.0011000
24	0.35	135.82	0.0011667
26	0.39	147.13	0.0013000
28	0.42	158.45	0.0014000
30	0.45	169.77	0.0015000
32	0.48	181.09	0.0016000
34	0.52	192.41	0.0017333
36	0.55	203.72	0.0018333
38	0.59	215.04	0.0019667
40	0.63	226.36	0.0021000
42	0.67	237.68	0.0022333
44	0.72	249.00	0.0024000
46	0.78	260.31	0.0026000
48	0.85	271.63	0.0028333
49.5	1.00	280.12	0.0033333

**Probeta N 13**

Observación: Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.03	11.32	0.0001000
4	0.08	22.64	0.0002667
6	0.11	33.95	0.0003667
8	0.14	45.27	0.0004667
10	0.17	56.59	0.0005667
12	0.21	67.91	0.0007000
14	0.23	79.23	0.0007667
16	0.26	90.54	0.0008667
18	0.28	101.86	0.0009333
20	0.31	113.18	0.0010333
22	0.34	124.50	0.0011333
24	0.36	135.82	0.0012000
26	0.39	147.13	0.0013000
28	0.42	158.45	0.0014000
30	0.45	169.77	0.0015000
32	0.49	181.09	0.0016333
34	0.51	192.41	0.0017000
36	0.54	203.72	0.0018000
38	0.59	215.04	0.0019667
40	0.62	226.36	0.0020667
42	0.67	237.68	0.0022333
44	0.70	249.00	0.0023333
46	0.76	260.31	0.0025333
48	0.84	271.63	0.0028000
48.25	0.90	273.05	0.0030000

**Probeta N 14**

Observación: Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.02	11.32	0.0000667
4	0.06	22.64	0.0002000
6	0.09	33.95	0.0003000
8	0.12	45.27	0.0004000
10	0.15	56.59	0.0005000
12	0.17	67.91	0.0005667
14	0.20	79.23	0.0006667
16	0.24	90.54	0.0008000
18	0.26	101.86	0.0008667
20	0.28	113.18	0.0009333
22	0.30	124.50	0.0010000
24	0.33	135.82	0.0011000
26	0.35	147.13	0.0011667
28	0.38	158.45	0.0012667
30	0.41	169.77	0.0013667
32	0.43	181.09	0.0014333
34	0.46	192.41	0.0015333
36	0.49	203.72	0.0016333
38	0.52	215.04	0.0017333
40	0.55	226.36	0.0018333
42	0.59	237.68	0.0019667
44	0.62	249.00	0.0020667
46	0.66	260.31	0.0022000
48	0.71	271.63	0.0023667
49.5	0.80	280.12	0.0026667

## Ensayo a la Compresión de la Tanda B (Método ACI)

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 20/12/2012

**Probeta N 21**

Observación: Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.03	11.32	0.0001000
4	0.08	22.64	0.0002667
6	0.11	33.95	0.0003667
8	0.14	45.27	0.0004667
10	0.18	56.59	0.0006000
12	0.21	67.91	0.0007000
14	0.22	79.23	0.0007333
16	0.25	90.54	0.0008333
18	0.28	101.86	0.0009333
20	0.31	113.18	0.0010333
22	0.33	124.50	0.0011000
24	0.36	135.82	0.0012000
26	0.39	147.13	0.0013000
28	0.42	158.45	0.0014000
30	0.44	169.77	0.0014667
32	0.48	181.09	0.0016000
34	0.51	192.41	0.0017000
36	0.54	203.72	0.0018000
38	0.57	215.04	0.0019000
40	0.61	226.36	0.0020333
42	0.65	237.68	0.0021667
44	0.69	249.00	0.0023000
46	0.75	260.31	0.0025000
48	0.85	271.63	0.0028333

**Probeta N 22**

Observación: Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.00	11.32	0.0000000
4	0.04	22.64	0.0001333
6	0.08	33.95	0.0002667
8	0.10	45.27	0.0003333
10	0.12	56.59	0.0004000
12	0.16	67.91	0.0005333
14	0.19	79.23	0.0006333
16	0.21	90.54	0.0007000
18	0.24	101.86	0.0008000
20	0.27	113.18	0.0009000
22	0.30	124.50	0.0010000
24	0.32	135.82	0.0010667
26	0.35	147.13	0.0011667
28	0.37	158.45	0.0012333
30	0.40	169.77	0.0013333
32	0.43	181.09	0.0014333
34	0.46	192.41	0.0015333
36	0.49	203.72	0.0016333
38	0.52	215.04	0.0017333
40	0.55	226.36	0.0018333
42	0.59	237.68	0.0019667
44	0.63	249.00	0.0021000
46	0.68	260.31	0.0022667
48	0.74	271.63	0.0024667
48.25	0.81	273.05	0.0027000

**Probeta N 23**

Observación: Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.05	11.32	0.0001667
4	0.10	22.64	0.0003333
6	0.14	33.95	0.0004667
8	0.17	45.27	0.0005667
10	0.19	56.59	0.0006333
12	0.20	67.91	0.0006667
14	0.27	79.23	0.0009000
16	0.29	90.54	0.0009667
18	0.32	101.86	0.0010667
20	0.36	113.18	0.0012000
22	0.38	124.50	0.0012667
24	0.42	135.82	0.0014000
26	0.45	147.13	0.0015000
28	0.49	158.45	0.0016333
30	0.51	169.77	0.0017000
32	0.55	181.09	0.0018333
34	0.58	192.41	0.0019333
36	0.62	203.72	0.0020667
38	0.65	215.04	0.0021667
40	0.70	226.36	0.0023333
42	0.75	237.68	0.0025000
44	0.80	249.00	0.0026667
46	0.86	260.31	0.0028667
48	0.95	271.63	0.0031667
49	1.15	277.29	0.0038333

**Probeta N 24**

Observación: Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.05	11.32	0.0001667
4	0.10	22.64	0.0003333
6	0.11	33.95	0.0003733
8	0.15	45.27	0.0005000
10	0.19	56.59	0.0006333
12	0.21	67.91	0.0007000
14	0.24	79.23	0.0008000
16	0.27	90.54	0.0009000
18	0.30	101.86	0.0010000
20	0.33	113.18	0.0011000
22	0.36	124.50	0.0012000
24	0.40	135.82	0.0013333
26	0.42	147.13	0.0014000
28	0.46	158.45	0.0015333
30	0.49	169.77	0.0016333
32	0.51	181.09	0.0017000
34	0.56	192.41	0.0018667
36	0.59	203.72	0.0019667
38	0.64	215.04	0.0021333
40	0.66	226.36	0.0022000
42	0.74	237.68	0.0024667
44	0.77	249.00	0.0025667
46	0.81	260.31	0.0027000
48	0.82	271.63	0.0027333
49.25	1.00	278.71	0.0033333

## Ensayo a la Compresión de la Tanda C (Método ACI)

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 20/12/2012

**Probeta N.31**

Observación: Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.00	11.32	0.0000000
4	0.03	22.64	0.0001000
6	0.05	33.95	0.0001667
8	0.08	45.27	0.0002667
10	0.10	56.59	0.0003333
12	0.13	67.91	0.0004333
14	0.15	79.23	0.0005000
16	0.17	90.54	0.0005667
18	0.21	101.86	0.0007000
20	0.22	113.18	0.0007333
22	0.26	124.50	0.0008667
24	0.28	135.82	0.0009333
26	0.30	147.13	0.0010000
28	0.32	158.45	0.0010667
30	0.35	169.77	0.0011667
32	0.37	181.09	0.0012333
34	0.39	192.41	0.0013000
36	0.42	203.72	0.0014000
38	0.45	215.04	0.0015000
40	0.48	226.36	0.0016000
42	0.50	237.68	0.0016667
44	0.54	249.00	0.0018000
46	0.56	260.31	0.0018667
48	0.62	271.63	0.0020667
51.5	0.67	291.44	0.0022333

**Probeta N.32**

Observación: Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.00	11.32	0.0000000
4	0.04	22.64	0.0001333
6	0.11	33.95	0.0003667
8	0.14	45.27	0.0004667
10	0.15	56.59	0.0005000
12	0.17	67.91	0.0005667
14	0.19	79.23	0.0006333
16	0.22	90.54	0.0007333
18	0.25	101.86	0.0008333
20	0.28	113.18	0.0009333
22	0.31	124.50	0.0010333
24	0.34	135.82	0.0011333
26	0.36	147.13	0.0012000
28	0.39	158.45	0.0013000
30	0.41	169.77	0.0013667
32	0.44	181.09	0.0014667
34	0.47	192.41	0.0015667
36	0.50	203.72	0.0016667
38	0.53	215.04	0.0017667
40	0.56	226.36	0.0018667
42	0.59	237.68	0.0019667
44	0.62	249.00	0.0020667
46	0.66	260.31	0.0022000
48	0.69	271.63	0.0023000
50	0.73	282.95	0.0024333
52	0.84	294.27	0.0028000
53.5	0.93	302.76	0.0031000

**Probeta N.33**

Observación: Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.04	11.32	0.0001333
4	0.07	22.64	0.0002333
6	0.09	33.95	0.0003000
8	0.12	45.27	0.0004000
10	0.14	56.59	0.0004667
12	0.16	67.91	0.0005333
14	0.18	79.23	0.0006000
16	0.21	90.54	0.0007000
18	0.26	101.86	0.0008667
20	0.28	113.18	0.0009333
22	0.30	124.50	0.0010000
24	0.32	135.82	0.0010667
26	0.35	147.13	0.0011667
28	0.37	158.45	0.0012333
30	0.39	169.77	0.0013000
32	0.42	181.09	0.0014000
34	0.45	192.41	0.0015000
36	0.47	203.72	0.0015667
38	0.51	215.04	0.0017000
40	0.54	226.36	0.0018000
42	0.57	237.68	0.0019000
44	0.60	249.00	0.0020000
46	0.64	260.31	0.0021333
48	0.68	271.63	0.0022667
50	0.71	282.95	0.0023667
52	0.76	294.27	0.0025333
54	0.85	305.59	0.0028333
54.75	0.90	309.83	0.0030000

**Probeta N.34**

Observación: Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.00	11.32	0.0000000
4	0.07	22.64	0.0002333
6	0.09	33.95	0.0003000
8	0.11	45.27	0.0003667
10	0.14	56.59	0.0004667
12	0.16	67.91	0.0005333
14	0.18	79.23	0.0006000
16	0.21	90.54	0.0007000
18	0.24	101.86	0.0008000
20	0.27	113.18	0.0009000
22	0.30	124.50	0.0010000
24	0.33	135.82	0.0011000
26	0.35	147.13	0.0011667
28	0.39	158.45	0.0013000
30	0.42	169.77	0.0014000
32	0.46	181.09	0.0015333
34	0.49	192.41	0.0016333
36	0.52	203.72	0.0017333
38	0.56	215.04	0.0018667
40	0.60	226.36	0.0020000
42	0.64	237.68	0.0021333
44	0.68	249.00	0.0022667
46	0.72	260.31	0.0024000
48	0.76	271.63	0.0025333
50	0.80	282.95	0.0026667
52	0.90	294.27	0.0030000
54.5	1.02	308.42	0.0034000



## Ensayo a la Compresión de la Tanda D (Método ACI)

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 20/12/2012

**Probeta N 41**

Observación: Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

**Probeta N 42**

Observación: Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

**Probeta N 43**

Observación: Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

**Probeta N 44**

Observación: Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.02	11.32	0.0000667
4	0.07	22.64	0.0002333
6	0.10	33.95	0.0003333
8	0.14	45.27	0.0004667
10	0.17	56.59	0.0005667
12	0.19	67.91	0.0006333
14	0.22	79.23	0.0007333
16	0.26	90.54	0.0008667
18	0.28	101.86	0.0009333
20	0.31	113.18	0.0010333
22	0.34	124.50	0.0011333
24	0.37	135.82	0.0012333
26	0.40	147.13	0.0013333
28	0.43	158.45	0.0014333
30	0.46	169.77	0.0015333
32	0.49	181.09	0.0016333
34	0.52	192.41	0.0017333
36	0.55	203.72	0.0018333
38	0.59	215.04	0.0019667
40	0.63	226.36	0.0021000
42	0.66	237.68	0.0022000
44	0.70	249.00	0.0023333
46	0.74	260.31	0.0024667
48	0.79	271.63	0.0026333
50	0.85	282.95	0.0028333
52	0.94	294.27	0.0031333
52.5	1.00	297.10	0.0033333

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.01	11.32	0.0000333
4	0.05	22.64	0.0001667
6	0.09	33.95	0.0003000
8	0.12	45.27	0.0004000
10	0.14	56.59	0.0004667
12	0.17	67.91	0.0005667
14	0.20	79.23	0.0006667
16	0.23	90.54	0.0007667
18	0.25	101.86	0.0008333
20	0.29	113.18	0.0009667
22	0.31	124.50	0.0010333
24	0.34	135.82	0.0011333
26	0.37	147.13	0.0012333
28	0.40	158.45	0.0013333
30	0.43	169.77	0.0014333
32	0.46	181.09	0.0015333
34	0.50	192.41	0.0016667
36	0.52	203.72	0.0017333
38	0.55	215.04	0.0018333
40	0.60	226.36	0.0020000
42	0.64	237.68	0.0021333
44	0.71	249.00	0.0023667
46	0.73	260.31	0.0024333
48	0.77	271.63	0.0025667
50	0.83	282.95	0.0027667
51.5	0.95	291.44	0.0031667

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.00	11.32	0.0000000
4	0.02	22.64	0.0000667
6	0.06	33.95	0.0002000
8	0.09	45.27	0.0003000
10	0.12	56.59	0.0004000
12	0.15	67.91	0.0005000
14	0.17	79.23	0.0005667
16	0.20	90.54	0.0006667
18	0.22	101.86	0.0007333
20	0.25	113.18	0.0008333
22	0.28	124.50	0.0009333
24	0.31	135.82	0.0010333
26	0.34	147.13	0.0011333
28	0.36	158.45	0.0012000
30	0.39	169.77	0.0013000
32	0.42	181.09	0.0014000
34	0.45	192.41	0.0015000
36	0.48	203.72	0.0016000
38	0.52	215.04	0.0017333
40	0.55	226.36	0.0018333
42	0.58	237.68	0.0019333
44	0.64	249.00	0.0021333
46	0.68	260.31	0.0022667
48	0.72	271.63	0.0024000
50	0.78	282.95	0.0026000
51.5	0.90	291.44	0.0030000

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.01	11.32	0.0000333
4	0.05	22.64	0.0001667
6	0.08	33.95	0.0002667
8	0.11	45.27	0.0003667
10	0.15	56.59	0.0005000
12	0.17	67.91	0.0005667
14	0.20	79.23	0.0006667
16	0.23	90.54	0.0007667
18	0.26	101.86	0.0008667
20	0.29	113.18	0.0009667
22	0.32	124.50	0.0010667
24	0.35	135.82	0.0011667
26	0.38	147.13	0.0012667
28	0.41	158.45	0.0013667
30	0.44	169.77	0.0014667
32	0.47	181.09	0.0015667
34	0.50	192.41	0.0016667
36	0.54	203.72	0.0018000
38	0.57	215.04	0.0019000
40	0.61	226.36	0.0020333
42	0.65	237.68	0.0021667
44	0.69	249.00	0.0023000
46	0.74	260.31	0.0024667
48	0.79	271.63	0.0026333
50	0.85	282.95	0.0028333
51.75	1.00	292.85	0.0033333

### Ensayo a la Compresión de la Tanda E (Método ACI)

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 20/12/2012

**Probeta N 51**

Observación: Sin Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
38.75	219.29

**Probeta N 52**

Observación: Sin Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
47.25	267.39

**Probeta N 53**

Observación: Sin Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.28	11.32	0.0009333
4	0.89	22.64	0.0029667
6	1.49	33.95	0.0049667
8	1.94	45.27	0.0064667
10	2.30	56.59	0.0076667
12	2.54	67.91	0.0084667
14	2.85	79.23	0.0095000
16	3.10	90.54	0.0103333
18	3.30	101.86	0.0110000
20	3.45	113.18	0.0115000
22	3.50	124.50	0.0116667
24	3.60	135.82	0.0120000
26	3.78	147.13	0.0126000
28	3.86	158.45	0.0128667
30	3.90	169.77	0.0130000
32	4.05	181.09	0.0135000
34	4.12	192.41	0.0137333
36	4.20	203.72	0.0140000
38	4.25	215.04	0.0141667
40	4.35	226.36	0.0145000
42	4.40	237.68	0.0146667
44	4.48	249.00	0.0149333
46	4.55	260.31	0.0151667
48	4.60	271.63	0.0153333
50.5	4.70	285.78	0.0156667

**Probeta N 54**

Observación: Sin Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.56	11.32	0.0018667
4	1.15	22.64	0.0038333
6	1.60	33.95	0.0053333
8	2.05	45.27	0.0068333
10	2.43	56.59	0.0081000
12	2.70	67.91	0.0090000
14	3.00	79.23	0.0100000
16	3.20	90.54	0.0106667
18	3.35	101.86	0.0111667
20	3.50	113.18	0.0116667
22	3.65	124.50	0.0121667
24	3.80	135.82	0.0126667
26	3.90	147.13	0.0130000
28	4.00	158.45	0.0133333
30	4.05	169.77	0.0135000
32	4.20	181.09	0.0140000
34	4.25	192.41	0.0141667
36	4.35	203.72	0.0145000
38	4.40	215.04	0.0146667
40	4.50	226.36	0.0150000
42	4.55	237.68	0.0151667
44	4.60	249.00	0.0153333
46	4.70	260.31	0.0156667
49	4.80	277.29	0.0160000

## Ensayo a la Compresión de la Tanda A (Método Walker)

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 21/12/2012

**Probeta N 11**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.00	11.32	0.0000000
4	0.04	22.64	0.0001333
6	0.08	33.95	0.0002667
8	0.11	45.27	0.0003667
10	0.14	56.59	0.0004667
12	0.16	67.91	0.0005333
14	0.19	79.23	0.0006333
16	0.22	90.54	0.0007333
18	0.25	101.86	0.0008333
20	0.27	113.18	0.0009000
22	0.30	124.50	0.0010000
24	0.33	135.82	0.0011000
26	0.35	147.13	0.0011667
28	0.39	158.45	0.0013000
30	0.42	169.77	0.0014000
32	0.45	181.09	0.0015000
34	0.49	192.41	0.0016333
36	0.52	203.72	0.0017333
38	0.56	215.04	0.0018667
40	0.59	226.36	0.0019667
42	0.62	237.68	0.0020667
44	0.66	249.00	0.0022000
46	0.70	260.31	0.0023333
48	0.75	271.63	0.0025000
50	0.79	282.95	0.0026333
52	0.84	294.27	0.0028000
53.75	1.00	304.17	0.0033333

**Probeta N 12**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.00	11.32	0.0000000
4	0.01	22.64	0.0000333
6	0.03	33.95	0.0001000
8	0.05	45.27	0.0001667
10	0.09	56.59	0.0003000
12	0.11	67.91	0.0003667
14	0.13	79.23	0.0004333
16	0.15	90.54	0.0005000
18	0.18	101.86	0.0006000
20	0.21	113.18	0.0007000
22	0.24	124.50	0.0008000
24	0.27	135.82	0.0009000
26	0.30	147.13	0.0010000
28	0.31	158.45	0.0010333
30	0.34	169.77	0.0011333
32	0.36	181.09	0.0012000
34	0.38	192.41	0.0012667
36	0.40	203.72	0.0013333
38	0.43	215.04	0.0014333
40	0.46	226.36	0.0015333
42	0.49	237.68	0.0016333
44	0.52	249.00	0.0017333
46	0.56	260.31	0.0018667
48	0.60	271.63	0.0020000
50	0.65	282.95	0.0021667
52	0.70	294.27	0.0023333
55	0.75	311.25	0.0025000

**Probeta N 13**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.05	11.32	0.0001667
4	0.10	22.64	0.0003333
6	0.12	33.95	0.0004000
8	0.15	45.27	0.0005000
10	0.18	56.59	0.0006000
12	0.21	67.91	0.0007000
14	0.23	79.23	0.0007667
16	0.26	90.54	0.0008667
18	0.29	101.86	0.0009667
20	0.33	113.18	0.0011000
22	0.36	124.50	0.0012000
24	0.38	135.82	0.0012667
26	0.41	147.13	0.0013667
28	0.44	158.45	0.0014667
30	0.47	169.77	0.0015667
32	0.50	181.09	0.0016667
34	0.54	192.41	0.0018000
36	0.57	203.72	0.0019000
38	0.59	215.04	0.0019667
40	0.63	226.36	0.0021000
42	0.66	237.68	0.0022000
44	0.71	249.00	0.0023667
46	0.75	260.31	0.0025000
48	0.80	271.63	0.0026667
50	0.83	282.95	0.0027667
52	0.90	294.27	0.0030000
53	1.00	299.93	0.0033333

**Probeta N 14**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.03	11.32	0.0001000
4	0.08	22.64	0.0002667
6	0.12	33.95	0.0004000
8	0.15	45.27	0.0005000
10	0.20	56.59	0.0006667
12	0.22	67.91	0.0007333
14	0.26	79.23	0.0008667
16	0.30	90.54	0.0010000
18	0.32	101.86	0.0010667
20	0.34	113.18	0.0011333
22	0.37	124.50	0.0012333
24	0.40	135.82	0.0013333
26	0.43	147.13	0.0014333
28	0.47	158.45	0.0015667
30	0.51	169.77	0.0017000
32	0.55	181.09	0.0018333
34	0.58	192.41	0.0019333
36	0.60	203.72	0.0020000
38	0.64	215.04	0.0021333
40	0.65	226.36	0.0021667
42	0.68	237.68	0.0022667
44	0.71	249.00	0.0023667
46	0.76	260.31	0.0025333
48	0.79	271.63	0.0026333
50	0.84	282.95	0.0028000
52	0.88	294.27	0.0029333
54	0.96	305.59	0.0032000
54.75	1.05	309.83	0.0035000

## Ensayo a la Compresión de la Tanda B (Método Walker)

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 21/12/2012

**Probeta N 21**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.02	11.32	0.0000667
4	0.06	22.64	0.0002000
6	0.09	33.95	0.0003000
8	0.12	45.27	0.0004000
10	0.15	56.59	0.0005000
12	0.18	67.91	0.0006000
14	0.21	79.23	0.0007000
16	0.24	90.54	0.0008000
18	0.26	101.86	0.0008667
20	0.29	113.18	0.0009667
22	0.32	124.50	0.0010667
24	0.34	135.82	0.0011333
26	0.36	147.13	0.0012000
28	0.40	158.45	0.0013333
30	0.43	169.77	0.0014333
32	0.46	181.09	0.0015333
34	0.48	192.41	0.0016000
36	0.51	203.72	0.0017000
38	0.55	215.04	0.0018333
40	0.58	226.36	0.0019333
42	0.61	237.68	0.0020333
44	0.65	249.00	0.0021667
46	0.70	260.31	0.0023333
48	0.74	271.63	0.0024667
50	0.80	282.95	0.0026667
52	0.86	294.27	0.0028667
53.25	0.96	301.34	0.0032000

**Probeta N 22**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.10	11.32	0.0003333
4	0.15	22.64	0.0005000
6	0.20	33.95	0.0006667
8	0.22	45.27	0.0007333
10	0.26	56.59	0.0008667
12	0.28	67.91	0.0009333
14	0.30	79.23	0.0010000
16	0.33	90.54	0.0011000
18	0.35	101.86	0.0011667
20	0.38	113.18	0.0012667
22	0.42	124.50	0.0014000
24	0.44	135.82	0.0014667
26	0.46	147.13	0.0015333
28	0.49	158.45	0.0016333
30	0.52	169.77	0.0017333
32	0.55	181.09	0.0018333
34	0.58	192.41	0.0019333
36	0.61	203.72	0.0020333
38	0.64	215.04	0.0021333
40	0.68	226.36	0.0022667
42	0.72	237.68	0.0024000
44	0.74	249.00	0.0024667
46	0.78	260.31	0.0026000
48	0.82	271.63	0.0027333
50	0.87	282.95	0.0029000
52	0.95	294.27	0.0031667
54.75	1.05	309.83	0.0035000

**Probeta N 23**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.08	11.32	0.0002667
4	0.12	22.64	0.0004000
6	0.15	33.95	0.0005000
8	0.19	45.27	0.0006333
10	0.22	56.59	0.0007333
12	0.24	67.91	0.0008000
14	0.27	79.23	0.0009000
16	0.30	90.54	0.0010000
18	0.33	101.86	0.0011000
20	0.35	113.18	0.0011667
22	0.38	124.50	0.0012667
24	0.42	135.82	0.0014000
26	0.45	147.13	0.0015000
28	0.49	158.45	0.0016333
30	0.52	169.77	0.0017333
32	0.55	181.09	0.0018333
34	0.57	192.41	0.0019000
36	0.62	203.72	0.0020667
38	0.65	215.04	0.0021667
40	0.68	226.36	0.0022667
42	0.70	237.68	0.0023333
44	0.73	249.00	0.0024333
46	0.76	260.31	0.0025333
48	0.82	271.63	0.0027333
50	0.87	282.95	0.0029000
52	0.91	294.27	0.0030333
54	1.00	305.59	0.0033333
54.75	1.05	309.83	0.0035000

**Probeta N 24**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.02	11.32	0.0000667
4	0.07	22.64	0.0002333
6	0.11	33.95	0.0003667
8	0.14	45.27	0.0004667
10	0.20	56.59	0.0006667
12	0.22	67.91	0.0007333
14	0.23	79.23	0.0007667
16	0.26	90.54	0.0008667
18	0.29	101.86	0.0009667
20	0.32	113.18	0.0010667
22	0.35	124.50	0.0011667
24	0.38	135.82	0.0012667
26	0.41	147.13	0.0013667
28	0.44	158.45	0.0014667
30	0.46	169.77	0.0015333
32	0.50	181.09	0.0016667
34	0.52	192.41	0.0017333
36	0.56	203.72	0.0018667
38	0.60	215.04	0.0020000
40	0.63	226.36	0.0021000
42	0.66	237.68	0.0022000
44	0.70	249.00	0.0023333
46	0.75	260.31	0.0025000
48	0.79	271.63	0.0026333
50	0.84	282.95	0.0028000
52	0.90	294.27	0.0030000
54	1.00	305.59	0.0033333
54.25	1.05	307.00	0.0035000

## Ensayo a la Compresión de la Tanda C (Método Walker)

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 21/12/2012

Probeta N 31

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.00	11.32	0.0000000
4	0.04	22.64	0.0001333
6	0.08	33.95	0.0002667
8	0.11	45.27	0.0003667
10	0.15	56.59	0.0005000
12	0.18	67.91	0.0006000
14	0.21	79.23	0.0007000
16	0.23	90.54	0.0007667
18	0.26	101.86	0.0008667
20	0.29	113.18	0.0009667
22	0.33	124.50	0.0011000
24	0.35	135.82	0.0011667
26	0.39	147.13	0.0013000
28	0.42	158.45	0.0014000
30	0.45	169.77	0.0015000
32	0.48	181.09	0.0016000
34	0.50	192.41	0.0016667
36	0.53	203.72	0.0017667
38	0.58	215.04	0.0019333
40	0.62	226.36	0.0020667
42	0.67	237.68	0.0022333
44	0.71	249.00	0.0023667
46	0.78	260.31	0.0026000
48	0.88	271.63	0.0029333

Probeta N 32

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.01	11.32	0.0000333
4	0.05	22.64	0.0001667
6	0.08	33.95	0.0002667
8	0.11	45.27	0.0003667
10	0.14	56.59	0.0004667
12	0.17	67.91	0.0005667
14	0.19	79.23	0.0006333
16	0.22	90.54	0.0007333
18	0.25	101.86	0.0008333
20	0.27	113.18	0.0009000
22	0.30	124.50	0.0010000
24	0.33	135.82	0.0011000
26	0.35	147.13	0.0011667
28	0.38	158.45	0.0012667
30	0.41	169.77	0.0013667
32	0.45	181.09	0.0015000
34	0.48	192.41	0.0016000
36	0.51	203.72	0.0017000
38	0.54	215.04	0.0018000
40	0.57	226.36	0.0019000
42	0.61	237.68	0.0020333
44	0.66	249.00	0.0022000
46	0.71	260.31	0.0023667
48	0.76	271.63	0.0025333
49.5	0.85	280.12	0.0028333

Probeta N 33

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.04	11.32	0.0001333
4	0.09	22.64	0.0003000
6	0.12	33.95	0.0004000
8	0.15	45.27	0.0005000
10	0.19	56.59	0.0006333
12	0.22	67.91	0.0007333
14	0.25	79.23	0.0008333
16	0.28	90.54	0.0009333
18	0.30	101.86	0.0010000
20	0.33	113.18	0.0011000
22	0.37	124.50	0.0012333
24	0.40	135.82	0.0013333
26	0.44	147.13	0.0014667
28	0.48	158.45	0.0016000
30	0.49	169.77	0.0016333
32	0.54	181.09	0.0018000
34	0.56	192.41	0.0018667
36	0.60	203.72	0.0020000
38	0.63	215.04	0.0021000
40	0.69	226.36	0.0023000
42	0.74	237.68	0.0024667
44	0.77	249.00	0.0025667
46	0.80	260.31	0.0026667
48	0.85	271.63	0.0028333
50	0.92	282.95	0.0030667
51	1.00	288.61	0.0033333

Probeta N 34

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0	0.00	0.0000000
2	0.10	11.32	0.0003333
4	0.15	22.64	0.0005000
6	0.20	33.95	0.0006667
8	0.22	45.27	0.0007333
10	0.26	56.59	0.0008667
12	0.29	67.91	0.0009667
14	0.33	79.23	0.0011000
16	0.35	90.54	0.0011667
18	0.39	101.86	0.0013000
20	0.44	113.18	0.0014667
22	0.48	124.50	0.0016000
24	0.51	135.82	0.0017000
26	0.54	147.13	0.0018000
28	0.57	158.45	0.0019000
30	0.61	169.77	0.0020333
32	0.65	181.09	0.0021667
34	0.68	192.41	0.0022667
36	0.74	203.72	0.0024667
38	0.79	215.04	0.0026333
40	0.84	226.36	0.0028000
42	0.89	237.68	0.0029667
44	0.94	249.00	0.0031333
46	1.03	260.31	0.0034333
49	1.13	277.29	0.0037667

### Ensayo a la Compresión de la Tanda D (Método Walker)

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 21/12/2012

**Probeta N 41**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.03	11.32	0.0001000
4	0.08	22.64	0.0002667
6	0.13	33.95	0.0004333
8	0.16	45.27	0.0005333
10	0.23	56.59	0.0007667
12	0.25	67.91	0.0008333
14	0.29	79.23	0.0009667
16	0.33	90.54	0.0011000
18	0.35	101.86	0.0011667
20	0.38	113.18	0.0012667
22	0.41	124.50	0.0013667
24	0.43	135.82	0.0014333
26	0.47	147.13	0.0015667
28	0.50	158.45	0.0016667
30	0.54	169.77	0.0018000
32	0.57	181.09	0.0019000
34	0.60	192.41	0.0020000
36	0.62	203.72	0.0020667
38	0.66	215.04	0.0022000
40	0.69	226.36	0.0023000
42	0.72	237.68	0.0024000
44	0.79	249.00	0.0026333
46	0.85	260.31	0.0028333
48	0.92	271.63	0.0030667
49.25	1.00	278.71	0.0033333

**Probeta N 42**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.04	11.32	0.0001333
4	0.09	22.64	0.0003000
6	0.12	33.95	0.0004000
8	0.15	45.27	0.0005000
10	0.19	56.59	0.0006333
12	0.22	67.91	0.0007333
14	0.25	79.23	0.0008333
16	0.28	90.54	0.0009333
18	0.31	101.86	0.0010333
20	0.33	113.18	0.0011000
22	0.36	124.50	0.0012000
24	0.39	135.82	0.0013000
26	0.42	147.13	0.0014000
28	0.45	158.45	0.0015000
30	0.49	169.77	0.0016333
32	0.52	181.09	0.0017333
34	0.55	192.41	0.0018333
36	0.58	203.72	0.0019333
38	0.62	215.04	0.0020667
40	0.65	226.36	0.0021667
42	0.69	237.68	0.0023000
44	0.75	249.00	0.0025000
46	0.80	260.31	0.0026667
48	0.85	271.63	0.0028333
48.25	0.90	273.05	0.0030000

**Probeta N 43**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.04	11.32	0.0001333
4	0.09	22.64	0.0003000
6	0.12	33.95	0.0004000
8	0.15	45.27	0.0005000
10	0.19	56.59	0.0006333
12	0.22	67.91	0.0007333
14	0.25	79.23	0.0008333
16	0.28	90.54	0.0009333
18	0.31	101.86	0.0010333
20	0.33	113.18	0.0011000
22	0.36	124.50	0.0012000
24	0.39	135.82	0.0013000
26	0.42	147.13	0.0014000
28	0.45	158.45	0.0015000
30	0.49	169.77	0.0016333
32	0.52	181.09	0.0017333
34	0.55	192.41	0.0018333
36	0.62	203.72	0.0020667
38	0.69	215.04	0.0023000
40	0.75	226.36	0.0025000
42	0.80	237.68	0.0026667
44	0.85	249.00	0.0028333
46	0.90	260.31	0.0030000
48.25	1.15	273.05	0.0038333

**Probeta N 44**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.03	11.32	0.0001000
4	0.11	22.64	0.0003667
6	0.15	33.95	0.0005000
8	0.19	45.27	0.0006333
10	0.24	56.59	0.0008000
12	0.26	67.91	0.0008667
14	0.29	79.23	0.0009667
16	0.32	90.54	0.0010667
18	0.35	101.86	0.0011667
20	0.39	113.18	0.0013000
22	0.43	124.50	0.0014333
24	0.46	135.82	0.0015333
26	0.49	147.13	0.0016333
28	0.54	158.45	0.0018000
30	0.57	169.77	0.0019000
32	0.60	181.09	0.0020000
34	0.64	192.41	0.0021333
36	0.69	203.72	0.0023000
38	0.74	215.04	0.0024667
40	0.78	226.36	0.0026000
42	0.84	237.68	0.0028000
44	0.89	249.00	0.0029667
46	0.94	260.31	0.0031333
48	1.00	271.63	0.0033333
48.5	1.10	274.46	0.0036667

### Ensayo a la Compresión de la Tanda E (Método Walker)

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 21/12/2012

**Probeta N 51**

Observación: Sin Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
53	299.93

**Probeta N 52**

Observación: Sin Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
49.5	280.12

**Probeta N 52**

Observación: Sin Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
49.5	280.12

**Probeta N 54**

Observación: Sin Kapping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.00	11.32	0.0000000
4	0.65	22.64	0.0021667
6	1.30	33.95	0.0043333
8	1.75	45.27	0.0058333
10	2.20	56.59	0.0073333
12	2.48	67.91	0.0082667
14	2.75	79.23	0.0091667
16	2.95	90.54	0.0098333
18	3.10	101.86	0.0103333
20	3.30	113.18	0.0110000
22	3.40	124.50	0.0113333
24	3.50	135.82	0.0116667
26	3.60	147.13	0.0120000
28	3.70	158.45	0.0123333
30	3.80	169.77	0.0126667
32	3.90	181.09	0.0130000
34	4.00	192.41	0.0133333
36	4.15	203.72	0.0138333
38	4.20	215.04	0.0140000
40	4.25	226.36	0.0141667
42	4.35	237.68	0.0145000
44	4.40	249.00	0.0146667
46	4.50	260.31	0.0150000
48	4.55	271.63	0.0151667
49.5	4.60	280.12	0.0153333

**Ensayo a la Compresión de la Tanda A (Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados)**

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 22/12/2012

**Probeta N 11**

Observación: Kaping  
Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.02	11.32	0.0000667
4	0.07	22.64	0.0002333
6	0.10	33.95	0.0003333
8	0.13	45.27	0.0004333
10	0.16	56.59	0.0005167
12	0.18	67.91	0.0006000
14	0.21	79.23	0.0007000
16	0.23	90.54	0.0007667
18	0.26	101.86	0.0008667
20	0.29	113.18	0.0009667
22	0.32	124.50	0.0010667
24	0.34	135.82	0.0011333
26	0.36	147.13	0.0012000
28	0.39	158.45	0.0013000
30	0.42	169.77	0.0014000
32	0.45	181.09	0.0014833
34	0.48	192.41	0.0016000
36	0.51	203.72	0.0016833
38	0.54	215.04	0.0017833
40	0.57	226.36	0.0019000
42	0.60	237.68	0.0020000
44	0.63	249.00	0.0020833
46	0.66	260.31	0.0022000
48	0.69	271.63	0.0023000
50	0.74	282.95	0.0024500
52	0.78	294.27	0.0026000
54	0.83	305.59	0.0027500
57.75	0.89	326.81	0.0029667

**Probeta N 12**

Observación: Kaping  
Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
60.75	343.78

**Probeta N 13**

Observación: Kaping  
Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.04	11.32	0.0001333
4	0.11	22.64	0.0003667
6	0.14	33.95	0.0004667
8	0.17	45.27	0.0005667
10	0.20	56.59	0.0006667
12	0.25	67.91	0.0008167
14	0.28	79.23	0.0009333
16	0.30	90.54	0.0010000
18	0.33	101.86	0.0011000
20	0.37	113.18	0.0012333
22	0.39	124.50	0.0013000
24	0.43	135.82	0.0014333
26	0.47	147.13	0.0015667
28	0.50	158.45	0.0016667
30	0.53	169.77	0.0017667
32	0.55	181.09	0.0018333
34	0.58	192.41	0.0019333
36	0.61	203.72	0.0020333
38	0.64	215.04	0.0021333
40	0.68	226.36	0.0022667
42	0.71	237.68	0.0023500
44	0.73	249.00	0.0024333
46	0.78	260.31	0.0025833
48	0.81	271.63	0.0026833
50	0.85	282.95	0.0028167
52	0.89	294.27	0.0029667
54	0.95	305.59	0.0031500
56	0.99	316.90	0.0033000
58	1.04	328.22	0.0034667
60	1.10	339.54	0.0036667

**Probeta N 14**

Observación: Kaping  
Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.04	11.32	0.0001333
4	0.09	22.64	0.0003000
6	0.12	33.95	0.0004000
8	0.16	45.27	0.0005333
10	0.19	56.59	0.0006333
12	0.23	67.91	0.0007667
14	0.27	79.23	0.0008833
16	0.30	90.54	0.0010000
18	0.32	101.86	0.0010667
20	0.35	113.18	0.0011500
22	0.38	124.50	0.0012667
24	0.42	135.82	0.0014000
26	0.45	147.13	0.0015000
28	0.48	158.45	0.0016000
30	0.51	169.77	0.0017000
32	0.54	181.09	0.0018000
34	0.57	192.41	0.0019000
36	0.61	203.72	0.0020167
38	0.64	215.04	0.0021333
40	0.67	226.36	0.0022333
42	0.70	237.68	0.0023333
44	0.76	249.00	0.0025333
46	0.79	260.31	0.0026333
48	0.82	271.63	0.0027333
50	0.86	282.95	0.0028667
52	0.92	294.27	0.0030667
54	0.96	305.59	0.0032000
56	1.03	316.90	0.0034333
58	1.10	328.22	0.0036667



**Ensayo a la Compresión de la Tanda B (Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados)**

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 22/12/2012

**Probeta N 21**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.01	11.32	0.0000333
4	0.05	22.64	0.0001500
6	0.07	33.95	0.0002333
8	0.10	45.27	0.0003333
10	0.13	56.59	0.0004333
12	0.16	67.91	0.0005333
14	0.19	79.23	0.0006167
16	0.22	90.54	0.0007333
18	0.25	101.86	0.0008333
20	0.29	113.18	0.0009500
22	0.32	124.50	0.0010667
24	0.35	135.82	0.0011667
26	0.38	147.13	0.0012667
28	0.41	158.45	0.0013667
30	0.44	169.77	0.0014667
32	0.48	181.09	0.0016000
34	0.52	192.41	0.0017333
36	0.55	203.72	0.0018333
38	0.58	215.04	0.0019333
40	0.62	226.36	0.0020667
42	0.65	237.68	0.0021667
44	0.69	249.00	0.0023000
46	0.73	260.31	0.0024333
48	0.77	271.63	0.0025667
50	0.81	282.95	0.0027000
52	0.89	294.27	0.0029667
54	0.94	305.59	0.0031333
56	1.00	316.90	0.0033333
59	1.10	333.88	0.0036667

**Probeta N 22**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
57.5	325.39

**Probeta N 23**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.02	11.32	0.0000500
4	0.03	22.64	0.0000833
6	0.04	33.95	0.0001333
8	0.07	45.27	0.0002333
10	0.10	56.59	0.0003333
12	0.13	67.91	0.0004333
14	0.16	79.23	0.0005167
16	0.19	90.54	0.0006167
18	0.22	101.86	0.0007167
20	0.24	113.18	0.0008000
22	0.27	124.50	0.0009000
24	0.30	135.82	0.0010000
26	0.33	147.13	0.0010833
28	0.36	158.45	0.0012000
30	0.38	169.77	0.0012667
32	0.42	181.09	0.0013833
34	0.44	192.41	0.0014667
36	0.49	203.72	0.0016167
38	0.51	215.04	0.0017000
40	0.54	226.36	0.0018000
42	0.58	237.68	0.0019333
44	0.62	249.00	0.0020667
46	0.65	260.31	0.0021500
48	0.68	271.63	0.0022667
50	0.73	282.95	0.0024333
52	0.76	294.27	0.0025333
54	0.82	305.59	0.0027167
56	0.87	316.90	0.0029000
58	0.95	328.22	0.0031667
58.75	1.00	332.47	0.0033333

**Probeta N 24**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.01	11.32	0.0000167
4	0.04	22.64	0.0001167
6	0.07	33.95	0.0002167
8	0.11	45.27	0.0003667
10	0.13	56.59	0.0004333
12	0.17	67.91	0.0005500
14	0.19	79.23	0.0006333
16	0.23	90.54	0.0007667
18	0.26	101.86	0.0008500
20	0.29	113.18	0.0009667
22	0.32	124.50	0.0010667
24	0.34	135.82	0.0011333
26	0.38	147.13	0.0012667
28	0.42	158.45	0.0014000
30	0.45	169.77	0.0015000
32	0.48	181.09	0.0016000
34	0.52	192.41	0.0017167
36	0.55	203.72	0.0018333
38	0.58	215.04	0.0019333
40	0.61	226.36	0.0020333
42	0.65	237.68	0.0021667
44	0.69	249.00	0.0022833
46	0.71	260.31	0.0023667
48	0.76	271.63	0.0025167
50	0.80	282.95	0.0026500
52	0.84	294.27	0.0028000
54	0.89	305.59	0.0029667
56	0.94	316.90	0.0031333
58	1.05	328.22	0.0035000
60.25	1.10	340.96	0.0036667

**Ensayo a la Compresión de la Tanda C (Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados)**

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 22/12/2012

**Probeta N 31**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

**Probeta N 32**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

**Probeta N 33**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

**Probeta N 34**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.09	11.32	0.0003000
4	0.12	22.64	0.0004000
6	0.21	33.95	0.0007000
8	0.23	45.27	0.0007667
10	0.27	56.59	0.0009000
12	0.30	67.91	0.0010000
14	0.32	79.23	0.0010667
16	0.34	90.54	0.0011333
18	0.36	101.86	0.0012000
20	0.39	113.18	0.0013000
22	0.42	124.50	0.0013833
24	0.44	135.82	0.0014667
26	0.47	147.13	0.0015667
28	0.50	158.45	0.0016667
30	0.53	169.77	0.0017500
32	0.56	181.09	0.0018500
34	0.58	192.41	0.0019333
36	0.60	203.72	0.0020000
38	0.64	215.04	0.0021333
40	0.67	226.36	0.0022333
42	0.71	237.68	0.0023500
44	0.74	249.00	0.0024667
46	0.77	260.31	0.0025667
48	0.81	271.63	0.0026833
50	0.84	282.95	0.0028000
52	0.88	294.27	0.0029333
54	0.91	305.59	0.0030333
56	0.95	316.90	0.0031667
58	1.01	328.22	0.0033667
58.75	1.08	332.47	0.0036000

Carga	Deformación	Esfuerzo
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>
0	0.00	0.00
2	0.03	11.32
4	0.08	22.64
6	0.14	33.95
8	0.22	45.27
10	0.28	56.59
12	0.32	67.91
14	0.36	79.23
16	0.39	90.54
18	0.43	101.86
20	0.47	113.18
22	0.49	124.50
24	0.52	135.82
26	0.54	147.13
28	0.57	158.45
30	0.60	169.77
32	0.63	181.09
34	0.66	192.41
36	0.69	203.72
38	0.73	215.04
40	0.76	226.36
42	0.80	237.68
44	0.84	249.00
46	0.88	260.31
48	0.90	271.63
50	0.94	282.95
52	0.97	294.27
54	1.01	305.59
56	1.06	316.90
58	1.09	328.22
59.25	1.18	335.30

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.01	11.32	0.0000167
4	0.02	22.64	0.0000500
6	0.04	33.95	0.0001167
8	0.06	45.27	0.0002000
10	0.09	56.59	0.0002833
12	0.11	67.91	0.0003500
14	0.11	79.23	0.0003667
16	0.13	90.54	0.0004333
18	0.17	101.86	0.0005667
20	0.19	113.18	0.0006333
22	0.22	124.50	0.0007333
24	0.25	135.82	0.0008333
26	0.28	147.13	0.0009333
28	0.31	158.45	0.0010333
30	0.34	169.77	0.0011167
32	0.38	181.09	0.0012667
34	0.41	192.41	0.0013667
36	0.45	203.72	0.0015000
38	0.48	215.04	0.0016000
40	0.50	226.36	0.0016667
42	0.54	237.68	0.0018000
44	0.57	249.00	0.0018833
46	0.60	260.31	0.0020000
48	0.64	271.63	0.0021333
50	0.68	282.95	0.0022667
52	0.72	294.27	0.0024000
54	0.77	305.59	0.0025667
56	0.82	316.90	0.0027333
58	0.89	328.22	0.0029667
58.75	1.00	332.47	0.0033333

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
60.5	342.37

### Ensayo a la Compresión de la Tanda D (Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados)

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 22/12/2012

**Probeta N 41**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
60	339.54

**Probeta N 42**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
59.5	336.71

**Probeta N 43**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.03	11.32	0.0000833
4	0.07	22.64	0.0002167
6	0.11	33.95	0.0003500
8	0.14	45.27	0.0004667
10	0.17	56.59	0.0005667
12	0.19	67.91	0.0006333
14	0.23	79.23	0.0007500
16	0.26	90.54	0.0008667
18	0.28	101.86	0.0009333
20	0.31	113.18	0.0010333
22	0.34	124.50	0.0011333
24	0.37	135.82	0.0012333
26	0.39	147.13	0.0013000
28	0.42	158.45	0.0013833
30	0.44	169.77	0.0014667
32	0.47	181.09	0.0015500
34	0.49	192.41	0.0016333
36	0.52	203.72	0.0017333
38	0.55	215.04	0.0018167
40	0.58	226.36	0.0019333
42	0.61	237.68	0.0020333
44	0.64	249.00	0.0021167
46	0.67	260.31	0.0022167
48	0.70	271.63	0.0023167
50	0.72	282.95	0.0024000
52	0.76	294.27	0.0025333
54	0.81	305.59	0.0027000
56	0.87	316.90	0.0029000
58.5	0.93	331.05	0.0031000

**Probeta N 44**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.06	11.32	0.0002000
4	0.12	22.64	0.0004000
6	0.21	33.95	0.0007000
8	0.27	45.27	0.0009000
10	0.31	56.59	0.0010333
12	0.35	67.91	0.0011667
14	0.38	79.23	0.0012667
16	0.41	90.54	0.0013500
18	0.43	101.86	0.0014333
20	0.46	113.18	0.0015333
22	0.49	124.50	0.0016167
24	0.52	135.82	0.0017167
26	0.54	147.13	0.0018000
28	0.57	158.45	0.0018833
30	0.60	169.77	0.0020000
32	0.63	181.09	0.0021000
34	0.66	192.41	0.0022000
36	0.69	203.72	0.0023000
38	0.72	215.04	0.0024000
40	0.75	226.36	0.0025000
42	0.78	237.68	0.0026000
44	0.81	249.00	0.0027000
46	0.84	260.31	0.0028000
48	0.87	271.63	0.0029000
50	0.91	282.95	0.0030333
52	0.94	294.27	0.0031333
54	1.00	305.59	0.0033333
56	1.04	316.90	0.0034667
58	1.10	328.22	0.0036667
59	1.16	333.88	0.0038667

**Ensayo a la Compresión de la Tanda E (Método Módulo de Fineza de la Combinación de los Agregados)**

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 22/12/2012

Probeta N 51

Observación: Sin Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
54.5	308.42

Probeta N 52

Observación: Sin Capping Sin Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
52.25	295.68

Probeta N 53

Observación: Sin Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
49.25	278.71

Probeta N 54

Observación: Sin Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
52.75	298.51

## Ensayo a la Compresión de la Tanda A (Método Füller)

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 23/12/2012

**Probeta N 11**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.01	11.32	0.0000167
4	0.02	22.64	0.0000500
6	0.05	33.95	0.0001667
8	0.08	45.27	0.0002667
10	0.11	56.59	0.0003667
12	0.14	67.91	0.0004667
14	0.18	79.23	0.0005833
16	0.21	90.54	0.0006833
18	0.24	101.86	0.0008000
20	0.27	113.18	0.0008833
22	0.30	124.50	0.0009833
24	0.32	135.82	0.0010667
26	0.35	147.13	0.0011667
28	0.38	158.45	0.0012667
30	0.41	169.77	0.0013667
32	0.44	181.09	0.0014500
34	0.47	192.41	0.0015500
36	0.49	203.72	0.0016333
38	0.52	215.04	0.0017333
40	0.55	226.36	0.0018333
42	0.58	237.68	0.0019333
44	0.61	249.00	0.0020333
46	0.66	260.31	0.0021833
48	0.69	271.63	0.0022833
50	0.71	282.95	0.0023667
52	0.76	294.27	0.0025167
54	0.79	305.59	0.0026333
56	0.84	316.90	0.0028000
59	0.91	333.88	0.0030333

**Probeta N 12**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.05	11.32	0.0001667
4	0.12	22.64	0.0004000
6	0.19	33.95	0.0006333
8	0.20	45.27	0.0006667
10	0.24	56.59	0.0008000
12	0.27	67.91	0.0009000
14	0.31	79.23	0.0010333
16	0.34	90.54	0.0011333
18	0.38	101.86	0.0012667
20	0.41	113.18	0.0013667
22	0.44	124.50	0.0014667
24	0.46	135.82	0.0015333
26	0.48	147.13	0.0016000
28	0.52	158.45	0.0017333
30	0.55	169.77	0.0018333
32	0.57	181.09	0.0019000
34	0.60	192.41	0.0020000
36	0.63	203.72	0.0021000
38	0.66	215.04	0.0021833
40	0.68	226.36	0.0022667
42	0.71	237.68	0.0023667
44	0.74	249.00	0.0024667
46	0.77	260.31	0.0025667
48	0.80	271.63	0.0026667
50	0.84	282.95	0.0028000
52	0.87	294.27	0.0029000
54	0.91	305.59	0.0030167
56	0.94	316.90	0.0031333
58	1.00	328.22	0.0033333
58.75	1.06	332.47	0.0035333

**Probeta N 13**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.00	11.32	0.0000000
4	0.03	22.64	0.0001000
6	0.07	33.95	0.0002333
8	0.11	45.27	0.0003667
10	0.14	56.59	0.0004667
12	0.17	67.91	0.0005667
14	0.20	79.23	0.0006667
16	0.23	90.54	0.0007500
18	0.25	101.86	0.0008333
20	0.29	113.18	0.0009667
22	0.32	124.50	0.0010667
24	0.35	135.82	0.0011500
26	0.38	147.13	0.0012667
28	0.40	158.45	0.0013333
30	0.43	169.77	0.0014333
32	0.46	181.09	0.0015333
34	0.50	192.41	0.0016500
36	0.52	203.72	0.0017333
38	0.56	215.04	0.0018667
40	0.59	226.36	0.0019667
42	0.62	237.68	0.0020667
44	0.66	249.00	0.0022000
46	0.70	260.31	0.0023333
48	0.74	271.63	0.0024500
50	0.78	282.95	0.0026000
52	0.82	294.27	0.0027333
54	0.87	305.59	0.0029000
56	0.92	316.90	0.0030667
58.5	1.01	331.05	0.0033667

**Probeta N 14**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.03	11.32	0.0001000
4	0.05	22.64	0.0001667
6	0.06	33.95	0.0002000
8	0.09	45.27	0.0003000
10	0.12	56.59	0.0004000
12	0.15	67.91	0.0005000
14	0.19	79.23	0.0006167
16	0.21	90.54	0.0007000
18	0.22	101.86	0.0007333
20	0.24	113.18	0.0008000
22	0.26	124.50	0.0008667
24	0.29	135.82	0.0009667
26	0.33	147.13	0.0010833
28	0.36	158.45	0.0012000
30	0.38	169.77	0.0012667
32	0.41	181.09	0.0013667
34	0.44	192.41	0.0014667
36	0.47	203.72	0.0015667
38	0.50	215.04	0.0016667
40	0.54	226.36	0.0017833
42	0.56	237.68	0.0018667
44	0.60	249.00	0.0020000
46	0.64	260.31	0.0021333
48	0.67	271.63	0.0022333
50	0.71	282.95	0.0023667
52	0.75	294.27	0.0025000
54	0.79	305.59	0.0026333
56	0.86	316.90	0.0028667
58	0.98	328.22	0.0032667
60	1.09	339.54	0.0036333

**Ensayo a la Compresión de la Tanda B (Método Füller)**

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 23/12/2012

**Probeta N 21**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.06	11.32	0.0001833
4	0.10	22.64	0.0003333
6	0.14	33.95	0.0004667
8	0.17	45.27	0.0005667
10	0.21	56.59	0.0007000
12	0.25	67.91	0.0008167
14	0.28	79.23	0.0009167
16	0.30	90.54	0.0010000
18	0.34	101.86	0.0011167
20	0.37	113.18	0.0012333
22	0.40	124.50	0.0013167
24	0.42	135.82	0.0014000
26	0.45	147.13	0.0015000
28	0.49	158.45	0.0016167
30	0.51	169.77	0.0017000
32	0.54	181.09	0.0018000
34	0.57	192.41	0.0019000
36	0.60	203.72	0.0020000
38	0.63	215.04	0.0021000
40	0.66	226.36	0.0022000
42	0.70	237.68	0.0023333
44	0.74	249.00	0.0024500
46	0.77	260.31	0.0025667
48	0.81	271.63	0.0027000
50	0.87	282.95	0.0029000
52	0.94	294.27	0.0031167
55	1.01	311.25	0.0033667

**Probeta N 22**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
51.25	290.02

**Probeta N 23**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.03	11.32	0.0000833
4	0.08	22.64	0.0002667
6	0.10	33.95	0.0003333
8	0.12	45.27	0.0003833
10	0.15	56.59	0.0005000
12	0.18	67.91	0.0006000
14	0.21	79.23	0.0007000
16	0.24	90.54	0.0008000
18	0.27	101.86	0.0009000
20	0.30	113.18	0.0009833
22	0.32	124.50	0.0010667
24	0.35	135.82	0.0011667
26	0.37	147.13	0.0012333
28	0.40	158.45	0.0013333
30	0.43	169.77	0.0014333
32	0.47	181.09	0.0015500
34	0.49	192.41	0.0016333
36	0.51	203.72	0.0017000
38	0.55	215.04	0.0018333
40	0.60	226.36	0.0019833
42	0.62	237.68	0.0020667
44	0.67	249.00	0.0022167
46	0.70	260.31	0.0023333
48	0.75	271.63	0.0024833
50	0.79	282.95	0.0026333
52	0.85	294.27	0.0028333
54	0.92	305.59	0.0030500
58.75	1.00	332.47	0.0033333

**Probeta N 24**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
51.25	290.02

**Ensayo a la Compresión de la Tanda C (Método Füller)**

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 23/12/2012

**Probeta N 31**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.04	11.32	0.0001333
4	0.1	22.64	0.0003333
6	0.15	33.95	0.0005000
8	0.17	45.27	0.0005667
10	0.22	56.59	0.0007333
12	0.25	67.91	0.0008333
14	0.29	79.23	0.0009667
16	0.33	90.54	0.0011000
18	0.37	101.86	0.0012333
20	0.40	113.18	0.0013333
22	0.44	124.50	0.0014667
24	0.47	135.82	0.0015667
26	0.50	147.13	0.0016667
28	0.52	158.45	0.0017333
30	0.56	169.77	0.0018667
32	0.59	181.09	0.0019667
34	0.62	192.41	0.0020667
36	0.66	203.72	0.0022000
38	0.70	215.04	0.0023333
40	0.74	226.36	0.0024667
42	0.79	237.68	0.0026333
44	0.84	249.00	0.0028000
46	0.89	260.31	0.0029667
48	0.92	271.63	0.0030667
50	0.95	282.95	0.0031667
52	1.05	294.27	0.0035000
53.75	1.09	304.17	0.0036333

**Probeta N 32**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
55.5	314.08

**Probeta N 33**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
48	271.63

**Probeta N 34**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
53.5	302.76

## Ensayo a la Compresión de la Tanda D (Método Füller)

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 23/12/2012

**Probeta N 41**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.09	11.32	0.0002833
4	0.15	22.64	0.0005000
6	0.21	33.95	0.0006833
8	0.24	45.27	0.0008000
10	0.27	56.59	0.0009000
12	0.31	67.91	0.0010167
14	0.34	79.23	0.0011333
16	0.37	90.54	0.0012333
18	0.40	101.86	0.0013333
20	0.43	113.18	0.0014333
22	0.46	124.50	0.0015333
24	0.50	135.82	0.0016667
26	0.53	147.13	0.0017667
28	0.57	158.45	0.0019000
30	0.61	169.77	0.0020167
32	0.65	181.09	0.0021667
34	0.68	192.41	0.0022667
36	0.72	203.72	0.0023833
38	0.76	215.04	0.0025333
40	0.79	226.36	0.0026333
42	0.84	237.68	0.0028000
44	0.88	249.00	0.0029333
46	0.93	260.31	0.0031000
48	0.98	271.63	0.0032667
50	1.04	282.95	0.0034667
52	1.12	294.27	0.0037333
53.5	1.24	302.76	0.0041333

**Probeta N 42**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.04	11.32	0.0001333
4	0.11	22.64	0.0003667
6	0.16	33.95	0.0005333
8	0.21	45.27	0.0007000
10	0.24	56.59	0.0008000
12	0.26	67.91	0.0008667
14	0.29	79.23	0.0009667
16	0.32	90.54	0.0010667
18	0.34	101.86	0.0011333
20	0.36	113.18	0.0012000
22	0.40	124.50	0.0013333
24	0.44	135.82	0.0014667
26	0.47	147.13	0.0015667
28	0.51	158.45	0.0017000
30	0.54	169.77	0.0018000
32	0.58	181.09	0.0019333
34	0.61	192.41	0.0020333
36	0.65	203.72	0.0021667
38	0.68	215.04	0.0022667
40	0.72	226.36	0.0024000
42	0.77	237.68	0.0025667
44	0.82	249.00	0.0027333
46	0.91	260.31	0.0030333
48	1.00	271.63	0.0033333
50.5	1.05	285.78	0.0035000

**Probeta N 43**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.01	11.32	0.0000167
4	0.04	22.64	0.0001167
6	0.07	33.95	0.0002333
8	0.11	45.27	0.0003667
10	0.14	56.59	0.0004667
12	0.18	67.91	0.0006000
14	0.21	79.23	0.0007000
16	0.24	90.54	0.0008000
18	0.27	101.86	0.0009000
20	0.31	113.18	0.0010167
22	0.34	124.50	0.0011333
24	0.37	135.82	0.0012333
26	0.41	147.13	0.0013667
28	0.44	158.45	0.0014667
30	0.48	169.77	0.0015833
32	0.51	181.09	0.0016833
34	0.54	192.41	0.0018000
36	0.59	203.72	0.0019500
38	0.63	215.04	0.0021000
40	0.66	226.36	0.0022000
42	0.70	237.68	0.0023333
44	0.74	249.00	0.0024667
46	0.79	260.31	0.0026333
48	0.82	271.63	0.0027333
50	0.86	282.95	0.0028667
53.25	0.94	301.34	0.0031333

**Probeta N 44**

Observación: Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación Unitaria
Tn	mm	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/mm
0	0.00	0.00	0.0000000
2	0.05	11.32	0.0001667
4	0.11	22.64	0.0003667
6	0.16	33.95	0.0005333
8	0.19	45.27	0.0006333
10	0.23	56.59	0.0007667
12	0.26	67.91	0.0008667
14	0.29	79.23	0.0009667
16	0.32	90.54	0.0010667
18	0.35	101.86	0.0011500
20	0.38	113.18	0.0012667
22	0.40	124.50	0.0013333
24	0.42	135.82	0.0014000
26	0.46	147.13	0.0015333
28	0.49	158.45	0.0016333
30	0.52	169.77	0.0017333
32	0.56	181.09	0.0018667
34	0.58	192.41	0.0019333
36	0.61	203.72	0.0020333
38	0.65	215.04	0.0021667
40	0.69	226.36	0.0023000
42	0.73	237.68	0.0024333
44	0.76	249.00	0.0025333
46	0.81	260.31	0.0027000
48	0.86	271.63	0.0028500
50	0.90	282.95	0.0030000
52	0.97	294.27	0.0032333
54	1.08	305.59	0.0036000



### Ensayo a la Compresión de la Tanda E (Método Füller)

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES (UNC)

FECHA : 23/12/2012

**Probeta N 51**

Observación: Sin Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
46.75	264.56

**Probeta N 52**

Observación: Sin Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
49.75	281.54

**Probeta N 53**

Observación: Sin Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
45.5	257.48

**Probeta N 54**

Observación: Sin Kaping  
 Área de probeta 177 cm<sup>2</sup>  
 Altura de probeta 300 mm

Carga	Esfuerzo
Tn	Kg/cm <sup>2</sup>
46.5	263.14

### Análisis de Precios Unitarios para 1 m<sup>3</sup> de Concreto (Método ACI)

ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES FECHA: 13/02/13

Concreto f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>			C.U. por	m <sup>3</sup>	S/. 278.92
Rendimiento =		20	m <sup>3</sup> /Día	Jornada=	8 Horas
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	hh	0.2	0.0800	S/. 19.00	S/. 1.52
Operario	hh	2	0.8000	S/. 17.00	S/. 13.60
Oficial	hh	1	0.4000	S/. 15.00	S/. 6.00
Peón	hh	8	3.2000	S/. 11.00	S/. 35.20
<b>Materiales</b>					
Piedra Chancada Ø 3/4"	m <sup>3</sup>		0.3460	S/. 78.00	S/. 26.99
Arena Gruesa de Río	m <sup>3</sup>		0.3390	S/. 86.00	S/. 29.15
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bs		7.0500	S/. 21.50	S/. 151.58
Agua	m <sup>3</sup>		0.2050	S/. 6.10	S/. 1.25
<b>Equipo</b>					
Herramientas Manuales	%MO		3.0000	S/. 56.32	S/. 1.69
Mezcladora de Concreto de 9 - 11 p <sup>3</sup>	hm	0.75	0.3000	S/. 32.00	S/. 9.60
Vibrador de Concreto 4 HP 1.50"	hm	0.75	0.3000	S/. 7.80	S/. 2.34
<b>TOTAL POR 1 M3</b>					<b>S/. 278.92</b>

### Análisis de Precios Unitarios para 1 m<sup>3</sup> de Concreto (Método Walker)

ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES FECHA: 13/02/13

Concreto f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>			C.U. por	m <sup>3</sup>	S/. 278.02
Rendimiento = 20 m <sup>3</sup> /Día			Jornada=	8	Horas
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	hh	0.2	0.0800	S/. 19.00	S/. 1.52
Operario	hh	2	0.8000	S/. 17.00	S/. 13.60
Oficial	hh	1	0.4000	S/. 15.00	S/. 6.00
Peón	hh	8	3.2000	S/. 11.00	S/. 35.20
<b>Materiales</b>					
Piedra Chancada Ø 3/4"	m <sup>3</sup>		0.3340	S/. 78.00	S/. 26.05
Arena Gruesa de Río	m <sup>3</sup>		0.3470	S/. 86.00	S/. 29.84
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bs		7.0200	S/. 21.50	S/. 150.93
Agua	m <sup>3</sup>		0.2040	S/. 6.10	S/. 1.24
<b>Equipo</b>					
Herramientas Manuales	%MO		3.0000	S/. 56.32	S/. 1.69
Mezcladora de Concreto de 9 - 11 p <sup>3</sup>	hm	0.75	0.3000	S/. 32.00	S/. 9.60
Vibrador de Concreto 4 HP 1.50"	hm	0.75	0.3000	S/. 7.80	S/. 2.34
<b>TOTAL POR 1 M3</b>					<b>S/. 278.02</b>

**Análisis de Precios Unitarios para 1 m<sup>3</sup> de Concreto (Método Módulo de  
Combinación de los Agregados)      Fineza de la**

ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES      FECHA: 13/02/13

Concreto f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>			C.U. por	m <sup>3</sup>	S/. 278.61
Rendimiento =		20	m <sup>3</sup> /Día	Jornada=	8 Horas
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	hh	0.2	0.0800	S/. 19.00	S/. 1.52
Operario	hh	2	0.8000	S/. 17.00	S/. 13.60
Oficial	hh	1	0.4000	S/. 15.00	S/. 6.00
Peón	hh	8	3.2000	S/. 11.00	S/. 35.20
<b>Materiales</b>					
Piedra Chancada Ø 3/4"	m <sup>3</sup>		0.3310	S/. 78.00	S/. 25.82
Arena Gruesa de Río	m <sup>3</sup>		0.3490	S/. 86.00	S/. 30.01
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bs		7.0500	S/. 21.50	S/. 151.58
Agua	m <sup>3</sup>		0.2050	S/. 6.10	S/. 1.25
<b>Equipo</b>					
Herramientas Manuales	%MO		3.0000	S/. 56.32	S/. 1.69
Mezcladora de Concreto de 9 - 11 p <sup>3</sup>	hm	0.75	0.3000	S/. 32.00	S/. 9.60
Vibrador de Concreto 4 HP 1.50"	hm	0.75	0.3000	S/. 7.80	S/. 2.34
<b>TOTAL POR 1 M3</b>					<b>S/. 278.61</b>

### Análisis de Precios Unitarios para 1 m<sup>3</sup> de Concreto (Método Füller)

ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES FECHA: 13/02/13

Concreto f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>			C.U. por	m <sup>3</sup>	S/. 278.50
Rendimiento = 20 m <sup>3</sup> /Día			Jornada=	8	Horas
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	hh	0.2	0.0800	S/. 19.00	S/. 1.52
Operario	hh	2	0.8000	S/. 17.00	S/. 13.60
Oficial	hh	1	0.4000	S/. 15.00	S/. 6.00
Peón	hh	8	3.2000	S/. 11.00	S/. 35.20
<b>Materiales</b>					
Piedra Chancada Ø 3/4"	m <sup>3</sup>		0.3450	S/. 78.00	S/. 26.91
Arena Gruesa de Río	m <sup>3</sup>		0.3350	S/. 86.00	S/. 28.81
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bs		7.0500	S/. 21.50	S/. 151.58
Agua	m <sup>3</sup>		0.2050	S/. 6.10	S/. 1.25
<b>Equipo</b>					
Herramientas Manuales	%MO		3.0000	S/. 56.32	S/. 1.69
Mezcladora de Concreto de 9 - 11 p <sup>3</sup>	hm	0.75	0.3000	S/. 32.00	S/. 9.60
Vibrador de Concreto 4 HP 1.50"	hm	0.75	0.3000	S/. 7.80	S/. 2.34
<b>TOTAL POR 1 M<sup>3</sup></b>					<b>S/. 278.50</b>

### Nuevas Relaciones A/C con la Ley de Powers

ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES.  
FECHA : 13/11/2013.

$$R = 2380 * x^3$$

$$X = \frac{0.647 * \alpha}{0.319 * \alpha + a/c}$$

R= Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

X= Relación Gel/Espacio

$\alpha$ = Grado de hidratación

a/c= Relación Agua – Cemento.

#### Método ACI

$$282.95 = 2380 x^3$$

$$x = 0.4917$$

$$0.4917 = \frac{0.647 * \alpha}{0.319 * \alpha + 0.684}$$

$$\alpha = 0.686$$

$$210.00 = 2380 x^3$$

$$x = 0.4452$$

$$0.4452 = \frac{0.647 * 0.686}{0.319 * 0.686 + a/c}$$

$$a/c = 0.7783$$

#### Método Walker

$$282.95 = 2380 x^3$$

$$x = 0.4967$$

$$0.4967 = \frac{0.647 * \alpha}{0.319 * \alpha + 0.684}$$

$$\alpha = 0.6954$$

$$210.00 = 2380 x^3$$

$$x = 0.4452$$

$$0.4452 = \frac{0.647 * 0.6954}{0.319 * 0.6954 + a/c}$$

$$a/c = 0.7888$$

**Método Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados**

$$282.95 = 2380 x^3$$

$$x = 0.5159$$

$$0.5159 = \frac{0.647 * \alpha}{0.319 * \alpha + 0.684}$$

$$\alpha = 0.7315$$

$$210.00 = 2380 x^3$$

$$x = 0.4452$$

$$0.4452 = \frac{0.647 * 0.7315}{0.319 * 0.7315 + a/c}$$

$$a/c = 0.8297$$

**Método Füller**

$$282.95 = 2380 x^3$$

$$x = 0.5018$$

$$0.5018 = \frac{0.647 * \alpha}{0.319 * \alpha + 0.684}$$

$$\alpha = 0.7050$$

$$210.00 = 2380 x^3$$

$$x = 0.4452$$

$$0.4452 = \frac{0.647 * 0.7050}{0.319 * 0.7050 + a/c}$$

$$a/c = 0.7996$$

### Diseño de Mezclas ya Corregidos: Método ACI

ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES.  
FECHA : 14/11/2013.

<b>l. Resistencia Promedio</b>	<b>210 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>m. Tamaño Máximo Nominal</b>	<b>¾"</b>
<b>n. Selección del Asentamiento</b>	<b>3 – 4"</b>
<b>o. Volumen Unitario del Agua</b>	<b>205 lt.</b>
<b>p. Contenido de Aire</b>	<b>2.00 %</b>
<b>q. Relación Agua/Cemento</b>	<b>0.778</b>
<b>r. Factor Cemento</b>	<b>263.39 kg</b>
<b>g.1. Bolsas</b>	<b>6.20 bolsas</b>
<b>s. Contenido del Agregado Grueso (b/bo)</b>	<b>0.58</b>
<b>h.1. Peso del Agregado Grueso</b>	<b>896.68 kg</b>
<b>t. Cálculo de Volúmenes Absolutos</b>	
Cemento	0.084 m <sup>3</sup>
Agua	0.205 m <sup>3</sup>
Aire	0.020 m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	<u>0.346 m<sup>3</sup></u>
<b>i.1. ΣVolúmenes</b>	<b>0.635 m<sup>3</sup></b>
<b>u. Contenido del Agregado Fino</b>	
<b>j.1. Volumen Absoluto Agregado Fino</b>	<b>0.365 m<sup>3</sup></b>
<b>j.2. Peso del Agregado Fino</b>	<b>974.31 kg</b>
<b>v. Valores de Diseño</b>	
Cemento	263 kg.
Agua	205 lt.
Agregado Fino	974 kg.
Agregado Grueso	897 kg.



### Diseño de Mezclas ya Corregidos: Método Walker

ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES.  
FECHA : 14/11/2013.

o. Resistencia Promedio	210 kg/cm <sup>2</sup>
p. Tamaño Máximo Nominal	¾"
q. Selección del Asentamiento	3 - 4"
r. Volumen Unitario del Agua	204 lt.
s. Contenido de Aire	2.00 %
t. Relación Agua/Cemento	0.789
u. Factor Cemento	259.49 kg
g.1. Bolsas	6.11 bolsas
v. Cálculo del Volumen de la Pasta	
Cemento	0.083 m <sup>3</sup>
Agua	0.204 m <sup>3</sup>
Aire	0.020 m <sup>3</sup>
h.1. ΣVolúmenes	0.353 m <sup>3</sup>
w. Volumen Absoluto de los Agregados	0.647 m <sup>3</sup>
x. Porcentaje del Agregado Fino	53.67 %
y. Volumen Absoluto del Agr. Fino y Grueso	
k.1. Volumen Absoluto del Agr. Fino	0.348
k.2. Volumen Absoluto del Agr. Grueso	0.300
z. Contenido del Agregado Fino	927.83
aa. Contenido del Agregado Grueso	776.74
bb. Valores de Diseño	
Cemento	259 kg.
Agua	204 lt.
Agregado Fino	928 kg.
Agregado Grueso	777 kg.

**Diseño de Mezclas ya Corregidos: Método Módulo de Fineza de la  
Combinación de los Agregados**

ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES.  
FECHA : 14/11/2013.

p. Resistencia Promedio	210 kg/cm <sup>2</sup>
q. Tamaño Máximo Nominal	¾"
r. Selección del Asentamiento	3 - 4"
s. Volumen Unitario del Agua	205 lt.
t. Contenido de Aire	2.00 %
u. Relación Agua/Cemento	0.830
v. Factor Cemento	246.99 kg
g.1. Bolsas	5.81 bolsas
w. Cálculo del Volumen de la Pasta	
Cemento	0.079 m <sup>3</sup>
Agua	0.205 m <sup>3</sup>
Aire	0.020 m <sup>3</sup>
h.1. ΣVolúmenes	0.349 m <sup>3</sup>
x. Volumen Absoluto de los Agregados	0.651 m <sup>3</sup>
y. Cálculo del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados (m)	5.04
z. Cálculo de $\tau_r$	53.70 %
aa. Volumen Absoluto del Agr. Fino y Grueso	
1.1. Volumen Absoluto del Agr. Fino	0.350 m <sup>3</sup>
1.2. Volumen Absoluto del Agr. Grueso	0.302 m <sup>3</sup>
bb. Contenido del Agregado Fino	933.86
cc. Contenido del Agregado Grueso	781.07
dd. Valores de Diseño	
Cemento	247 kg.
Agua	205 lt.
Agregado Fino	934 kg.
Agregado Grueso	781 kg.

### Diseño de Mezclas ya Corregidos: Método Füller

ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES.  
FECHA : 14/11/2013.

o. Resistencia Promedio	210 kg/cm <sup>2</sup>
p. Tamaño Máximo Nominal	¾"
q. Selección del Asentamiento	3 – 4"
r. Volumen Unitario del Agua	205 lt.
s. Contenido de Aire	2.00 %
t. Relación Agua/Cemento	0.684
u. Factor Cemento	256.25 kg
g.1. Bolsas	6.03 bolsas
v. Cálculo del Volumen de la Pasta	
Cemento	0.081 m <sup>3</sup>
Agua	0.205 m <sup>3</sup>
Aire	0.020 m <sup>3</sup>
h.1. $\Sigma$ Volúmenes	0.306 m <sup>3</sup>
w. Volumen Absoluto de los Agregados	0.694 m <sup>3</sup>
x. Cálculo del Porcentaje de los Agregados	
j.1. Se calculó A,B y C, además $\alpha$ y $\beta$	
j.2. Porcentaje del Agregado Fino	49.24
j.3. Porcentaje del Agregado Grueso	50.76
y. Volumen Absoluto del Agr. Fino y Grueso	
k.1. Volumen Absoluto del Agr. Fino	0.342 m <sup>3</sup>
k.2. Volumen Absoluto del Agr. Grueso	0.352 m <sup>3</sup>
z. Contenido del Agregado Fino	913.14 kg
aa. Contenido del Agregado Grueso	911.68 kg
bb. Valores de Diseño	
Cemento	256 kg
Agua	205 lt
Agregado Fino	913 kg
Agregado Grueso	912 kg

**Nuevos Análisis de Precios Unitarios para 1 m<sup>3</sup> de Concreto (Método ACI)**

ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES FECHA: 13/02/13

Concreto f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>			C.U. por	m <sup>3</sup>	S/. 262.89
Rendimiento =		20	m <sup>3</sup> /Día	Jornada=	8 Horas
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	hh	0.2	0.0800	S/. 19.00	S/. 1.52
Operario	hh	2	0.8000	S/. 17.00	S/. 13.60
Oficial	hh	1	0.4000	S/. 15.00	S/. 6.00
Peón	hh	8	3.2000	S/. 11.00	S/. 35.20
<b>Materiales</b>					
Piedra Chancada Ø 3/4"	m <sup>3</sup>		0.3462	S/. 78.00	S/. 27.00
Arena Gruesa de Río	m <sup>3</sup>		0.3649	S/. 86.00	S/. 31.38
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bks		6.2000	S/. 21.50	S/. 133.30
Agua	m <sup>3</sup>		0.2050	S/. 6.10	S/. 1.25
<b>Equipo</b>					
Herramientas Manuales	%MO		3.0000	S/. 56.32	S/. 1.69
Mezcladora de Concreto de 9 - 11 p3	hm	0.75	0.3000	S/. 32.00	S/. 9.60
Vibrador de Concreto 4 HP 1.50"	hm	0.75	0.3000	S/. 7.80	S/. 2.34
<b>TOTAL POR 1 M3</b>					<b>S/. 262.89</b>

### Nuevos Análisis de Precios Unitarios para 1 m<sup>3</sup> de Concreto (Método Walker)

ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES FECHA: 13/02/13

Concreto f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>			C.U. por	m <sup>3</sup>	S/. 255.84
Rendimiento =		20	m <sup>3</sup> /Día	Jornada=	8 Horas
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	hh	0.2	0.0800	S/. 19.00	S/. 1.52
Operario	hh	2	0.8000	S/. 17.00	S/. 13.60
Oficial	hh	1	0.4000	S/. 15.00	S/. 6.00
Peón	hh	8	3.2000	S/. 11.00	S/. 35.20
<b>Materiales</b>					
Piedra Chancada Ø 3/4"	m <sup>3</sup>		0.2999	S/. 78.00	S/. 23.39
Arena Gruesa de Río	m <sup>3</sup>		0.3475	S/. 86.00	S/. 29.89
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls		6.1100	S/. 21.50	S/. 131.37
Agua	m <sup>3</sup>		0.2040	S/. 6.10	S/. 1.24
<b>Equipo</b>					
Herramientas Manuales	%MO		3.0000	S/. 56.32	S/. 1.69
Mezcladora de Concreto de 9 - 11 p <sup>3</sup>	hm	0.75	0.3000	S/. 32.00	S/. 9.60
Vibrador de Concreto 4 HP 1.50"	hm	0.75	0.3000	S/. 7.80	S/. 2.34
<b>TOTAL POR 1 M3</b>					<b>S/. 255.84</b>

**Nuevos Análisis de Precios Unitarios para 1 m<sup>3</sup> de Concreto (Método  
Fineza de la Combinación de los Agregados)**

Módulo de

ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES FECHA: 13/02/13

Concreto f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>			C.U. por	m <sup>3</sup>	S/. 249.72
Rendimiento =		20	m <sup>3</sup> /Día	Jornada=	8 Horas
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	hh	0.2	0.0800	S/. 19.00	S/. 1.52
Operario	hh	2	0.8000	S/. 17.00	S/. 13.60
Oficial	hh	1	0.4000	S/. 15.00	S/. 6.00
Peón	hh	8	3.2000	S/. 11.00	S/. 35.20
<b>Materiales</b>					
Piedra Chancada Ø 3/4"	m <sup>3</sup>		0.3016	S/. 78.00	S/. 23.52
Arena Gruesa de Río	m <sup>3</sup>		0.3498	S/. 86.00	S/. 30.08
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bs		5.8100	S/. 21.50	S/. 124.92
Agua	m <sup>3</sup>		0.2050	S/. 6.10	S/. 1.25
<b>Equipo</b>					
Herramientas Manuales	%MO		3.0000	S/. 56.32	S/. 1.69
Mezcladora de Concreto de 9 - 11 p <sup>3</sup>	hm	0.75	0.3000	S/. 32.00	S/. 9.60
Vibrador de Concreto 4 HP 1.50"	hm	0.75	0.3000	S/. 7.80	S/. 2.34
<b>TOTAL POR 1 M3</b>					<b>S/. 249.72</b>

### Nuevos Análisis de Precios Unitarios para 1 m<sup>3</sup> de Concreto (Método Füller)

ELABORADO POR : KELLY ALEJANDRA VÁSQUEZ BARDALES FECHA: 13/02/13

Concreto f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>			C.U. por	m <sup>3</sup>	S/. 257.71
Rendimiento =		20	m <sup>3</sup> /Día	Jornada=	8 Horas
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>					
Capataz	hh	0.2	0.0800	S/. 19.00	S/. 1.52
Operario	hh	2	0.8000	S/. 17.00	S/. 13.60
Oficial	hh	1	0.4000	S/. 15.00	S/. 6.00
Peón	hh	8	3.2000	S/. 11.00	S/. 35.20
<b>Materiales</b>					
Piedra Chancada Ø 3/4"	m <sup>3</sup>		0.3520	S/. 78.00	S/. 27.46
Arena Gruesa de Río	m <sup>3</sup>		0.3420	S/. 86.00	S/. 29.41
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls		6.0300	S/. 21.50	S/. 129.65
Agua	m <sup>3</sup>		0.2050	S/. 6.10	S/. 1.25
<b>Equipo</b>					
Herramientas Manuales	%MO		3.0000	S/. 56.32	S/. 1.69
Mezcladora de Concreto de 9 - 11 p3	hm	0.75	0.3000	S/. 32.00	S/. 9.60
Vibrador de Concreto 4 HP 1.50"	hm	0.75	0.3000	S/. 7.80	S/. 2.34
<b>TOTAL POR 1 M3</b>					<b>S/. 257.71</b>

**ANEXOS 02**  
**Representación Fotográfica**





Foto N° 01: Obtención de la Muestra



Foto N° 02: Granulometría de los Agregados



Foto N° 03: Preparación del agregado fino para las pruebas de absorción y pesos específicos.



Foto N° 04: Ensayo del ensayo para determinar los pesos específicos.



Foto N° 05: Preparación del agregado fino para las pruebas de absorción y pesos específicos

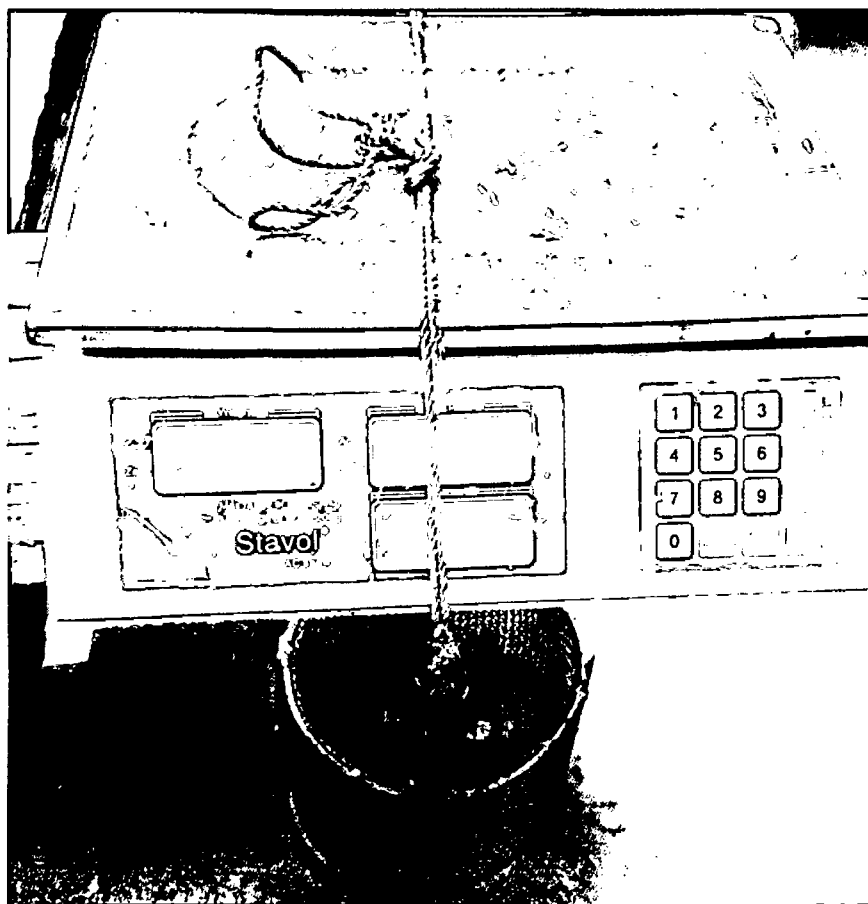


Foto N° 06: Ensayo de absorción del agregado grueso.



Foto N° 07: Obtención del contenido de humedad, utilizando la cocina eléctrica.

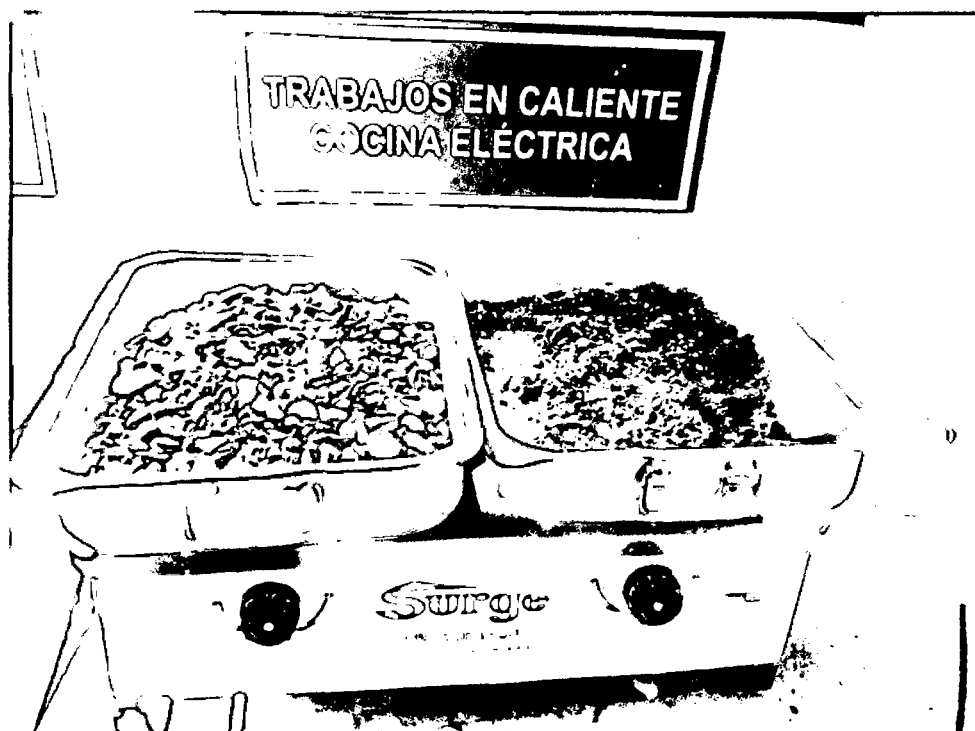


Foto N° 08: Eliminando el agua existente en los agregados para la obtención del contenido de humedad.



Foto N° 09: Materiales listos para la elaboración de la mezcla de concreto.



Foto N° 10: Obteniendo la temperatura del concreto fresco.



Foto N° 11: Prueba de Slump

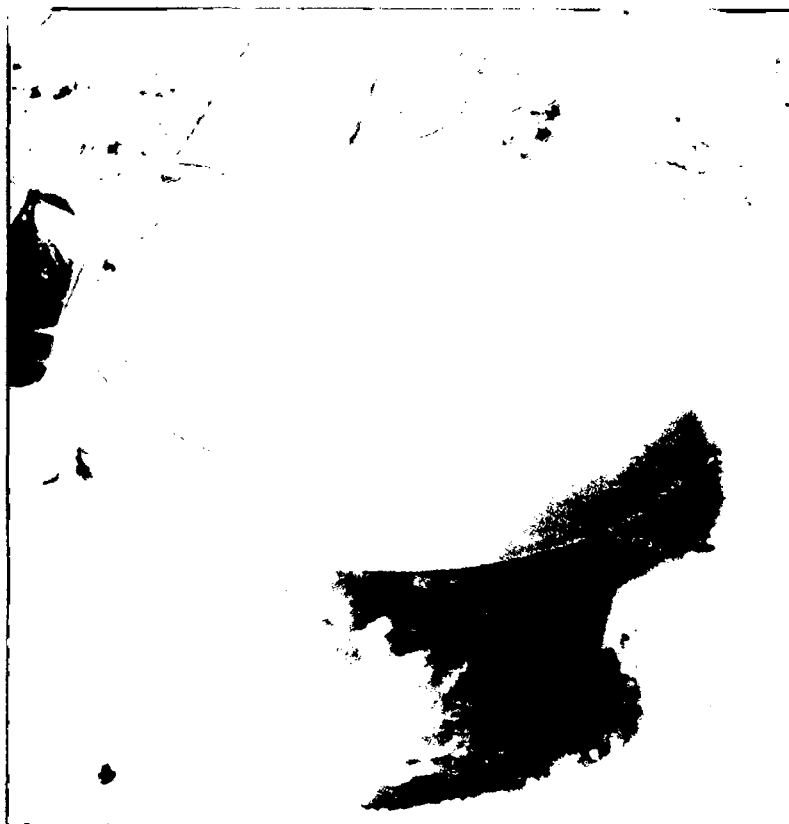


Foto N° 12: Realizando el ensayo del contenido de aire, se tuvo que enrasar el recipiente y pesarlo.



Foto N° 13: Se introdujo agua para la prueba del contenido de aire, con la olla d Washington.

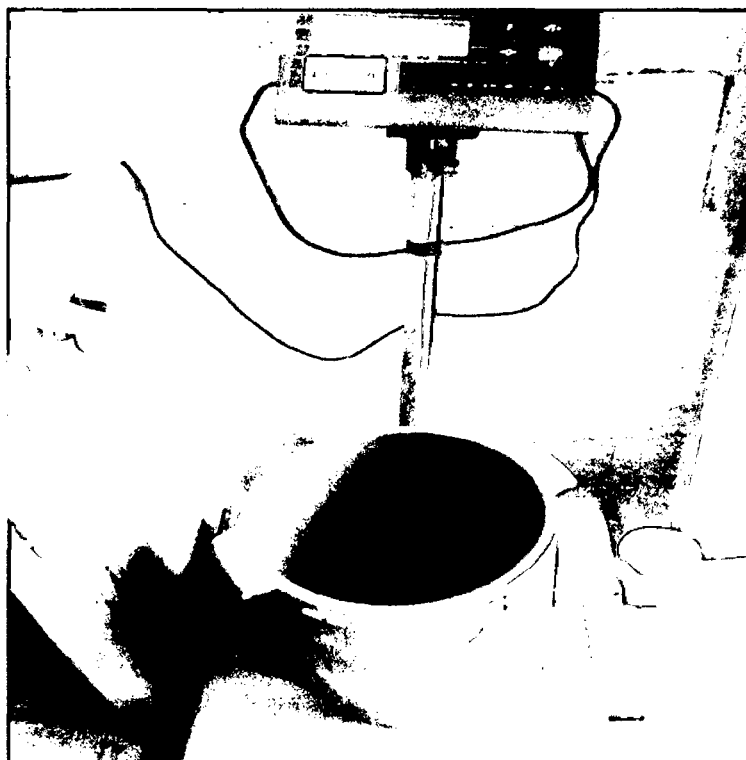


Foto N° 14: Pesando el molde para el ensayo del peso volumétrico del concreto fresco.

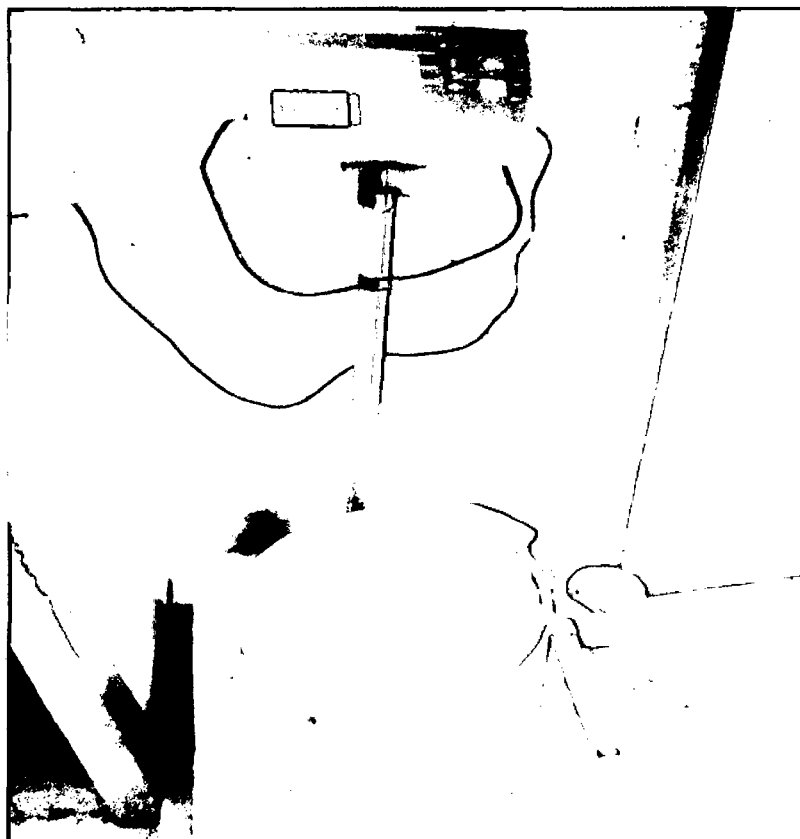


Foto N° 15: Pesando el molde con el concreto contenido en él, para determinar el peso volumétrico del concreto fresco.

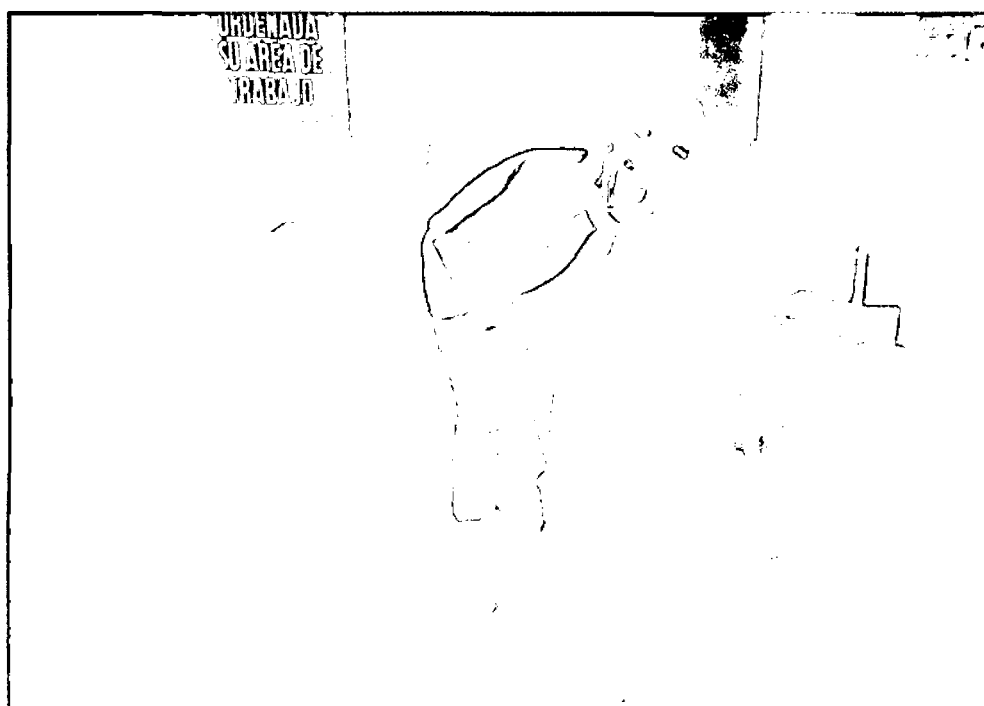


Foto N° 16: Engrasado de los moldes antes de vaciar el concreto.





Foto N° 17: Llenado de los moldes con la mezcla de concreto.

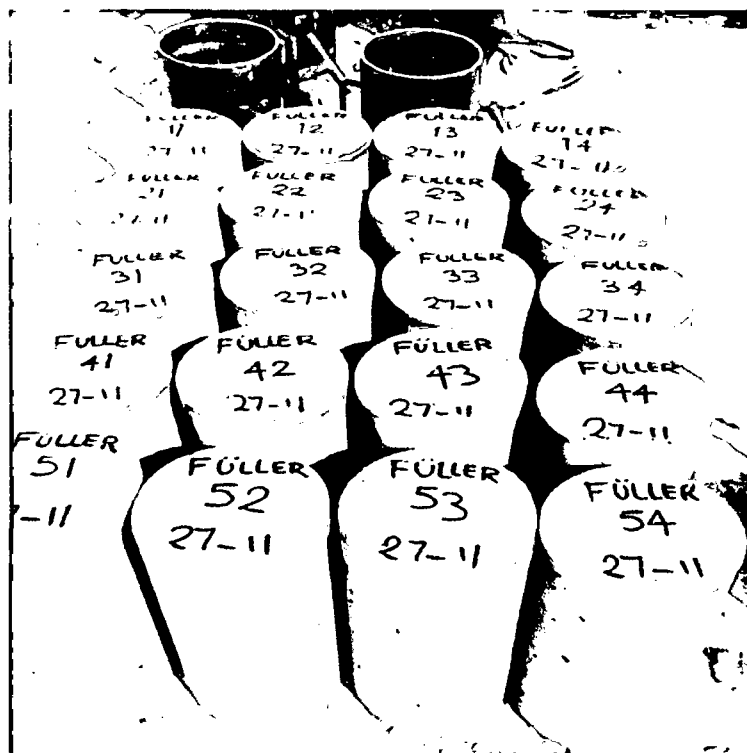


Foto N° 18: Desencofrado y marcado de los especímenes de concreto, de acuerdo al método



Foto N° 19: Poza de curado (poseía un dispositivo que regulaba la temperatura) donde se dejó 28 días los especímenes de concreto.



Foto N° 20: Zona en donde se realizó el Kaping, para tal trabajo se tenía que vestir con una indumentaria adecuada.



Foto N° 21: Probetas listas para ser ensayadas.

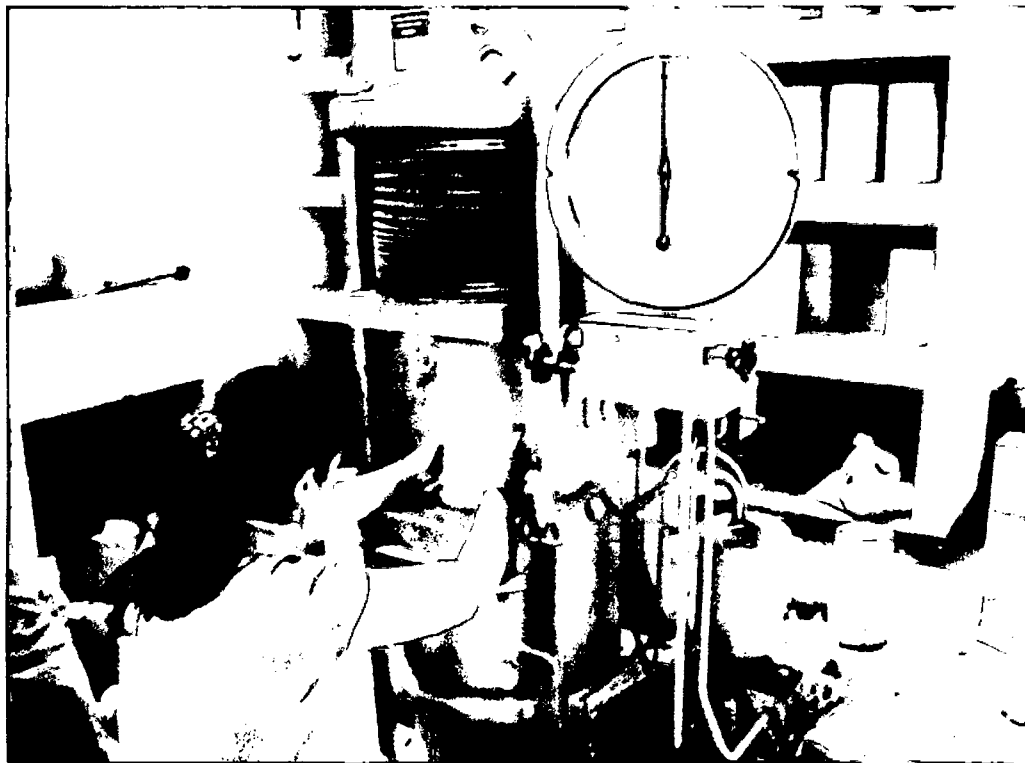


Foto N° 22: Colocando la probetas para ser ensayada.



Foto N° 23: Toma de datos de la deformación.

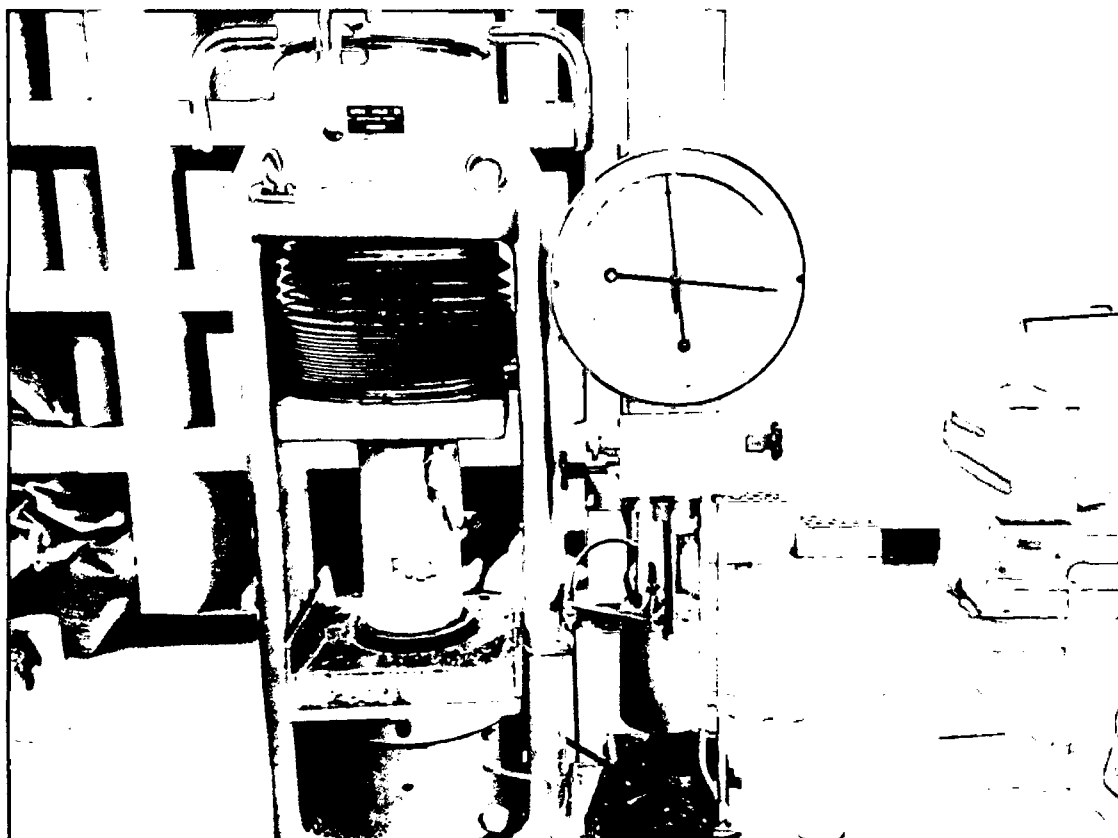


Foto N° 24: Ruptura de las Probetas que tenían Kaping.