

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



***“ ESTUDIO COMPARATIVO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN  
ENTRE EL USO DE RECUBRIMIENTO DE AZUFRE Y  
ALMOHADILLAS DE COMPRESIÓN, EN CONCRETOS DE  
MEDIANA A ALTA RESISTENCIA ”***

*TESIS  
PARA OPTAR TITULO PROFECIONAL  
DE  
INGENIERO CIVIL*

**JEAN PAUL MINDREAU DELGADO**

**LIMA –PERU**

**2005**

## INDICE

<b>Introducción</b>	<b>6</b>
<b>Capítulo I: Estudio de los materiales</b>	<b>8</b>
1.1 Agregado fino	9
1.1.1 Definición	9
1.1.2 Características generales	9
1.1.3 Granulometría y módulo de finura	10
1.1.4 Peso específico y absorción	12
1.1.5 Peso unitario suelto y compactado	14
1.1.6 Contenido de humedad	15
1.1.7 Material que pasa la malla #200	16
1.1.8 Superficie específica	17
1.1.9 Determinación cualitativa de impurezas orgánicas	18
1.2 Agregado grueso	19
1.2.1 Definición	19
1.2.2 Características generales	19
1.2.3 Granulometría y módulo de finura	19
1.2.4 Peso específico y absorción	22
1.2.5 Peso unitario suelto y compactado	24
1.2.6 Contenido de humedad	25
1.3 Agregado global	26
1.3.1 Generalidades	26
1.3.2 Peso unitario compactado	26
1.3.3 Resistencia a la compresión	27
1.4 Cemento Portland	29
1.4.1 Generalidades	29
1.4.2 Características químicas	29
1.4.3 Características físicas	30
1.4.4 Cemento utilizado	31
1.5 Agua	32
1.5.1 Generalidades	32
1.5.2 Requisitos	32
1.5.3 Muestreo para su utilización	33
1.5.4 Tipos de agua	33

1.5.5	Agua utilizada	34
1.6	Almohadillas de compresión	35
1.6.1	Generalidades	35
1.6.2	Base metálica	35
1.6.3	Almohadilla de caucho	35
1.7	Resumen de capitulo	36
1.7.1	Arena y piedra	36
1.7.2	Agregado global	36
1.7.3	Cemento Pórtland	36
1.7.4	Agua empleada	36
1.7.5	Almohadillas de compresión	36
<b>Capitulo II:</b>	<b>Diseño de mezclas</b>	<b>37</b>
2.1	Generalidades	38
2.2	Propiedades de los materiales	38
2.3	Diseño preliminar	39
2.4	Diseño de mezclas para cada relación	39
2.5	Resumen: Dosificación de mezclas para cada relación	40
<b>Capitulo III:</b>	<b>Propiedades del concreto al estado fresco</b>	<b>41</b>
3.1	Generalidades	42
3.2	Flujo	42
3.3	Contenido de aire	43
3.4	Exudación	43
3.5	Peso unitario	45
3.6	Tiempo de fraguado	45
3.7	Consistencia	47
<b>Capitulo IV:</b>	<b>Propiedades del concreto al estado endurecido</b>	<b>48</b>
4.1	Generalidades	49
4.2	Resistencia a la compresión	49
4.3	Resistencia a la tracción por compresión diametral	51
4.4	Módulo elástico estático	52

<b>Capitulo V: Cuadros de resultados y gráficos</b>	<b>53</b>
<b>Capitulo VI: Análisis comparativo de los resultados</b>	<b>85</b>
6.1 Análisis comparativo al estado fresco	86
6.1.1 Generalidades	86
6.1.2 Dosificación del concreto	87
6.1.3 Resultados de ensayos de concreto fresco	87
6.2 Análisis comparativo al estado endurecido	88
6.2.1 Generalidades	88
6.2.2 Cálculo de factibilidad según norma ASTM C 1231	88
6.2.3 Análisis comparativo de los sistemas	92
6.2.3.1 Análisis comparativo con muestra al 100%	92
6.2.3.2 Análisis comparativo con muestra al 95.2%	98
6.3 Análisis comparativo de costos	104
6.3.1 Costo de las almohadillas de compresión	104
6.3.2 Costo del capping de azufre con bentonita	104
6.3.3 Comparación de costos de los 2 sistemas	105
• <b>Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>106</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>110</b>
<b>Anexos</b>	<b>113</b>

## INTRODUCCIÓN

El ensayo de resistencia de la compresión de las probetas de concreto requiere que la cara superior e inferior sean lisas y paralelas sin protuberancias ni huecos, para lo cual se han venido recubriendo con una capa de mezcla de azufre y bentonita, llamada comúnmente en nuestro medio como caping.

La utilización de este método ha traído como consecuencia un impacto ambiental por la cantidad de azufre quemado en este proceso, actualmente se vienen estudiando métodos para reemplazar la mezcla de azufre y bentonita para así contribuir de esta forma a reducir el impacto ambiental.

La siguiente tesis investiga el uso de almohadillas de caucho reforzado, para el ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto, a fin de reemplazar la mezcla de azufre y bentonita y de este modo conseguir un mejor método para el recubrimiento de las probetas.

La misma se desarrolla sobre el estudio de almohadillas de compresión de caucho de dureza 80 Shore A de fabricación nacional. Estas almohadillas se utilizan a modo de recubrimiento superior e inferior de la probeta de concreto, lo comúnmente llamado caping, la intención de éstas es distribuir las fuerzas homogéneamente sobre la probeta disminuyendo así las zonas de esfuerzos críticos.

Para desarrollar estos ensayos se necesita de un concreto lo más homogéneo posible para disminuir las desviaciones que éste pueda aportar al ensayo, por tal motivo la primera parte consta de la elaboración del concreto con estricto control de sus procesos y procedimientos, los pesos de los agregados fueron realizados con una precisión de 1g y se utilizó baldes plásticos en lugar de bolsas para evitar la modificación de los pesos.

El primer paso fue estudiar los agregados para poder diseñar el concreto. El método utilizado para el diseño del concreto fue el método del agregado global, realizado no por peso sino por resistencia a la compresión a los 7 días y optando al final no por el de mayor resistencia sino por el de menor desviación estándar.

Se realizaron pruebas de concreto fresco tales como, flujo, contenido de aire, exudación, peso unitario, tiempo de fraguado y consistencia.

Se tomaron los resultados al estado endurecido para luego ser comparados respecto a cada sistema obteniéndose una menor desviación estándar y una mayor resistencia en el ensayo de compresión con el sistema de almohadillas que con el sistema de capping convencional.

Al final de esta tesis se presentan los resultados obtenidos de resistencia a la compresión con los análisis de las desviaciones estándar de la muestra y el cumplimiento de la norma ASTM C 1231, la cual trata de los requisitos de uso de estos materiales para el ensayo de compresión de las probeta de concreto, también se presenta el análisis de costos y comparación con el sistema de recubrimiento convencional de azufre con bentonita.

# **CAPITULO I**

## **ESTUDIO DE LOS MATERIALES**

## 1.1 AGREGADO FINO

### 1.1.1 DEFINICIÓN

Es el proveniente de la desintegración natural (arena) o artificial, que pasa el tamiz de 3/8 plg. (9.5 mm.) y que cumple los límites establecidos en la norma NTP 400.037.

### 1.1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Se puede utilizar la arena natural. La arena debe ser de partícula dura, densa y durable, de roca no recubierta y de contenido de humedad uniforme y estable. Debe estar de acuerdo a la norma ASTM C33 actual.

El agregado fino será de arena natural. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes

El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, álcalis, pizarras, materia orgánica, sales u otras sustancias perjudiciales.

Debe cumplir sus normas de Granulometría NTP 400.012.

Se recomienda que las sustancias dañinas, no excedan los porcentajes máximos siguientes: partículas deleznable 3%, material más fino que la malla # 200 5%



### 1.1.3 GRANULOMETRIA Y MODULO DE FINURA DEL AGREGADO

#### FINO (NTP 400.012)

Con este ensayo se busca averiguar la distribución del agregado fino, con relación a los diferentes diámetros de sus partículas. Los tamices estándar usados para determinar la gradación de los agregados finos son las N° 4, 8, 16, 30, 50 y 100. El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera. La granulometría más conveniente para el agregado fino depende del tipo de trabajo, riqueza de la mezcla y tamaño máximo del agregado grueso.

Las cantidades de agregado fino que pasan los tamices N° 50 y N° 100 afectan la trabajabilidad, la facilidad para lograr buenos acabados, la textura superficial y la exudación del concreto. Se permite que pase el tamiz N° 50 del 10% al 30% cuando el vaciado es fácil o cuando los acabados se hacen mecánicamente, como en los pavimentos. Pero si se desea un acabado con textura superficial tersa en pisos con acabados a mano; se usará un agregado fino tal que pase cuando menos el 15% por el tamiz N 50 y 30% o más por el tamiz N° 100.

El Reglamento Nacional de Construcción especifica la granulometría de la arena en concordancia con las Normas ASTM.

- **Datos y análisis de resultados de laboratorio**

El agregado fino que se utilizó en esta tesis es la obtenida de la Cantera de Jicamarca ubicada en el Departamento de Lima, Provincia de Lima, Distrito de San Juan de Luirigancho. Los datos que se obtuvieron del ensayo se muestran en el cuadro 1.1.1 y en el gráfico 1.1.1 (ver Pág. 59). Los husos de las curvas granulométricas utilizados del agregado fino según la Norma ASTM C-33

El módulo de finura de la arena de Jicamarca es de 2.98. Se sabe que las arenas recomendables son las que se encuentran en los siguientes rangos de módulo de finura:

Según ASTM:  $2.3 < MF < 3.1$

**Modulo de finura es 2.98**

#### 1.1.4 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (NTP 400.022)

##### PESO ESPECÍFICO

El peso específico de un agregado es la relación de su peso con el peso de un volumen igual de agua. Se usa en los cálculos para el control y diseño de mezclas. El peso específico es también un indicador de la calidad del agregado que se usa en la preparación de concretos. Si el peso específico es bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles y en caso de ser de peso específico alto corresponde a agregados de buena calidad, es por eso que es necesario el estudio de esta propiedad.

##### **Peso específico de masa:**

Es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen total.

##### **Peso específico de masa saturada superficialmente seca:**

Es la relación entre el peso del agregado saturado superficialmente seco y el volumen del mismo.

##### **Peso específico aparente:**

Es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen impermeable de masa del mismo.

## ABSORCIÓN

La absorción de los agregados debe determinarse, de manera que la proporción de agua en el concreto pueda controlarse y así determinar los pesos correctos de las mezclas. La estructura interna de las partículas de un agregado está formada por materia sólida y por poros que pueden contener agua o no. La absorción es la propiedad interna, teniendo como consecuencia un aumento en su peso. Es importante tener en cuenta esta característica en el diseño de mezclas de concreto ya que ésta puede quitar o agregar agua a las mezclas.

La absorción de un agregado está representada por el porcentaje de agua que le es necesaria para llegar a la condición de saturada superficialmente seca.

- **Datos y análisis de resultados de laboratorio**

El Peso específico del agregado fino de Jicamarca es de 2.63 gr/cm<sup>3</sup> y el porcentaje de absorción es de 0.94%. Para poder realizar un buen diseño de mezclas es necesario conocer el porcentaje de absorción para la corrección de agua y el peso específico para realizar cálculos de volúmenes y pesos.

Los datos que se obtuvieron del ensayo se muestran en el cuadro 1.1.2 (ver Pág. 62).

**Peso específico de masa 2.63 gr/cm<sup>3</sup>**

**Porcentaje de absorción 0.94%**

### 1.1.5 PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO

#### FINO (NTP 400.017)

#### PESO UNITARIO SUELTO:

En este ensayo se busca determinar la cantidad de peso del agregado que llenarla un recipiente de volumen unitario. Se usa el término 'peso volumétrico unitario' porque se trata del volumen ocupado por el agregado y los huecos. Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen. Al realizar este ensayo se deja caer suavemente el agregado fino hasta llenarlo.

- **Datos y análisis de resultados de laboratorio**

El Peso Unitario Suelto de la arena Jicamarca es de 1760 kg/m<sup>3</sup> Los cálculos y datos de laboratorio se encuentran en el cuadro 1.1.3 (ver Pág. 63).

**Peso unitario suelto 1760 kg/m<sup>3</sup>**

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

El objetivo del ensayo es hallar el peso del agregado fino en un volumen unitario compactado. Los agregados presentan en forma distinta la proporción entre el peso unitario compactado con el peso unitario suelto. Este ensayo puede determinar el grado de compactación que presentarían los materiales en su estado natural.

- **Datos y análisis de resultados de laboratorio**

El Peso Unitario Compactado de la arena Jicamarca es de 1970 kg/m<sup>3</sup>. Los cálculos y datos de laboratorio se encuentran en el cuadro 1.1.4 (ver Pág. 63).

**Peso unitario compactado 1970 kg/m<sup>3</sup>**

### 1.1.6 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

#### (ASTM 566-97)

Se entiende por contenido de humedad a la cantidad de agua que contiene el agregado en su estado natural, debido a esto es que el agua que permanece en el agregado en su estado natural debe intervenir también en el diseño de mezclas, por lo tanto se debe de realizar una corrección al hacer el diseño de mezclas.

- **Datos y análisis de resultados de laboratorio**

El contenido de humedad de la arena Jicamarca es de 0.67%. Los cálculos y datos de laboratorio se encuentran en el cuadro 1.1.5 (ver Pág. 64).

Se debe realizar una corrección en el diseño de mezclas dando el 0.67% de contenido de humedad en la arena.

**Contenido de humedad es de 0.67%**

### 1.1.8 SUPERFICIE ESPECÍFICA

Es el valor de cuánto es el área superficial del agregado fino, sirve como parámetro indicativo de la finura del agregado. Se deduce también que a mayor superficie específica menor será el módulo de finura y por lo tanto tendrá mayor porcentaje de absorción.

- **Datos y análisis de resultados de laboratorio**

Estos resultados son producto del cálculo realizado con los datos obtenidos del ensayo de la granulometría y son los que se muestran en el cuadro 1.1.7 (ver Pág. 65).

**Superficie específica 47.8 cm<sup>2</sup>/gr.**

### 1.1.9 DETERMINACION CUALITATIVA DE IMPUREZAS ORGANICAS

#### (ASTM C40-79)

Los agregados naturales pueden ser suficientemente fuertes y resistentes al desgaste y aún no resultar adecuados para la elaboración de concreto si contienen impurezas orgánicas que interfieran el proceso de hidratación. La materia orgánica está hecha de productos en descomposición de material vegetal, en forma de humus o marga orgánica (productos que interfieren el proceso de hidratación) y suelen estar presentes en la arena más que en la piedra siendo removible fácilmente con un lavado.

El objetivo del presente ensayo es determinar de manera cualitativa la cantidad de material orgánico nocivo que tiene el agregado fino que se va a utilizar en la mezcla.

- **Resultados de laboratorio**

El resultado obtenido con la arena de Jicamarca es que el color es más claro que el patrón. Por lo tanto el contenido de impurezas orgánicas está por debajo del límite permisible y el agregado se puede utilizar en la fabricación del concreto.



## 1.2 AGREGADO GRUESO

### 1.2.1 DEFINICIÓN

Es el retenido en el tamiz 4.75mm (No4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca, que cumple con los límites establecidos para su empleo.

### 1.2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES

El agregado debe ser piedra triturada, gravas naturales limpias, libres de polvo superficial y debe cumplir con los requisitos especificados en la norma ASTM C 33.

El agregado grueso debe ser bien graduado usándose el mayor tamaño que pueda transportarse y colocarse económicamente en las cimbras, sin segregación excesiva, tomando en consideración la disponibilidad de los agregados por tamaño, tipo de construcción de que se trate y las limitaciones usuales establecidas por el ancho de la sección y espaciamiento del refuerzo.

### 1.2.3 GRANULOMETRÍA Y MODULO DE FINURA DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.012)

Con este ensayo determinaremos los diferentes diámetros de las partículas que componen el agregado grueso, así como los porcentajes que ocupan en la muestra representativa del agregado. Los tamices estándar usados para determinar la gradación del agregado grueso son: 4", 3 1/2", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8". La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

Cuanto mayor sea el módulo de finura, más grueso es el agregado y se calcula como la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices; 1 ½", ¾", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, todo esto dividido entre 100.

En algunos casos es necesario realizar correcciones en nuestros agregados según la tendencia que posea la curva de los agregados, esto es determinado por los husos que nos proporciona las Normas ASTM C-33.

- **Datos y análisis de resultados de laboratorio**

El agregado grueso que se utilizó en esta tesis es el obtenido de la cantera de Jicamarca ubicada en el Departamento de Lima, Provincia de Lima, Distrito de San Juan de Luirigancho. Los datos que se obtuvieron del ensayo se muestran en el cuadro 1.2.1 y en el gráfico 1.2.1 (ver Pág. 60). Los husos de las curvas granulométricas utilizados del agregado grueso según Huso tamaño nominal 1" a No 4 norma ITINTEC 400.037.

El módulo de finura obtenido en el agregado grueso utilizado de la cantera Jicamarca es de 6.95. Se observa que la gráfica de granulometría del agregado grueso se encuentra casi totalmente dentro de los husos, teniendo un pequeño exceso en la malla de ¼". Mejor análisis se realizará con los husos para agregado global DIN 1045. Puesto que la norma NTP 400.037 indica "Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida."

### **Modulo de finura es 6.95**

### **TAMAÑO MÁXIMO (NTP 400.011)**

El tamaño máximo es la menor abertura de la malla por la que pasa todo el agregado.

En general no debe exceder de:

Un quinto de la dimensión de los miembros sin refuerzo.

Tres cuartos del espacio libre entre las varillas del refuerzo y los moldes.

Un tercio del espesor de las losas sin refuerzo situadas sobre el terreno.

En el caso del agregado grueso de la cantera Jicamarca tiene un

**Tamaño máximo de 1 1/2".**

### **TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO (NTP 400.011)**

Es la abertura de la malla que produce el primer retenido de agregado. En este caso el tamaño nominal máximo del agregado grueso de la cantera Jicamarca es 1"

**Tamaño nominal máximo es de 1".**

## **1.2.4 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.021)**

### **PESO ESPECÍFICO**

El peso específico es la relación a una temperatura estable, entre la masa de un volumen unitario del material a la masa del mismo volumen de agua destilada libre de gas. Los principios de este ensayo son los mismos que los del agregado fino.

### **PESO ESPECÍFICO APARENTE**

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es el de la porción impermeable.

### **PESO ESPECÍFICO DE MASA**

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de 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.

## **PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO**

Lo mismo que peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables.

## **ABSORCIÓN**

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en agua, se expresa como porcentaje del peso.

- **Datos y análisis de resultados de laboratorio**

El peso específico del agregado grueso de Jicamarca es de 2.67 gr/cm<sup>3</sup> y el porcentaje de absorción es de 0.86%. Los datos que se obtuvieron del ensayo se muestran en el cuadro 1.2.2 (ver Pág. 62).

**Peso específico 2.67 gr/cm<sup>3</sup>**

**Porcentaje de absorción 1.36%**

## 1.2.5 PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.017)

### PESO UNITARIO SUELTO

- **Datos y análisis de resultados de laboratorio**

El Peso Unitario Suelto del agregado grueso Jicamarca es de 13340 kg/m<sup>3</sup> Los cálculos y datos de laboratorio se encuentran en el cuadro 1.2.3 (ver Pág. 63).

**El peso unitario suelto 1330 kg/m<sup>3</sup>**

### PESO UNITARIO COMPACTADO

- **Datos y análisis de resultados de laboratorio**

El Peso Unitario Compactado del agregado grueso Jicamarca es de 1520 kg/m<sup>3</sup> Los cálculos y datos de laboratorio se encuentran en el cuadro 1.2.4 (ver Pág. 63).

**El peso unitario compactado 1520 kg/m<sup>3</sup>**

### 1.2.6 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO (ASTM 566-97)

Este ensayo se realiza para hallar el porcentaje de humedad que contiene el agregado en su estado natural. Este dato nos sirve para poder hacer correcciones en la cantidad de agua cuando realizamos nuestro diseño de mezclas.

- **Datos y análisis de resultados de laboratorio**

El contenido de humedad de la arena Jicamarca es de 0.57%. Los cálculos y datos de laboratorio se encuentran en el cuadro 1.2.5 (ver Pág. 64).

Se debe realizar una corrección en el diseño de mezclas dando el 0.57% de contenido de humedad de la piedra.

**El contenido de humedad del agregado grueso es de 0.57%.**

En todos los casos el contenido de humedad mayor es el del agregado fino debido a que la arena por lo mismo que es más fina puede absorber mayor humedad del ambiente y por el contrario la piedra que es compacta no puede tener esta característica notoria.

### 1.3 AGREGADO GLOBAL

#### 1.3.1 GENERALIDADES

Los agregados ocupan aproximadamente las 2/3 partes del volumen total del concreto, por lo tanto es fundamental que cumplan con determinadas características para su uso en concreto.

Los agregados fino y grueso, por separado, no necesariamente cumplirán con los husos granulométricos propuestos por las normas ASTM (ITINTEC 400.012). Por ésta razón existen recomendaciones mediante los husos DIN 1045 para agregado global (ver cuadro 1.3.4)

Cuadro 1.3.4

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	A	B	C
1 1/2"	100	100	100
3/4"	62	80	89
3/8"	38	62	77
No 4	23	47	65
No 8	14	37	53
No 16	8	28	42
No 50	2	8	15

#### 1.3.2 PESO UNITARIO COMPACTADO (NTP 400.017)

Para lograr una mezcla de concreto óptimo, se ha empleado la relación de agregados adecuada en la mezcla, lo que implica hallar la relación que proporcione la combinación de agregados con máximo peso compactado, para determinar la máxima compacidad o el mejor acomodo



de los agregados en el concreto se determinó el máximo Peso Unitario Compactado del agregado Global. Para esto se realizaron ensayos para los siguientes porcentajes de A/P:

54/46 52/48 50/50 48/52 46/54

En el cuadro 1.3.2 incluido en el capítulo V se muestran los resultados de los ensayos del peso unitario compactado del agregado global.

Como puede observarse en el grafico 1.3.2 (ver Pág. 66) existe una gran dispersión de los resultados lo cual dificulta el análisis sobre cuál es el óptimo por lo cual fabrique probetas para resistencia a la compresión con la relación A/P siguiente:

60/40 55/45 50/50 45/50 40/60

### **1.3.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL AGREGADO GLOBAL (NTP 339.034)**

Como se observa en el grafico 1.3.3 (ver Pág. 67) se logro una menor dispersión de datos y por tanto un mejor análisis en la selección de la relación A/P a utilizarse

Tomando en cuenta el cuadro 1.3.3 (ver Pág. 67) donde se muestran las desviaciones estándar de los resultados y comparándolo con el grafico 1.3.3 (ver Pág. 67) quedan 2 opciones a elegir, 0.6 arena con 0.4 piedra da la mayor resistencia, 0.55 arena y 0.45 piedra da la menor desviación estándar con una buena resistencia que difiere de la mayor en 50 kg/cm<sup>2</sup> lo cual es un 15% en resistencia, puesto que mi tesis no esta enfocada a la resistencia opto por la que tiene menor desviación estándar, lo cual es de suma importancia para disminuir el error en los resultados finales, siendo la

siguiente tesis no de máxima resistencia sino más bien de mínima desviación en los resultados.

### **Granulometría agregado global 55% arena / 45% piedra**

El gráfico 1.3.1 (ver Pág. 61) muestra la curva granulométrica del agregado global según el huso DIN 1045 para la relación de 55% arena y 45% piedra la cual entra casi completamente en los husos con una tendencia al medio bastante buena.

Del análisis anterior concluyo con la elección del agregado global en porcentaje es de 55% arena y de 45% piedra.

## 1.4 CEMENTO PORTLAND

### 1.4.1 GENERALIDADES

El cemento Pórtland resulta de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcilla dosificadas adecuadamente. Esta calcinación se lleva a cabo en un horno rotatorio a una temperatura de aproximadamente 1500°C, con lo que se forman partículas nodulizadas duras, llamadas clinker. Enseguida se muele el Clinker junto con un retardador (éste generalmente es un porcentaje de yeso) hasta convertirlo en un polvo finísimo que se conoce con el nombre de Cemento Pórtland.

### 1.4.2 CARACTERISTICAS QUIMICAS

Compuestos Principales

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

#### 1. Silicato Tricálcico

Su fórmula química es  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , su abreviatura es C3S y su nombre corriente es "Alita". Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación.

#### 2. Silicato Dicálcico

Su fórmula química es  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , su abreviatura es C2S y es comúnmente conocido como "Belita". Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación.

### 3. Aluminato Tricálcico

Cuya fórmula química es  $3\text{Ca}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$  y su abreviatura C3A. Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3% -6%) para controlarlo. Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce Sulfoaluminatos con propiedades expansivas.

### 4. Aluminio—Ferrito Tetracálcico

Cuya fórmula es la siguiente  $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ , su abreviatura es C4AF y su denominación "Celita". Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

## 1.4.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

### 1 Finura

La finura del cemento afecta la rapidez de hidratación. Al aumentar la finura del cemento aumenta la rapidez a la que se hidrata el cemento, acelerando la adquisición de resistencia.

### 2 Tiempo de fraguado

Es el tiempo en que la pasta de cemento (mortero o concreto si fuera el caso), permanece en estado plástico para permitir una colocación sin difíciles operaciones de terminado. El periodo en que la mezcla permanece plástica generalmente depende más de la temperatura y del contenido de agua en la pasta que del tiempo de fraguado del cemento.

### 3 Peso específico

El peso específico de un cemento no indica la calidad del mismo; su uso principal es para el diseño de mezclas de concreto. Su valor generalmente es de 3.14 para cemento Andino.

## **4 Calor de Hidratación**

Es el calor generado cuando reaccionan el cemento y el agua. La cantidad de calor generado depende principalmente de la composición química del cemento. En algunas estructuras, como aquellas de gran masa, la rapidez y la cantidad de calor generado son importantes. Si no se disipa este calor rápidamente, puede ocurrir una importante elevación de la temperatura del concreto.

### **1.4.4 CEMENTO UTILIZADO**

Para el estudio el cemento utilizado fue el Cemento Portland Tipo I de la marca "Cemento Andino" por ser muy comercial en la ciudad de Lima con gran demanda y utilización a nivel regional.

## 1.5 AGUA

### 1.5.1 GENERALIDADES

En esta sección se tratará sobre los usos del agua en las diferentes etapas de la elaboración de mezclas de concreto. Además se verán los requisitos que deben cumplir para poder utilizarla.

Dentro de los procesos de mezclado y curado, el agua es de suma importancia para obtener las mejores propiedades en el concreto. De aquí la necesidad de verificar las propiedades del agua, ya que las impurezas que contenga ésta pueden afectar el fraguado del cemento, afectar negativamente la resistencia del concreto y ocasionalmente el manchado de su superficie, así elevar la corrosión del acero de refuerzo.

### 1.5.2 REQUISITOS

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 334.088 y ser, de preferencia potable.

Está prohibido el empleo de aguas ácidas, calcáreas, minerales, carbonatadas, aguas provenientes de minas o relaves, aguas que contengan residuos minerales o industriales, aguas con un contenido de sulfatos mayor del 1%; aguas que contengan algas, materia orgánica, humus o descargas de desagües, aguas que contengan azúcares o sus derivados.

Igualmente está prohibido el empleo de aquellas aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, en todos aquellos casos en que la reacción álcali-agregado es posible.

Podrá utilizarse aguas naturales no potables, si es que:

Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elementos embebidos.

Al seleccionar el agua deberá recordarse que aquellas con alta concentración de sales deberán ser evitadas. Ello debido a que no sólo puede afectar el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y su estabilidad de volumen, sino que, adicionalmente, pueden originar eflorescencias o corrosión del acero de refuerzo.

### 1.5.3 MUESTREO PARA SU UTILIZACION

Para poder utilizar el agua para fabricar concreto se debe cumplir con los siguientes máximos permisibles de sustancias químicas, se debe realizar un muestreo del agua y confirmar que se cumplan con estas características.

Sustancia Química	Máximo Permissible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de Magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	1500 ppm
PH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

### 1.5.4 TIPOS DE AGUA

Para la elaboración del concreto se puede utilizar aguas de diversos orígenes siempre y cuando cumplan los requisitos de utilización ya mencionados o se modifiquen los que no cumplan, a continuación mencionaré los tipos de agua.

- Agua de río
- Agua de mar
- Agua de la red publica

- Agua de lagos

Recordar que es de suma importancia que se cumpla con los requisitos de uso para lograr un concreto adecuado.

#### **1.5.4 AGUA UTILIZADA**

Para la elaboración y curado de las distintas mezclas de concreto a estudiar en el laboratorio se utilizó agua proveniente de la red pública de agua potable de la ciudad de Lima, la cual no presentó olor ni sabor perceptible que pueda indicar la presencia de sustancias perjudiciales para el concreto.



## 1.6 ALMOHADILLAS DE COMPRESIÓN (ASTM C1231-93)

### 1.6.1 GENERALIDADES

Las almohadillas de compresión constan de dos partes, una es la base hecha de hierro dulce y la otra es la almohadilla en si que en este estudio se utilizó de caucho de fabricación nacional, las características de cada una están basadas en la norma ASTM C 1231 – 93 las cuales describiré en los párrafos siguientes.

### 1.6.2 BASE METÁLICA

Esta base, es de vital importancia, que sea muy rígida para confinar la almohadilla de caucho que restringe su deformación y con las caras lisas y planas para su óptimo ajuste y mejor distribución de esfuerzos. Consta de 2 partes soldadas cuidadosamente una es la base y la otra el anillo superior. Debe contar con las siguientes características:

Diámetro de la base 220mm

Espesor de la base = 10mm, 0.9 veces el espesor de la almohadilla

Diámetro interno del anillo = 160 mm.

Espesor del anillo = 11mm

Alto del anillo = 26mm, 2 veces el espesor de la almohadilla

### 1.6.3 ALMOHADILLA DE CAUCHO

Para este ensayo se utilizaron almohadillas de caucho natural reforzado con polibutadileno en proporción caucho 80% / polibutadileno 20% fabricadas a medida por la fabrica ELASTOMEROS S.A. con un espesor de 13 mm. y un diámetro de 160 mm. con una dureza de 80 Shore A, resilente con una gravedad específica de 1.27gr/cc. Para mayor detalle revisar anexos de información externa.

## 1.7 RESUMEN DEL CAPÍTULO

### 1.7.1 Arena y Piedra

Descripción		Arena	Piedra
Módulo de finura		2.98	6.95
Peso específico	gr/cm <sup>3</sup>	2.64	2.67
Porcentaje de absorción	%	0.94%	1.36%
Peso Unitario Suelto	kg/m <sup>3</sup>	1760	1330
Peso Unitario Compactado	kg/m <sup>3</sup>	1970	1520
Contenido de Humedad	%	0.67%	0.57%
Material que pasa la malla 200	%	4.9%	--
Superficie específica	cm <sup>2</sup> /gr	47.8	--

### 1.7.2 Agregado Global

Del análisis anterior concluyo con la elección del agregado global en porcentaje de 55% arena 45% piedra.

### 1.7.3 Cemento Pórtland Tipo I

El cemento utilizado en esta tesis es Cemento Andino.

### 1.7.4 Agua empleada

Para la elaboración y curado de las distintas mezclas de concreto a estudiar en el laboratorio se utilizó agua potable proveniente de la red pública de agua potable de la ciudad de Lima, la cual no presentó olor ni sabor perceptible que pueda indicar la presencia de sustancias perjudiciales para el concreto.

### 1.7.5 Almohadillas de compresión

Cuentan con una base metálica ya definida y un apoyo de caucho de dureza 80 Shore A de 13 mm. de espesor y 160 mm. de diámetro.

## **CAPITULO II**

### **DISEÑO DE MEZCLAS**

## 2.0 DISEÑO DE MEZCLAS

### 2.1 GENERALIDADES

Para el objetivo de la presente tesis se diseñará un concreto lo más estándar y común posible siguiendo los métodos convencionales de diseño por el método del agregado global con los resultados obtenidos en el capítulo anterior, la selección de los materiales fue en base a los más cercanos de la zona como son los de la cantera "Jicamarca". Se espera conseguir un concreto de uso común de mediana a alta resistencia para las relaciones agua cemento de 0.4 0.45 0.50 y 0.55. El objetivo de esta tesis no es el concreto en si, sino mas bien la factibilidad de uso de las almohadillas de compresión de caucho de fabricación nacional.

### 2.2 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

#### Cemento

Pórtland tipo I marca	= Andino
Peso Especifico	= 3.14 gr/cm <sup>3</sup>

#### Agregado Fino

Peso específico	= 2.64 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad	= 0.67 %
Porcentaje de absorción	= 0.94 %

#### Agregado Grueso

Peso específico	= 2.67 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad	= 0.57 %
Porcentaje de absorción	= 1.36 %
Tamaño nominal máximo	= 1"

Nota: los datos de contenido de humedad varían para cada relación a/c puesto que debido a inconvenientes los ensayos se realizaron en fechas muy distantes y los contenidos de humedad variaron. Los que menciono en este capítulo son los iniciales y sólo son una base.

## 2.3 DISEÑO PRELIMINAR

Se realizaron los diseños preliminares para cada relación a/c según el método del agregado global, luego se realizaron varias pruebas variando la cantidad de agua, para encontrar el contenido de agua y el factor cemento definitivo para cada relación. (ver Pág. 69 a 72).

## 2.4 DISEÑO DE MEZCLAS PARA CADA RELACIÓN

### Diseño de mezcla para relación agua/cemento 0.40

Luego de muchas pruebas con diferentes cantidades de agua obtuve el grafico 2.3.1 del cual se obtiene una cantidad de 235 l/m<sup>3</sup> de agua, para un asentamiento de 4". El diseño y la dosificación para esta relación se encuentran en el cuadro 2.3.1 (ver Pág. 73).

### Diseño de mezcla para relación agua/cemento 0.45

Luego de muchas pruebas con diferentes cantidades de agua obtuve el grafico 2.3.2 del cual se obtiene una cantidad de 225 l/m<sup>3</sup> de agua, para un asentamiento de 3.5". El diseño y la dosificación para esta relación se encuentran en el cuadro 2.3.2 (ver Pág. 74).

### Diseño de mezcla para relación agua/cemento 0.50

Luego de muchas pruebas con diferentes cantidades de agua obtuve el grafico 2.3.3 del cual se obtiene una cantidad de 225 l/m<sup>3</sup> de agua, para un asentamiento de 4". El diseño y la dosificación para esta relación se encuentran en el cuadro 2.3.3 (ver Pág. 75).

### Diseño de mezcla para relación agua/cemento 0.55

Luego de muchas pruebas con diferentes cantidades de agua obtuve el grafico 2.3.4 del cual se obtiene una cantidad de 210 l/m<sup>3</sup> de agua, para un asentamiento de 4". El diseño y la dosificación para esta relación se encuentran en el cuadro 2.3.4 (ver Pág. 76).

## 2.5 RESUMEN: DOSIFICACION DE MEZCLAS PARA CADA RELACIÓN

Cuadro 2.4.1

Relación a/c	0.40	0.45	0.50	0.55
W arena (%)	0.50	0.50	0.70	0.70
W piedra (%)	0.55	0.55	0.45	0.45
Abs. Arena (%)	0.94	0.94	0.94	0.94
Abs. Piedra (%)	1.36	1.36	1.36	1.36
Agua (l/m <sup>3</sup> )	235.0	225.0	225.0	210.0
Factor cemento	587.5	500.0	450.0	381.8
Asentamiento	4"	3.5"	4"	3.5"
<b>Dosificación</b>				
Cemento (kg)	16.13	13.71	12.38	10.43
Agua (kg)	6.72	6.45	6.45	6.01
Arena (kg)	22.47	23.94	24.71	26.01
Piedra (kg)	18.68	19.90	20.47	21.55
Suma (kg)	64.00	64.00	64.00	64.00

- El presente cuadro muestra las dosificaciones utilizadas para todo el estudio de la tesis.

## **CAPITULO III**

# **PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO FRESCO**

### 3.0 PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO FRESCO

#### 3.1 GENERALIDADES

En este capítulo trataré de las propiedades del concreto fresco por caracterizar el concreto empleado puesto este estudio no se basa en el concreto en sí, sino más bien en las almohadillas de compresión, pero para saber y tener registro de que clase de concreto se utilizó es que se desarrollaron estas pruebas.

#### 3.2 FLUJO (NTP 339.085)

El ensayo de flujo se usa para determinar la consistencia de la mezcla. Es usado en laboratorio solamente como ensayo comparativo y no es válido para mezclas muy secas.

- **Datos y análisis de resultados de laboratorio**

Los datos que se obtuvieron del ensayo se muestran en los cuadros 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 3.1.4 (ver Pág. 78). los valores para el flujo de cada relación son los siguientes:

1. **a/c 0.40 flujo = 97.94%**
2. **a/c 0.45 flujo = 95.98%**
3. **a/c 0.50 flujo = 102.54%**
4. **a/c 0.55 flujo = 94.23%**



### 3.3 CONTENIDO DE AIRE (ASTM C231-62)

La mezcla de concreto fresco contiene aire atrapado en forma de burbujas de aire, que se introducen durante el mezclado. La presencia de las burbujas de aire aumenta la plasticidad y la cohesividad de las mezclas.

- **Datos y análisis de resultados de laboratorio**

Los datos que se obtuvieron del ensayo se muestran en el cuadro 3.2.1, (ver Pág. 79). Los valores para el contenido de aire de cada relación son los siguientes:

1. **a/c 0.40 contenido de aire = 1.8%**
2. **a/c 0.45 contenido de aire = 2.0%**
3. **a/c 0.50 contenido de aire = 1.8%**
4. **a/c 0.55 contenido de aire = 1.9%**

### 3.4 EXUDACION (ASTM 232-92)

Es una propiedad del concreto al estado fresco. La exudación se presenta momentos después de haberse terminado de colocar el concreto notándose la presencia de agua en la superficie del mismo, la que continúa durante una o dos horas.

El proceso de exudación se debe a la sedimentación de las partículas sólidas más pesadas que el agua, que se encuentra en suspensión en la masa plástica que conforma el concreto fresco. La exudación no se puede evitar ya que su origen se encuentra en la misma naturaleza del concreto.

**El proceso de exudación está caracterizada por:**

- La velocidad de exudación que es la velocidad inicial con la que el agua se acumuló sobre la superficie del concreto o la velocidad inicial de asentamiento del concreto.
- La capacidad de exudación es medida por el volumen total de agua que aparece en la superficie o por el asentamiento total de la superficie.

**La exudación está influenciada por los siguientes factores:**

- Proporciones de la mezcla.
- Contenido de agua del concreto.
- Temperatura y humedad relativa.
- Altura del encofrado.
- Contenido y finura del cemento.
- Características del agregado.
- La presencia de aditivos.

**• Datos y análisis de resultados de laboratorio**

Los datos que se obtuvieron del ensayo se muestran en el cuadro 3.3.1, (ver Pág. 79). los valores para la exudación de cada relación son los siguientes:

- 1. a/c 0.40 exudación = 1.0 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>**
- 2. a/c 0.45 exudación = 1.6 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>**
- 3. a/c 0.50 exudación = 3.7 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>**
- 4. a/c 0.55 exudación = 4.0 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>**

### 3.5 PESO UNITARIO (ASTM C138-92)

Se define como peso unitario al peso varillado de una muestra representativa del concreto. Se emplea para determinar el rendimiento de las mezclas, el contenido de cemento y el contenido de aire.

El peso unitario de los concretos comunes varia entre los 2300 y 2,500 Kg. / m<sup>3</sup> dependiendo de las características y tamaño máximo del agregado grueso.

- **Datos y análisis de resultados de laboratorio**

Los datos que se obtuvieron del ensayo se muestran en el cuadro 3.4.1, (ver Pág. 79). los valores para la exudación de cada relación son los siguientes:

1. **a/c 0.40 peso unitario = 2360 kg/m<sup>3</sup>**
2. **a/c 0.45 peso unitario = 2350 kg/m<sup>3</sup>**
3. **a/c 0.50 peso unitario = 2350 kg/m<sup>3</sup>**
4. **a/c 0.55 peso unitario = 2360 kg/m<sup>3</sup>**

### 3.6 TIEMPO DE FRAGUADO (NTP 339.082)

Es el tiempo que tarda la pasta de cemento en alcanzar una dureza establecida previamente. Arbitrariamente se ha dividido al fraguado de la pasta en dos períodos: El Fraguado inicial y el Fraguado final.

El primero se caracteriza por un aumento en la viscosidad y en la temperatura de la mezcla.

El segundo se caracteriza por el endurecimiento de la mezcla como lógica consecuencia del aumento de su resistencia.

Los factores que influyen en el tiempo de fraguado del concreto son los siguientes:

- Variaciones en la dosificación del concreto.
- Temperatura de la mezcla
- Temperatura ambiente
- Contenido de cemento de la mezcla.
- Dimensiones del elemento de concreto.
- Consistencia y relación agua / cemento
- Características de exudación.
- Aditivos empleados.

- **Datos y análisis de resultados de laboratorio**

Los datos que se obtuvieron del ensayo se muestran en los cuadros 3.5.1, 3.5.2, 3.5.3, 3.5.4 y en los gráficos 3.5.1, 3.5.2, 3.5.3, 3.5.4 (ver Pág. 80 a 83). los valores para la exudación de cada relación son los siguientes:

<b>1. a/c 0.40</b>	<b>T inicial = 280 min</b>	<b>T final = 352 min</b>
<b>2. a/c 0.45</b>	<b>T inicial = 285 min</b>	<b>T final = 368 min</b>
<b>3. a/c 0.50</b>	<b>T inicial = 285 min</b>	<b>T final = 358 min</b>
<b>4. a/c 0.55</b>	<b>T inicial = 280 min</b>	<b>T final = 358 min</b>

### 3.7 CONSISTENCIA (NTP 339.035)

La consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma es decir cuánto más húmeda sea la mezcla mayor será la facilidad con que fluya durante su colocación. No debe confundirse con la trabajabilidad que es la propiedad del concreto fresco que determina la facilidad y homogeneidad con la que puede mezclarse, transportarse, colocarse, compactarse y terminarse; mientras que la consistencia se refiere a la humedad que le da fluidez a la mezcla.

- **Datos y análisis de resultados de laboratorio**

Los datos de estos ensayos se llevaron a cabo con cada muestra de concreto y se aprecia para cada relación a/c como sigue:

1. **a/c 0.40 asentamiento = 4 "**
2. **a/c 0.45 asentamiento = 3 ½ "**
3. **a/c 0.50 asentamiento = 4 "**
4. **a/c 0.55 asentamiento = 3 ½ "**

## **CAPITULO IV**

# **PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO**

## 4.0 PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO

### 4.1 GENERALIDADES

Este capítulo viene a ser el más importante del estudio, puesto que es aquí donde se hace el análisis y la comparación de los métodos de curado convencional de azufre con el método de las almohadillas de compresión lo cual es la finalidad de este tema.

Los ensayos realizados son a los 7 y 14 días para caracterizar el desarrollo del concreto, pero el análisis completo se hace en las probetas de 28 días de las cuales he desarrollado 30 muestras para cada tipo de curado y para cada relación A/C que son cuatro, 0.40, 0.45, 0.50, 0.55, además para completar el estudio del concreto desarrollé la prueba de compresión diametral, lamentablemente el curado de almohadillas no se puede utilizar en este ensayo.

### 4.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034:1999)

La resistencia mecánica del concreto frecuentemente se identifica con la resistencia a la compresión, porque ésta representa la condición de carga en que el concreto exhibe mayor capacidad para soportar esfuerzos, de modo que la mayoría de las veces los elementos estructurales se diseñan con el fin de utilizar esta propiedad del concreto. La resistencia a la compresión de la probeta se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$R_c = 4G / (\pi \cdot d^2)$$

R<sub>c</sub>: Es la resistencia de rotura a la compresión, en kilogramos por centímetro cuadrado

G: Es la carga máxima de rotura, en kilogramos

d: Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en centímetros

### 4.2.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Los cuadros 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4, (ver Pág. 84 a 87) muestran los resultados de los ensayos de compresión axial tanto los realizados con capping convencional como los realizados con almohadillas de caucho. Su análisis se realizará en el capítulo VI. A continuación los resultados promedio de cada relación.

Cuadro 4.2.5

Almohadillas de caucho				
	Esfuerzo de compresión promedio kg/cm <sup>2</sup>			
días	0.40	0.45	0.50	0.55
7	377	336	258	272
14	416	377	359	332
28	495	456	406	360

Cuadro 4.2.6

Capping de azufre y bentonita				
	Esfuerzo de compresión promedio kg/cm <sup>2</sup>			
días	0.4	0.45	0.5	0.55
7	369	297	243	291
14	438	361	341	277
28	435	408	378	319



### 4.3 RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (NTP 339.084: 1981)

La fabricación de probetas destinadas a ensayos de tracción directa o por el método brasileño, se realiza de igual forma que en el caso de las probetas destinadas a los ensayos de compresión.

El ensayo consiste en romper la probeta entre los dos platos de una prensa de compresión según dos generatrices opuestas. El contacto de los platos con la probeta se realiza por intermedio de regleteas de contraplacado de 5 mm de espesor, su ancho es de 1/10 del diámetro del cilindro. Es necesario que el centrado sea perfecto.

La resistencia a la tracción viene dada por la fórmula:

$$\sigma = 2P / (\pi * D * L)$$

P : carga de rotura

D : diámetro del cilindro

L : longitud del cilindro

#### 4.3.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Los cuadros 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.4, (ver Pág. 89) muestran los resultados de los ensayos de compresión diametral. A continuación los resultados promedio de cada relación.

1. **a/c 0.40 esfuerzo de tracción = 38 Kg/cm<sup>2</sup>**
2. **a/c 0.45 esfuerzo de tracción = 33 Kg/cm<sup>2</sup>**
3. **a/c 0.50 esfuerzo de tracción = 37 Kg/cm<sup>2</sup>**
4. **a/c 0.55 esfuerzo de tracción = 35 Kg/cm<sup>2</sup>**

#### 4.4 MODULO ELASTICO ESTATICO (NORMA E:060)

Cuadro 4.4.1

modulo elástico estático			
a/c	muestra #	F'c	Modulo Elástico
		Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
0.4	1	436	313368
	2	439	314351
	3	441	314944
	4	446	316772
0.45	5	408	302801
	6	409	303438
	7	411	304155
	8	412	304453
0.5	9	376	291020
	10	380	292287
	11	381	292934
	12	382	293161
0.55	13	333	273850
	14	338	275931
	15	340	276392
	16	342	277483

## **CAPITULO V**

### **CUADROS DE RESULTADOS Y GRAFICOS**

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.012)

Obra: Tesis Bachiller Jean Paul Mindreau

Ubicación: Laboratorio de ensayo de materiales de la UNI

Solicitado por: Jean Paul Mindreau

Cuadro 1.1.1

TAMIZ	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
1 1/2"			
#4	5	5	95
#8	14	19	81
#16	23	42	58
#30	20	62	38
#50	17	79	21
#100	12	91	9
Fondo	9	100	0
Total	100	<b>M.F.</b>	2.98

Muestra: Arena Cantera Jicamarca

Modulo de Finura: 2.98

Realizado por: Jean Paul Mindreau

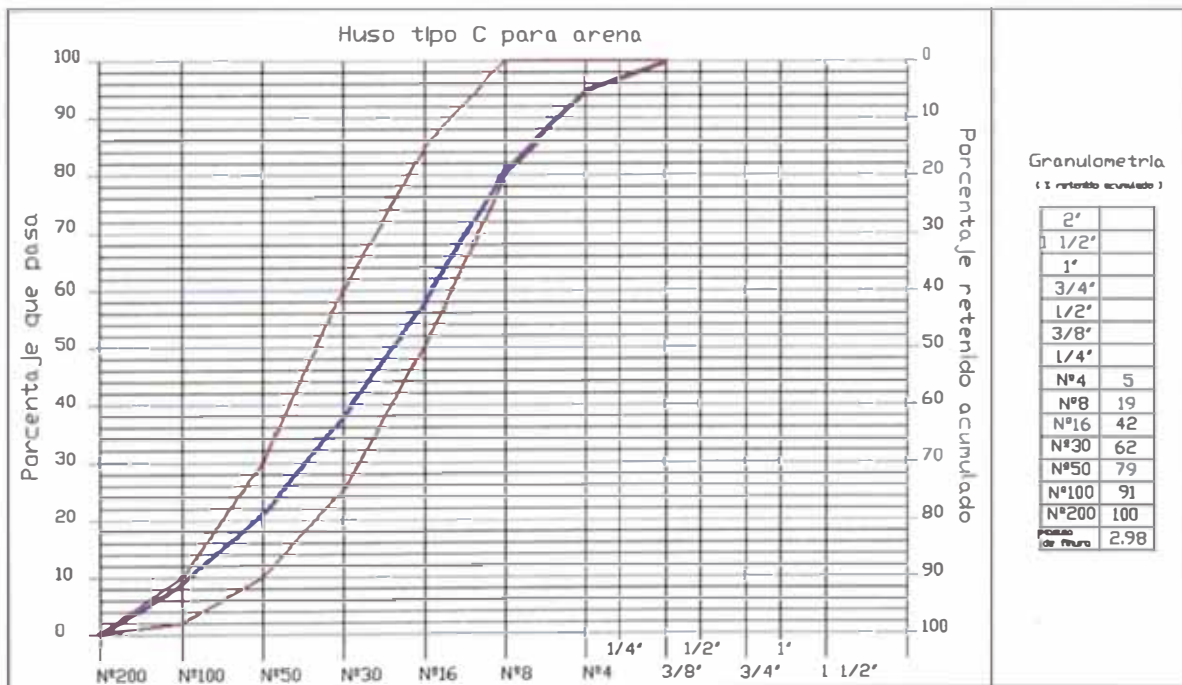
Ingeniero responsable: Carlos Barzola

Fecha: Abril 2004

Observaciones: Arena bastante sucia

### Curva granulométrica

Gráfico 1.1.1



Observaciones:

La curva de la arena se encuentra totalmente dentro del huso, pero con un pequeño exceso en las mallas No 4 y No 8, recomendándose para usos más delicados su corrección.

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.012)

Obra: Tesis Bachiller Jean Paul Mindreau

Ubicación: Laboratorio de ensayo de materiales de la UNI

Solicitado por: Jean Paul Mindreau

Cuadro 1.2.1

TAMIZ	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
1 1/2"			
1"	4	4	96
3/4"	17	21	79
1/2"	36	57	43
3/8"	20	77	23
1/4"	18	95	5
No 4	2	97	3
Fondo	3	100	0
Total	100	<b>M.F.</b>	6.95

Muestra: Piedra Cantera Jicamarca

Modulo de Finura: 6.95

Realizado por: Jean Paul Mindreau

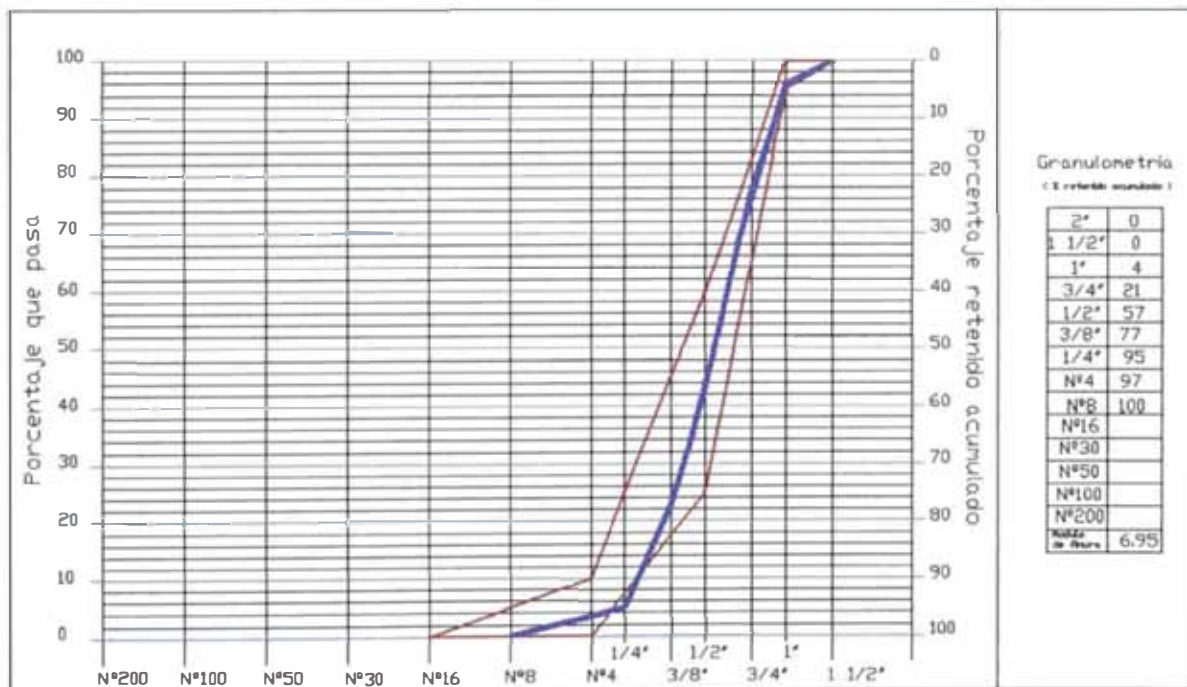
Ingeniero responsable: Carlos Barzola

Fecha: Abril 2004

Observaciones: cantos chancados

### Curva granulométrica

Gráfico 1.2.1



Observaciones:

La grafica de la piedra se encuentra casi por completo en el huso, saliendo de esta una pequeña parte que es mínima en la malla de 1/4" recomendando su corrección.

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GLOBAL (DIN 1045)

Obra: Tesis Bachiller Jean Paul Mindreau

Ubicación: Laboratorio de ensayo de materiales de la UNI

Solicitado por: Jean Paul Mindreau

Cuadro 1.3.1

TAMIZ	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
1'	2	2	98
3/4'	9	11	89
1/2'	20	31	69
3/8'	11	42	58
1/4'	10	52	48
#4	3	55	45
#8	8	63	37
#16	10	73	27
#30	9	82	18
#50	8	90	10
#100	6	96	4
Fondo	4	100	0
	<b>M.F.</b>		5.16

Muestra: Agregado Global

Modulo de Finura: 5.16

Realizado por: Jean Paul Mindreau

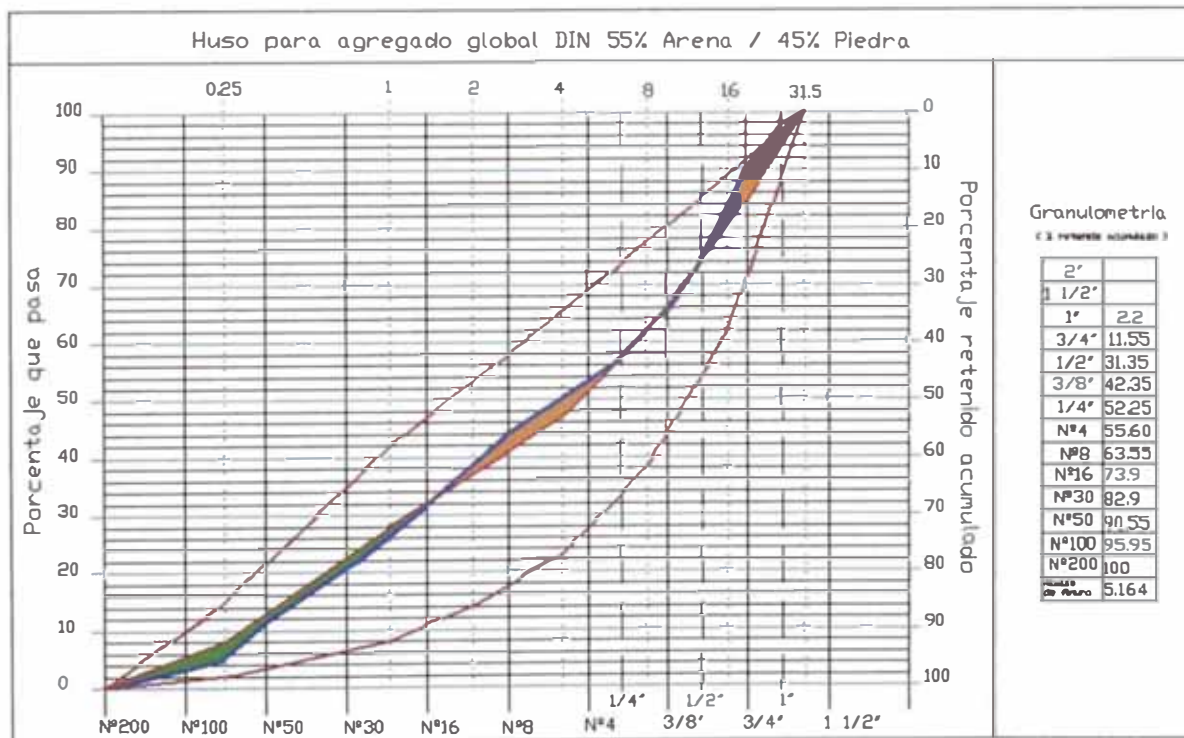
Ingeniero responsable: Carlos Barzola

Fecha: Abril 2004

Observaciones: Según la grafica la combinación 55% arena 45% piedra da muy buenos resultados. La línea de agregado global se pega muy bien a la línea del medio del huso.

### Curva granulométrica

Grafica 1.3.1



## ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

Proyecto: Tesis Bachiller Jean Paul Mindreau  
 Ubicación: Laboratorio de ensayo de materias de la UNI  
 Solicitante: Jean Paul Mindreau  
 Fecha: Mayo 2004

### Agregado fino (NTP 400.022)

Cuadro 1.1.2

Descripción		M1	M2	M3	Prom.
Peso de la arena SSS	(g)	500.0	500.0	500.0	500.0
Peso de la arena SSS + Peso de la fiola + Peso del agua	(g)	979.5	979.0	979.0	979.2
Peso de la fiola	(g)	166.5	166.5	166.5	166.5
Peso del agua	(g)	313.0	312.5	312.5	312.7
Peso de la arena secada al horno	(g)	495.5	495.5	495.0	495.3
Volumen de la fiola	(cm <sup>3</sup> )	500.0	500.0	500.0	500.0
Peso específico de la masa	(g/cm <sup>3</sup> )	2.65	2.64	2.64	2.64
Peso específico de la masa superficialmente seco	(g/cm <sup>3</sup> )	2.67	2.67	2.67	2.67
Peso específico aparente	(g/cm <sup>3</sup> )	2.72	2.71	2.71	2.71
Porcentaje de absorción	(%)	0.91	0.91	1.01	0.94

### Agregado grueso (NTP 400.021)

Cuadro 1.2.2

Descripción		M1	M2	M3	Prom.
Peso del agregado grueso SSS	(g)	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0
Peso de la muestra dentro del agua + peso de canastilla	(g)	4413.0	4410.5	4409.0	4410.8
peso de canastilla	(g)	1890.0	1890.0	1890.0	1890.0
peso de la muestra dentro del agua	(g)	2523.0	2520.5	2519.0	2520.8
Peso específico de muestra SSS	(g/cm <sup>3</sup> )	2.71	2.70	2.70	2.70
Peso de muestra secada al horno	(g/cm <sup>3</sup> )	3946.0	3947.0	3946.0	3946.3
Peso específico de muestra	(g/cm <sup>3</sup> )	2.67	2.67	2.66	2.67
% de absorción	(%)	1.37	1.34	1.37	1.36



### **ENSAYO DE PESO UNITARIO** **(NTP 400.017)**

Proyecto: Tesis Bachiller Jean Paul Mindreau  
Ubicación: Laboratorio de ensayo de materias de la UNI  
Solicitante: Jean Paul Mindreau  
Fecha: Mayo 2004

#### **Peso unitario suelto**

Cuadro 1.1.3

ARENA		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso de la muestra + recipiente	(Kg)	7.77	7.73	7.82	7.77
Peso del recipiente	(Kg)	2.78	2.78	2.78	2.78
Peso de la muestra	(Kg)	5.00	4.96	5.04	5.00
Volumen del recipiente	(m <sup>3</sup> )	0.003	0.003	0.003	0.003
Peso Unitario suelto	(Kg/m <sup>3</sup> )	1760	1750	1780	1760

Cuadro 1.2.3

PIEDRA		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso de la muestra + recipiente	(kg)	30.75	30.75	30.80	30.77
Peso del recipiente	(kg)	11.89	11.89	11.89	11.89
Peso de la muestra	(kg)	18.86	18.86	18.91	18.87
Volumen del recipiente	(m <sup>3</sup> )	0.014	0.014	0.014	0.014
Peso Unitario suelto	(kg/m <sup>3</sup> )	1330	1330	1340	1330

#### **Peso unitario compactado**

Cuadro 1.1.4

ARENA		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso de la muestra + recipiente	(Kg)	8.36	8.35	8.35	8.35
Peso del recipiente	(Kg)	2.78	2.78	2.78	2.78
Peso de la muestra	(Kg)	5.58	5.57	5.57	5.58
Volumen del recipiente	(m <sup>3</sup> )	0.003	0.003	0.003	0.003
Peso Unitario suelto	(Kg/m <sup>3</sup> )	1970	1970	1970	1970

Cuadro 1.2.4

PIEDRA		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso de la muestra + recipiente	(kg)	33.40	33.40	33.60	33.47
Peso del recipiente	(kg)	11.89	11.89	11.89	11.89
Peso de la muestra	(kg)	21.51	21.51	21.71	21.57
Volumen del recipiente	(m <sup>3</sup> )	0.014	0.014	0.014	0.014
Peso Unitario suelto	(kg/m <sup>3</sup> )	1520	1520	1530	1520



### **ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM 566-97)**

Proyecto: Tesis Bachiller Jean Paul Mindreau  
 Ubicación: Laboratorio de ensayo de materias de la UNI  
 Solicitante: Jean Paul Mindreau  
 Fecha: Mayo 2004

#### **Contenido de humedad de la arena**

Cuadro 1.1.5

Descripción		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso de muestra húmeda	(g)	904.50	799.50	889.50	864.50
Peso del envase	(g)	140.50	117.00	182.00	146.50
Peso neto húmedo	(g)	764.00	682.50	707.50	718.00
Peso seco	(g)	900.00	795.00	884.50	859.83
Envase	(g)	140.50	117.00	182.00	146.50
Peso neto seco	(g)	759.50	678.00	702.50	713.33
Contenido de humedad	(g)	4.50	4.50	5.00	4.67
% de humedad material húmedo	%	0.60	0.70	0.70	0.67

#### **Contenido de humedad de la piedra**

Cuadro 1.2.5

Descripción		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso de muestra húmeda	(g)	1629.50	1653.50	1319.50	1534.17
Peso del envase	(g)	275.00	269.50	269.50	271.33
Peso neto húmedo	(g)	1354.50	1384.00	1050.00	1262.83
Peso seco	(g)	1621.50	1645.50	1314.00	1527.00
Envase	(g)	275.00	269.50	269.50	271.33
Peso neto seco	(g)	1346.50	1376.00	1044.50	1255.67
Contenido de humedad	(g)	8.00	8.00	5.50	7.17
% de humedad material húmedo	%	0.60	0.60	0.50	0.57

**ENSAYO DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA 200**  
**(TNP 400.018)**

Proyecto: Tesis Bachiller Jean Paul Mindreau  
Ubicación: Laboratorio de ensayo de materias de la UNI  
Solicitante: Jean Paul Mindreau  
Fecha: Mayo 2004

Cuadro 1.1.6

Descripción		M1	M2	M3	Prom.
Peso inicial	(g)	500.0	500.0	500.0	500.0
Peso Final	(g)	475.0	477.0	474.0	475.3
Porcentaje que pasa	(%)	5	4.6	5.2	4.9

**ENSAYO DE SUPERFICIE ESPECÍFICA**

Proyecto: Tesis Bachiller Jean Paul Mindreau  
Ubicación: Laboratorio de ensayo de materias de la UNI  
Solicitante: Jean Paul Mindreau  
Fecha: Mayo 2004

Cuadro 1.1.7

Tamiz	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Diámetro promedio	Cociente
# 4	5	5	95	0.556	8.993
# 8	14	19	81	0.357	39.216
# 16	23	42	58	0.179	128.492
# 30	20	62	38	0.089	224.719
# 50	17	79	21	0.045	377.778
# 100	12	91	9	0.022	545.455
Fondo	9	100	0	0.011	818.182
Total	100	<b>M.F.</b>	2.98	<b>S.E.</b>	47.796

**Superficie especifica = 47.8 cm<sup>2</sup>/g**

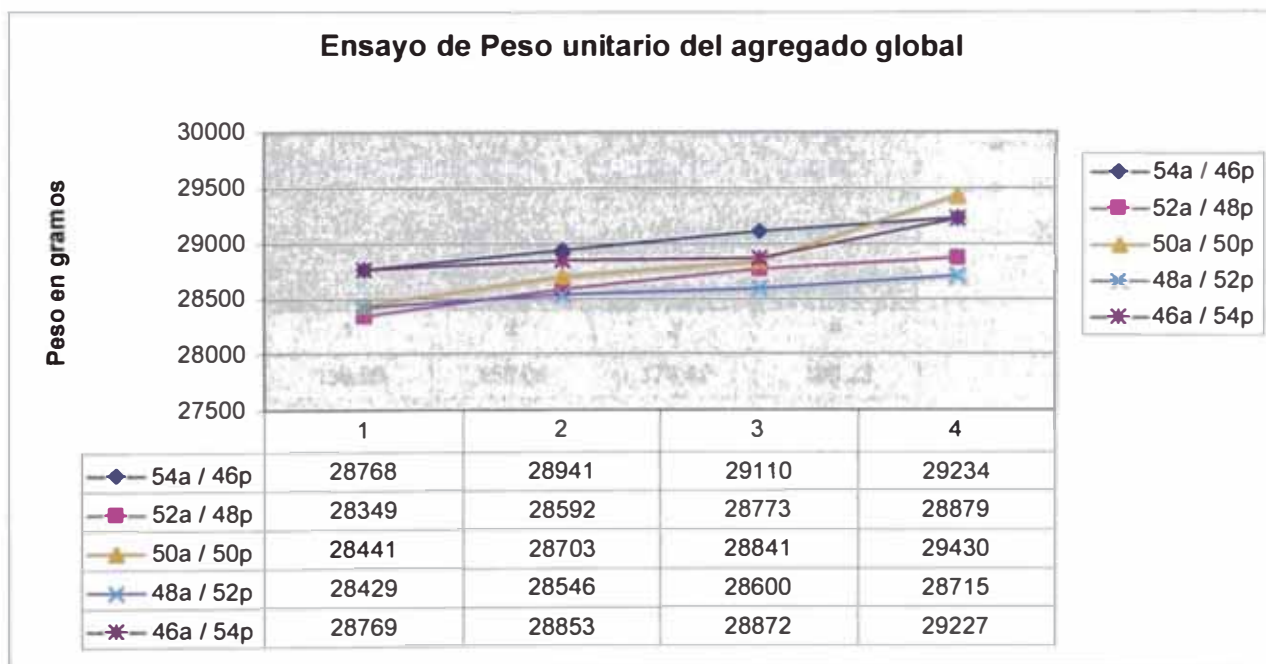
## ENSAYO DE PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL

(NTP 400.017)

Cuadro 1.3.2

Relación A/P	Numero de muestra	Pesos (g)	Numero de muestra	Valores ordenados
54 / 46	1	28768	12	29430
	2	29110	4	29234
	3	28941	20	29227
	4	29234	2	29110
52 / 48	5	28349	3	28941
	6	28592	8	28879
	7	28773	17	28872
	8	28879	18	28853
50 / 50	9	28841	9	28841
	10	28441	7	28773
	11	28703	19	28769
	12	29430	1	28768
48 / 52	13	28600	14	28715
	14	28715	11	28703
	15	28429	13	28600
	16	28546	6	28592
46 / 54	17	28872	16	28546
	18	28853	10	28441
	19	28769	15	28429
	20	29227	5	28349

Gráfico 1.3.2

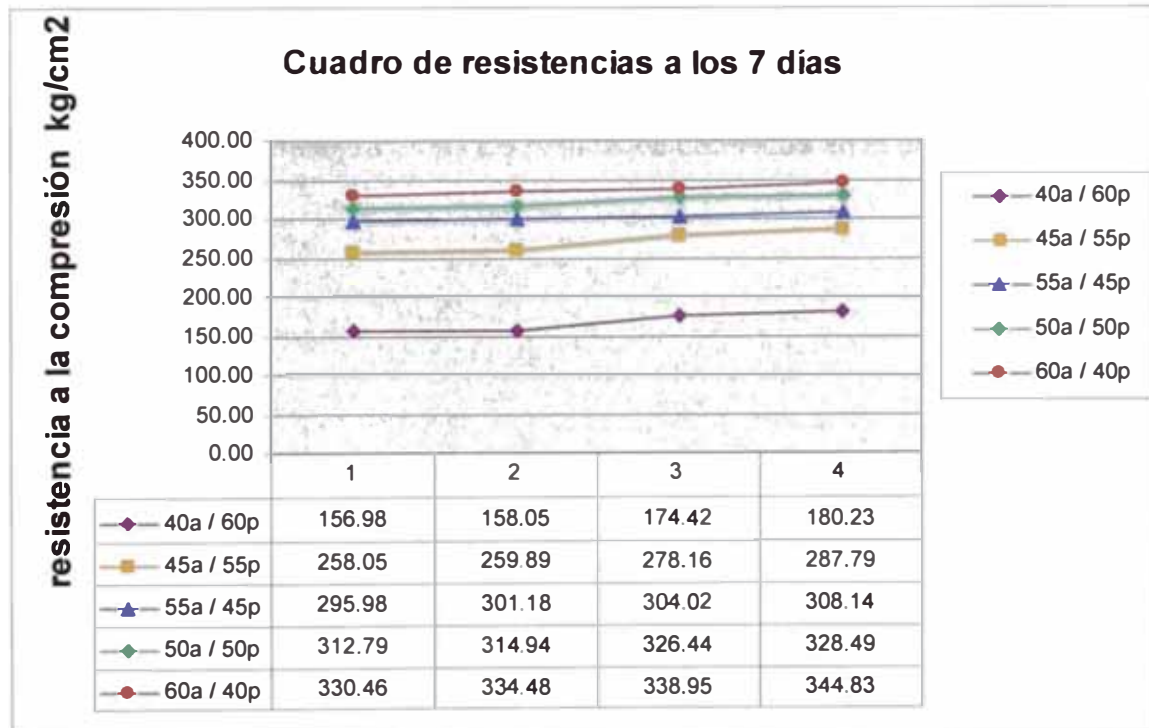


**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
DEL AGREGADO GLOBAL  
(NTP 339.034)**

Cuadro 1.3.3

Relación A/P	Prob. #	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Prom.	Varianza	Desviación estándar
40 / 60	22	14.8	172	27000	156.98	167.42	136.69	11.69
	21	14.9	174	27500	158.05			
	24	14.8	172	30000	174.42			
	23	14.8	172	31000	180.23			
45 / 55	16	14.9	174	44900	258.05	270.97	208.17	14.43
	17	15	177	46000	259.89			
	20	14.9	174	48400	278.16			
	18	14.8	172	49500	287.79			
55 / 45	10	14.9	174	51500	295.98	302.33	26.10	5.11
	9	14.7	170	51200	301.18			
	6	14.9	174	52900	304.02			
	7	14.8	172	53000	308.14			
50 / 50	11	14.8	172	53800	312.79	320.66	63.09	7.94
	13	14.9	174	54800	314.94			
	12	14.9	174	56800	326.44			
	15	14.8	172	56500	328.49			
60 / 40	3	14.9	174	57500	330.46	337.18	38.02	6.17
	1	14.9	174	58200	334.48			
	2	14.8	172	58300	338.95			
	5	14.9	174	60000	344.83			

Gráfico 1.3.3



## CUADRO RESUMEN DE PROPIEDADES DE LA ARENA Y LA PIEDRA

Obra: Tesis Bachiller Jean Paul Mindreau

Ubicación: Laboratorio de ensayo de materiales de la UNI

Solicitado por: Jean Paul Mindreau

Descripción		Arena	Piedra
Módulo de finura		2.98	6.95
Peso específico	g/cm <sup>3</sup>	2.64	2.67
Porcentaje de absorción	%	0.94%	1.36%
Peso Unitario Suelto	Kg/m <sup>3</sup>	1760	1330
Peso Unitario Compactado	Kg/m <sup>3</sup>	1970	1520
Contenido de Humedad	%	0.67%	0.57%
Material que pasa la malla 200	%	4.9%	--
Superficie específica	cm <sup>2</sup> /g	47.8	--

El presente cuadro muestra todos los resultados obtenidos en el ensayo de la arena y la piedra.

**DISEÑO PRELIMINAR PARA RELACION AGUA/CEMENTO 0.40**

De las tablas obtenemos:

Relación a/c	= 0.4
Asentamiento	= 3" a 4"
Tamaño máximo nominal	= 1"
Aire atrapado	= 1.5%
Agua	= 195 L/m <sup>3</sup>
Peso de la tanda	= 64 Kg

Trabajando los datos obtenemos

**Factor cemento**

$$\text{Relación a/c} = \frac{\text{Agua}}{\text{Relación a/c}} = \frac{195}{0.4} = 487.5$$

Cuadro 2.2.1

	Vol Absoluto	Vol Agregados	Pesos Secos	DUS	Pesos Húmedos	Corrección De Agua	DUO	Tanda (Kg)
<b>Cemento</b>	0.155			1.000			1.000	13.093
<b>Agua</b>	0.195			0.400			0.422	5.527
<b>Aire</b>	0.015							0.000
<b>Arena</b>		34.911	918.159	1.883	922.750	-4.683	1.893	24.784
<b>Piedra</b>		28.564	762.646	1.564	766.841	-6.101	1.573	20.596
<b>Suma</b>	0.365			4.848		-10.784	4.888	64.000
<b>Vol ag</b>	0.635				<b>Agua</b>	205.784		

**DISEÑO PRELIMINAR PARA RELACION AGUA/CEMENTO 0.45**

De las tablas obtenemos:

Relación a/c	= 0.45
Asentamiento	= 3" a 4"
Tamaño máximo nominal	= 1"
Aire atrapado	= 1.5%
Agua	= 195 L/m <sup>3</sup>
Peso de la tanda	= 64 Kg

Trabajando los datos obtenemos

**Factor cemento**

$$\frac{\text{Agua}}{\text{Relación a/c}} = \frac{195}{0.45} = 433.3$$

Cuadro 2.2.2

	Vol Absoluto	Vol Agregados	Pesos Secos	DUS	Pesos Húmedos	Corrección De Agua	DUO	Tanda (Kg)
<b>Cemento</b>	0.138			1.000			1.000	11.678
<b>Agua</b>	0.195			0.450			0.476	5.553
<b>Aire</b>	0.015							0.000
<b>Arena</b>		35.860	943.112	2.176	947.827	-4.810	2.187	25.542
<b>Piedra</b>		29.340	783.373	1.808	787.681	-6.267	1.818	21.227
<b>Suma</b>	0.348			5.434		-11.077	5.481	64.000
<b>Vol ag</b>	0.652				<b>Agua</b>	206.077		



## DISEÑO PRELIMINAR PARA RELACION AGUA/CEMENTO 0.50

De las tablas obtenemos:

Relación a/c	= 0.50
Asentamiento	= 3" a 4"
Tamaño máximo nominal	= 1"
Aire atrapado	= 1.5%
Agua	= 195 L/m <sup>3</sup>
Peso de la tanda	= 64 Kg

Trabajando los datos obtenemos

### Factor cemento

$$\frac{\text{Agua } 195}{\text{Relación a/c } 0.50} = 390$$

Cuadro 2.2.3

	<b>Vol Absoluto</b>	<b>Vol Agregados</b>	<b>Pesos Secos</b>	<b>DUS</b>	<b>Pesos Húmedos</b>	<b>Corrección De Agua</b>	<b>DUO</b>	<b>Tanda (Kg)</b>
<b>Cemento</b>	0.124			1.000			1.000	10.538
<b>Agua</b>	0.195			0.500			0.529	5.575
<b>Aire</b>	0.015							0.000
<b>Arena</b>		36.619	963.074	2.469	967.890	-4.912	2.482	26.153
<b>Piedra</b>		29.961	799.954	2.051	804.354	-6.400	2.062	21.734
<b>Suma</b>	0.334			6.021		-11.311	6.073	64.000
<b>Vol ag</b>	0.666				<b>Agua</b>	206.311		



### DISEÑO PRELIMINAR PARA RELACION AGUA/CEMENTO 0.55

De las tablas obtenemos:

Relación a/c	= 0.55
Asentamiento	= 3" a 4"
Tamaño máximo nominal	= 1"
Aire atrapado	= 1.5%
Agua	= 195 L/m <sup>3</sup>
Peso de la tanda	= 64 Kg

Trabajando los datos según obtenemos

#### Factor cemento

$$\frac{\text{Agua}}{\text{Relación a/c}} = \frac{195}{0.55} = 354.5$$

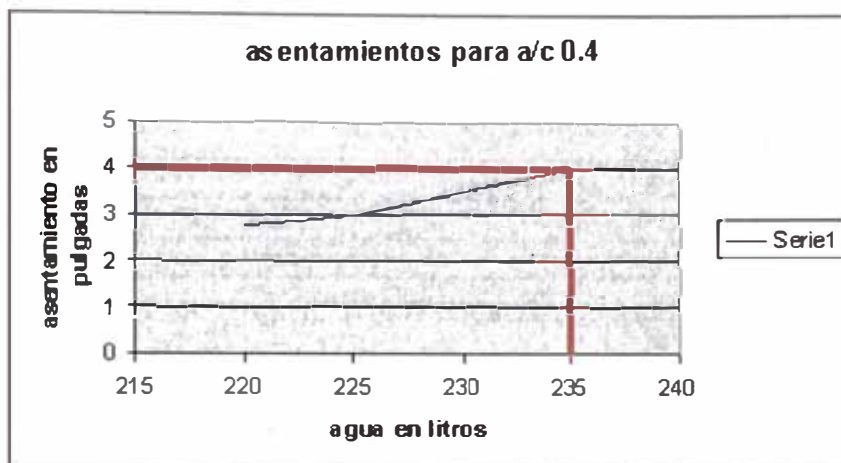
Cuadro 2.2.4

	Vol Absoluto	Vol Agregados	Pesos Secos	DUS	Pesos Húmedos	Corrección De Agua	DUO	Tanda (Kg)
<b>Cemento</b>	0.113			1.000			1.000	9.601
<b>Agua</b>	0.195			0.550			0.582	5.592
<b>Aire</b>	0.015							0.000
<b>Arena</b>		37.240	979.407	2.762	984.304	-4.995	2.776	26.655
<b>Piedra</b>		30.469	813.521	2.295	817.995	-6.508	2.307	22.151
<b>Suma</b>	0.323			6.607		-11.503	6.666	64.000
<b>Vol ag</b>	0.677				<b>Agua</b>	206.503		

## DISEÑO DE MEZCLAS PARA RELACIÓN A/C 0.4

Ensayos para encontrar la cantidad de agua y el factor cemento

Grafico 2.3.1



Como se logra apreciar la grafica 2.3.1 para una cantidad de 235 l/m<sup>3</sup> consigue un asentamiento de 4" lo que buscamos para este diseño.

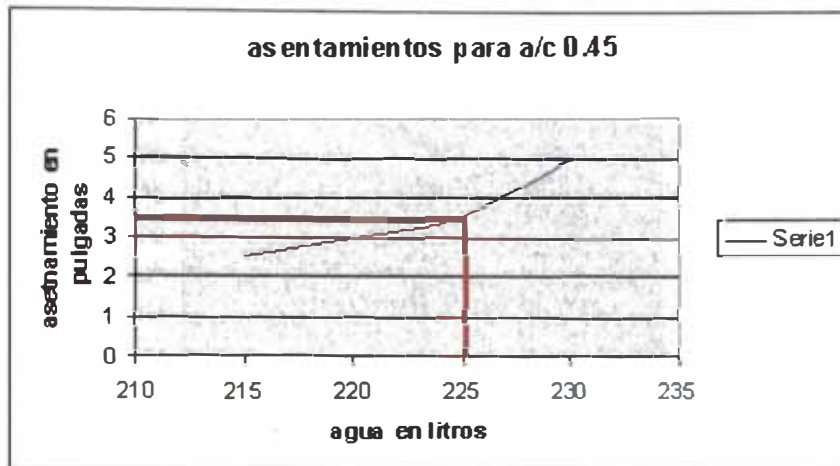
Cuado 2.3.1

Relación	Arena	Piedra								
<b>4</b>										
% A / P	55	45	A / C	0.40	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td style="text-align: center;">asentamiento</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4"</td></tr> </table>				asentamiento	4"
asentamiento										
4"										
w	0.50	0.55	TMN	1"						
PUS	1760	1330	Asentamiento	3" a 4"						
PUC	1970	1520	Agua	235						
Pe	2.64	2.67	Cont. de aire	1.5						
Abs.	0.94	1.36	Factor cemento	587.5						
Cemento	Andino	3.14	Peso de tanda	64						
	<b>Volumen absoluto</b>	<b>Volumen de agregados</b>	<b>Pesos secos</b>	<b>DUS</b>	<b>Pesos húmedos</b>	<b>Corrección de agua</b>	<b>DUO</b>	<b>Tanda</b>		
Cemento	0.187			1.000			1.000	16.135		
Agua	0.235			0.400			0.416	6.716		
Aire	0.015									
Arena		30.959	814.232	1.386	818.303	-4.153	1.393	22.473		
Piedra		25.330	676.322	1.151	680.042	-5.411	1.158	18.676		
<b>Suma</b>	<b>0.437</b>			<b>3.937</b>		<b>-9.563</b>	<b>3.967</b>	<b>64.000</b>		
<b>Vol. ag</b>	<b>0.563</b>				<b>Agua</b>	<b>244.563</b>				

## DISEÑO DE MEZCLAS PARA RELACIÓN A/C 0.45

Ensayos para encontrar la cantidad de agua y el factor cemento

Gráfico 2.3.2



Como se logra apreciar la grafica 2.3.2 para una cantidad de 225 l/m<sup>3</sup> consigue un asentamiento de 3 ½ " lo que buscamos para este diseño.

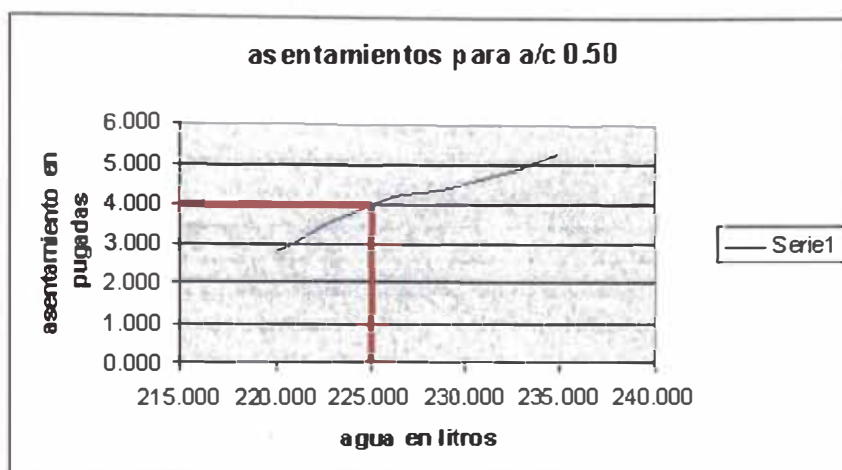
Cuadro 2.3.2

Relación 3	Arena	Piedra						
% A / P	55	45	A / C	0.45	asentamiento 3 ½ "			
w	0.50	0.55	TMN	1"				
PUS	1760	1330	Asentamiento	3" a 4"				
PUC	1970	1520	Agua	225				
Pe	2.64	2.67	Cont. de aire	1.5				
Abs.	0.94	1.36	Factor cemento	500.0				
Cemento	Andino	3.14	Peso de tanda	64				
	Volumen absoluto	Volumen de agregados	Pesos secos	DUS	Pesos húmedos	Corrección de agua	DUO	Tanda
Cemento	0.159			1.000			1.000	13.708
Agua	0.225			0.450			0.470	6.449
Aire	0.015							
Arena		33.042	869 006	1.738	873.351	-4.432	1.747	23.944
Piedra		27.034	721 818	1.444	725.788	-5.775	1.452	19.899
Suma	0.399			4.632		-10.206	4.669	64.000
Vol. ag	0.601				Aqua	235.206		

## DISEÑO DE MEZCLAS PARA RELACIÓN A/C 0.5

Ensayos para encontrar la cantidad de agua y el factor cemento

Gráfico 2.3.3



Como se logra apreciar la grafica 2.3.3 para una cantidad de 225 l/m<sup>3</sup> consigue un asentamiento de 4" lo que buscamos para este diseño.

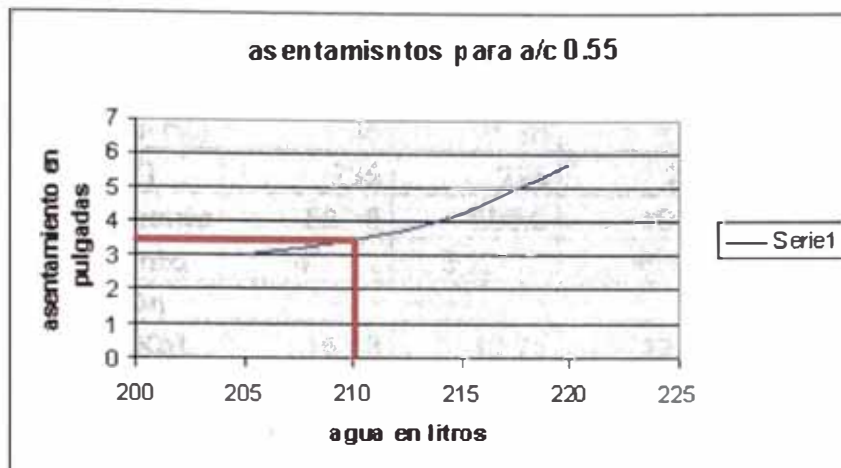
Cuadro 2.3.3

Relación 2	Arena	Piedra						
% A / P	55	45	A / C	0.50	asentamiento 4"			
w	0.70	0.45	TMN	1"				
PUS	1760	1330	Asentamiento	3" a 4"				
PUC	1970	1520	Agua	225				
Pe	2.64	2.67	Cont. de aire	1.5				
Abs.	0.94	1.36	Factor cemento	450.0				
Cemento	Andino	3.14	Peso de tanda	64				
	Volumen absoluto	Volumen de agregados	Pesos secos	DUS	Pesos húmedos	Corrección de agua	DUO	Tanda
Cemento	0.143			1.000			1.000	12.376
Agua	0.225			0.500			0.521	6.448
Aire	0.015							
Arena		33.918	892.039	1.982	898.283	-2.765	1.996	24.706
Piedra		27.751	740.951	1.647	744.285	-6.669	1.654	20.470
Suma	0.383			5.129		-9.434	5.171	64.000
Vol. ag	0.617				Agua	234.434		

## DISEÑO DE MEZCLAS PARA RELACIÓN A/C 0.55

Ensayos para encontrar la cantidad de agua y el factor cemento

Gráfico 2.3.4



Como se logra apreciar la grafica 2.3.4 para una cantidad de 210 l/m<sup>3</sup> consigue un asentamiento de 3 ½" lo que buscamos para este diseño.

Cuadro 2.3.4

Relación 2	Arena	Piedra						
% A / P	55	45	A / C	0.55	asentamiento 3 ½ "			
w	0.70	0.45	TMN	1"				
PUS	1760	1330	Asentamiento	3" a 4"				
PUC	1970	1520	Agua	210				
Pe	2.64	2.67	Cont. de aire	1.5				
Abs.	0.94	1.36	Factor cemento	381.8				
Cemento	Andino	3.14	Peso de tanda	64				
	Volumen absoluto	Volumen de agregados	Pesos secos	DUS	Pesos húmedos	Corrección de agua	DUO	Tanda
Cemento	0.122			1.000			1.000	10.433
Agua	0.210			0.550			0.576	6.011
Aire	0.015							
Arena		35.937	945.146	2.475	951.762	-2.930	2.493	26.007
Piedra		29.403	785.062	2.056	788.595	-7.066	2.065	21.548
Suma	0.347			6.081		-9.996	6.134	64.000
Vol. ag	0.653				Agua	219.996		

**DOSIFICACIONES PARA TODAS LAS RELACIONES**

Cuadro 2.4.1

<b>Relación a/c</b>	<b>0.40</b>	<b>0.45</b>	<b>0.50</b>	<b>0.55</b>
<b>W arena (%)</b>	0.50	0.50	0.70	0.70
<b>W piedra (%)</b>	0.55	0.55	0.45	0.45
<b>Abs. Arena (%)</b>	0.94	0.94	0.94	0.94
<b>Abs. Piedra (%)</b>	1.36	1.36	1.36	1.36
<b>Agua (L/m<sup>3</sup>)</b>	235	225	225	210
<b>Factor cemento</b>	587.5	500.0	450.0	381.8
<b>Asentamiento</b>	4"	3 ½ "	4"	3 ½ "
<b>Dosificación</b>				
<b>Cemento (Kg)</b>	16.13	13.71	12.38	10.43
<b>Agua (Kg)</b>	6.72	6.45	6.45	6.01
<b>Arena (Kg)</b>	22.47	23.94	24.71	26.01
<b>Piedra (Kg)</b>	18.68	19.90	20.47	21.55
<b>Suma (Kg)</b>	64.00	64.00	64.00	64.00

Estas son las dosificaciones con las cuales se llevó a cabo todo el estudio de la presente tesis.

### **ENSAYO DE FLUJO (NTP 339.085)**

#### Cuadro 3.1.1

Flujo a/c 0.4					
	M1	M2	M3	Promedio (cm)	Flujo
	Diámetro (cm)	Diámetro (cm)	Diámetro (cm)		
1	51.0	50.0	51.0		
2	50.0	48.0	50.0		
3	49.0	51.0	50.0		
4	50.0	51.0	51.0		
5	51.0	50.0	49.0		
6	51.0	51.0	51.0		
Promedio (cm)	50.3	50.2	50.3	50.3	97.9
Flujo	98.2	97.5	98.2		

#### Cuadro 3.1.2

Flujo a/c 0.45					
	M1	M2	M3	Promedio (cm)	Flujo
	Diámetro (cm)	Diámetro (cm)	Diámetro (cm)		
1	49.0	50.0	49.0		
2	50.0	49.0	49.0		
3	51.0	50.0	50.0		
4	49.0	50.0	51.0		
5	50.0	49.0	50.0		
6	50.0	50.0	50.0		
Promedio (cm)	49.8	49.7	49.8	49.8	96.0
Flujo	96.2	95.5	96.2		

#### Cuadro 3.1.3

Flujo a/c 0.5					
	M1	M2	M3	Promedio (cm)	Flujo
	Diámetro (cm)	Diámetro (cm)	Diámetro (cm)		
1	52.0	52.0	51.0		
2	50.0	52.0	52.0		
3	51.0	51.0	51.0		
4	52.0	51.0	52.0		
5	52.0	51.0	52.0		
6	51.0	52.0	51.0		
Promedio (cm)	51.3	51.5	51.5	51.4	102.5
Flujo	102.1	102.8	102.8		

#### Cuadro 3.1.4

Flujo a/c 0.55					
	M1	M2	M3	Promedio (cm)	Flujo
	Diámetro (cm)	Diámetro (cm)	Diámetro (cm)		
1	48.0	48.0	51.0		
2	49.0	48.0	50.0		
3	49.0	51.0	48.0		
4	50.0	50.0	49.0		
5	51.0	49.0	48.0		
6	49.0	50.0	50.0		
Promedio (cm)	49.3	49.3	49.3	49.3	94.2
Flujo	94.2	94.2	94.2		



**ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE  
(ASTM C231-62)**

Cuadro 3.2.1

Contenido de aire				
Muestra	1	2	3	Promedio
Relación a/c	(%)	(%)	(%)	(%)
0.40	1.8	1.8	1.9	1.8
0.45	2.0	1.9	2.1	2.00
0.50	1.8	1.7	1.8	1.8
0.55	1.9	1.8	2.0	1.9

**ENSAYO DE EXUDACION  
(ASTM C232-71)**

Cuadro 3.3.1

ENSAYO DE EXUDACION						
Relación a/c	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio	Área	Exudación
	cm 3	cm 3	cm 3	cm 3	cm 2	cm3 / cm2
0.40	21.1	18.3	20.4	19.9	19.6	1.0
0.45	33.4	34.2	35.1	34.2	22.0	1.6
0.50	80.6	82.7	80.9	81.4	22.0	3.7
0.55	88.8	89.5	88.7	89.0	22.0	4.0

**ENSAYO DE PESO UNITARIO  
(ASTM C138-92)**

Cuadro 3.4.1

Peso unitario				
Relación a/c	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
	Kg/m3	Kg/m3	Kg/m3	Kg/m3
0.40	2350	2370	2360	2360
0.45	2360	2350	2350	2350
0.50	2330	2360	2350	2350
0.55	2360	2350	2360	2360



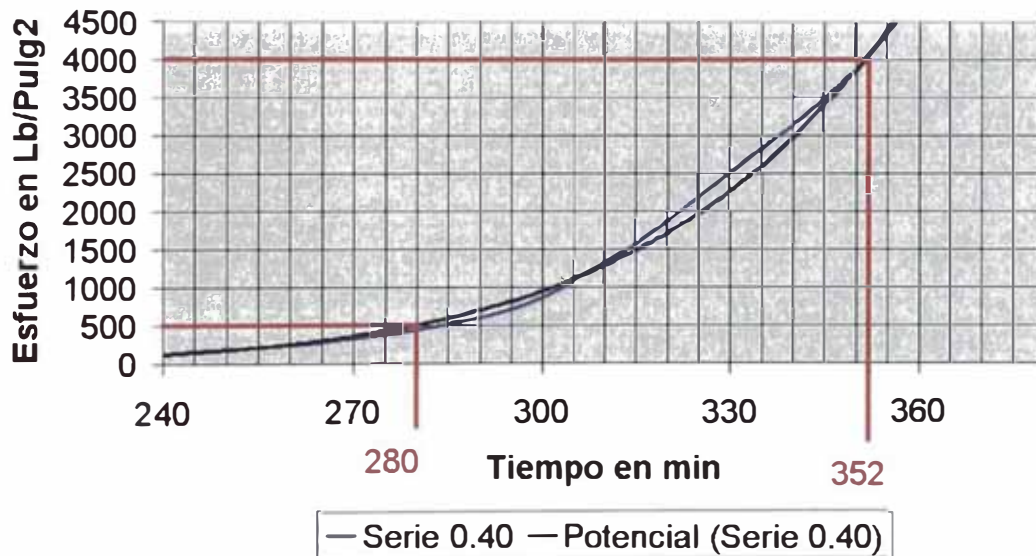
### ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO a/c 0.4 (ASTM C403)

Cuadro 3.5.1

Tiempo de fraguado a/c 0.40								
Agujas	Hora	Fuerza			Promedio Lb	Área Pulg <sup>2</sup>	Esfuerzo Lb/ Pulg <sup>2</sup>	Tiempo min.
		M1	M2	M3				
1 1/8"	10:40	140	125	135	133.33	0.99	134.14	240
13/16"	11:10	180	170	175	175.00	0.52	337.52	270
9/16"	11:40	230	200	210	213.33	0.25	858.47	300
5/16"	12:10	200	180	195	191.67	0.08	2498.94	330
4/16"	12:40	250	230	245	241.67	0.05	4923.18	360
3/16"	13:10	290	285	290	288.33	0.03	10442.43	390

Gráfico 3.5.1

### Tiempo de fraguado a/c 0.40



Tiempo de fraguado inicial = 280 minutos

Tiempo de fraguado final = 352 minutos

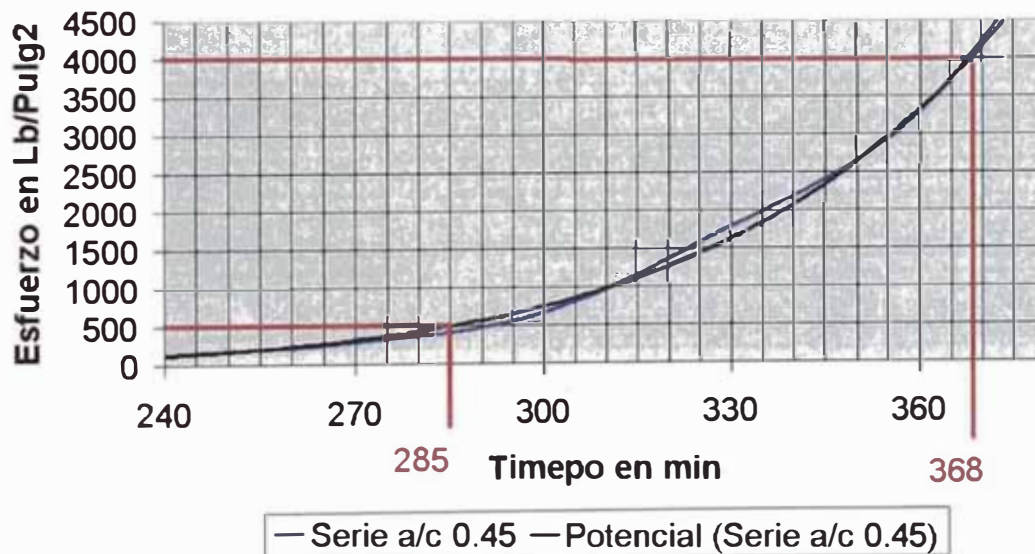
### ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO a/c 0.45 (ASTM C403)

Cuadro 3.5.2

Tiempo de fraguado a/c 0.45								
Agujas	Hora	Fuerza			Promedio Lb	Área Pulg <sup>2</sup>	Esfuerzo Lb/ Pulg <sup>2</sup>	Tiempo min.
		M1	M2	M3				
1 1/8"	10:50	130	140	130	133.33	0.99	134.14	240
13/16"	11:20	160	140	150	150.00	0.52	289.30	270
9/16"	11:50	170	160	165	165.00	0.25	663.97	300
5/16"	12:20	130	140	140	136.67	0.08	1781.85	330
4/16"	12:50	160	165	160	161.67	0.05	3293.44	360
3/16"	13:20	170	190	180	180.00	0.03	6518.97	390

Gráfico 3.5.2

### Tiempo de fraguado a/c 0.45



Tiempo de fraguado inicial = 285 minutos

Tiempo de fraguado final = 368 minutos

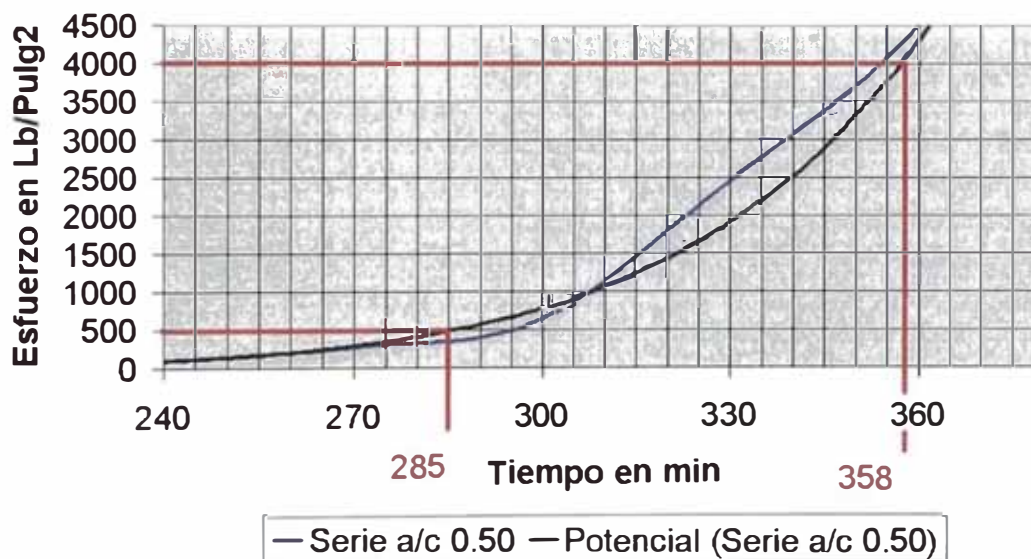
### ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO a/c 0.50 (ASTM C403)

Cuadro 3.5.3

Tiempo de fraguado a/c 0.5								
Agujas	Hora	Fuerza			Promedio Lb	Área Pulg <sup>2</sup>	Esfuerzo Lb/ Pulg <sup>2</sup>	Tiempo min.
		M1	M2	M3				
1 1/8"	11:23	110	100	100	103.33	0.99	103.95	240
13/16"	11:53	160	120	140	140.00	0.52	270.02	270
9/16"	12:23	170	145	160	158.33	0.25	637.14	300
5/16"	12:53	195	180	190	188.33	0.08	2455.48	330
4/16"	13:23	250	195	220	221.67	0.05	4515.75	360
3/16"	13:53	245	210	230	228.33	0.03	8269.44	390

Gráfico 3.5.3

### Tiempo de fraguado a/c 0.50



Tiempo de fraguado inicial = 285 minutos

Tiempo de fraguado final = 358 minutos

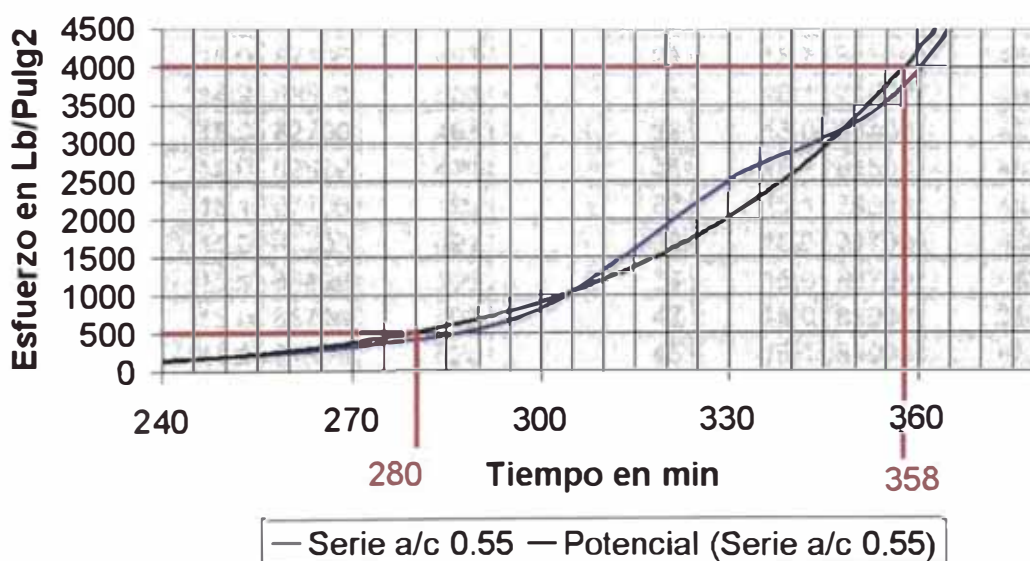
### ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO a/c 0.55 (ASTM C403)

Cuadro 3.5.4

Tiempo de fraguado a/c 0.55								
Agujas	Hora	Fuerza			Promedio Lb	Área Pulg <sup>2</sup>	Esfuerzo Lb/ Pulg <sup>2</sup>	Tiempo min.
		M1	M2	M3				
1 1/8"	11:23	160	150	155	155.00	0.99	155.93	240
13/16"	11:53	170	165	160	165.00	0.52	318.23	270
9/16"	12:23	200	205	200	201.67	0.25	811.52	300
5/16"	12:53	190	195	190	191.67	0.08	2498.94	330
4/16"	13:23	190	195	195	193.33	0.05	3938.55	360
3/16"	13:53	230	230	225	228.33	0.03	8269.44	390

Gráfico 3.5.4

### Tiempo de fraguado a/c 0.55



Tiempo de fraguado inicial = 280 minutos

Tiempo de fraguado final = 358 minutos

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESION a/c 0.40  
(NTP 339.034)**

Cuadro 4.2.1

Almohadillas de caucho				caping			
8días	Diámetro	Carga	Esfuerzo	8días	Diámetro	Carga	Esfuerzo
	cm	Kg	Kg/cm2		cm	Kg	Kg/cm2
1	15.0	67000	379	5	15.1	64800	362
2	15.0	65000	368	6	14.9	66900	384
3	15.1	66000	369	7	15.1	65000	363
4	15.0	69400	393	8	15.0	65500	371
14días	Diámetro	Carga	Esfuerzo	14días	Diámetro	Carga	Esfuerzo
9	15.0	72400	410	13	15.0	78500	444
10	15.2	73300	404	14	15.1	74800	418
11	14.9	76500	439	15	15.0	78500	444
12	15.0	73300	415	16	14.9	77900	447
28días	Diámetro	Carga	Esfuerzo	28días	Diámetro	Carga	Esfuerzo
18	15.0	89700	508	17	15.1	79400	443
20	15.1	92200	515	19	15.1	82500	461
22	15.0	90400	512	21	15.0	82600	467
24	15.0	89600	507	23	14.9	78600	451
26	14.9	88400	507	25	15.0	83500	473
28	14.9	92500	530	27	15.0	78900	446
30	15.0	87100	493	29	15.2	84300	465
32	14.9	88300	506	31	15.1	71800	401
34	15.0	82700	468	33	15.0	83400	472
36	15.0	83600	473	35	15.1	81500	455
38	15.1	87700	490	37	15.1	79300	443
40	15.0	86700	491	39	15.0	71700	406
41	15.0	89400	506	34	15.0	82700	468
44	15.0	88700	502	43	15.0	63000	357
46	14.9	91600	525	45	15.1	80900	452
48	14.9	88000	505	47	15.0	82300	466
50	15.0	88200	499	49	15.1	64000	357
52	14.9	91000	522	51	14.9	66600	382
54	15.1	84200	470	53	15.0	80800	457
56	14.9	87000	499	55	14.9	75800	435
58	15.0	87800	497	57	15.0	78400	444
60	15.0	89000	504	59	15.0	75500	427
62	15.0	82200	465	61	15.1	86000	480
64	14.9	86600	497	63	14.9	70000	401
66	15.0	80500	456	65	14.9	70800	406
68	15.0	84000	475	67	15.0	76600	433
70	15.1	83800	468	69	15.0	75800	429
72	15.0	86800	491	71	15.0	71400	404
74	15.0	89400	506	73	15.1	80900	452
76	15.0	88700	502	75	15.0	82300	466



**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESION a/c 0.45  
(NTP 339.034)**

Cuadro 4.2.2

Almohadillas de caucho				caping			
8días	Diámetro	Carga	Esfuerzo	8días	Diámetro	Carga	Esfuerzo
	cm	Kg	Kg/cm2		cm	Kg	Kg/cm2
1	14.9	59200	340	5	15.0	57500	325
2	15.0	60000	340	6	14.9	52600	302
3	14.8	58800	342	7	15.0	50500	286
4	14.9	57000	327	8	15.0	49000	277
14días	Diámetro	Carga	Esfuerzo	14días	Diámetro	Carga	Esfuerzo
9	14.9	64200	368	13	14.9	67000	384
10	14.9	64000	367	14	14.9	61000	350
11	15.0	68000	385	15	15.0	63200	358
12	14.9	67800	389	16	15.0	62800	355
28días	Diámetro	Carga	Esfuerzo	28días	Diámetro	Carga	Esfuerzo
18	15.0	78400	444	17	14.8	68000	395
20	14.9	78500	450	19	14.8	76200	443
22	14.8	78400	456	21	14.8	79400	462
24	14.9	77800	446	23	14.8	61400	357
26	14.9	83400	478	25	14.9	75200	431
28	15.0	80600	456	27	15.0	77400	438
30	15.0	81600	462	29	15.0	74400	421
32	14.9	81000	465	31	15.0	75400	427
34	15.0	82000	464	33	15.0	76000	430
36	15.0	81200	459	35	15.0	69600	394
38	15.0	72600	411	37	14.8	64000	372
40	14.8	76000	442	39	15.0	65400	370
42	14.8	81000	471	41	14.8	74400	432
44	15.0	78200	443	43	15.0	67600	383
46	14.8	77200	449	45	14.9	69800	400
48	15.0	80400	455	47	15.0	59000	334
50	15.0	81800	463	49	14.8	72600	422
52	14.9	83400	478	51	14.9	77600	445
54	15.0	81000	458	53	15.0	79400	449
56	14.8	78600	457	55	15.0	76800	435
58	14.9	80000	459	57	15.0	73400	415
60	14.9	81600	468	59	14.9	69000	396
62	15.0	80600	456	61	15.0	72000	407
64	14.9	81400	467	63	14.9	69000	396
66	14.8	81400	473	65	15.0	73400	415
68	15.0	77200	437	67	14.8	68000	395
70	14.9	78200	448	69	14.9	70400	404
72	15.0	80400	455	71	14.9	63800	366
74	14.8	81000	471	73	15.0	65400	370
76	15.0	78200	443	75	14.8	74400	432

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESION a/c 0.50  
(NTP 339.034)**

Cuadro 4.2.3

Almohadillas de caucho				caping			
7días	Diámetro	Carga	Esfuerzo	7días	Diámetro	Carga	Esfuerzo
	cm	Kg	Kg/cm2		cm	Kg	Kg/cm2
1	15.0	46200	261	5	15.0	44400	251
2	15.0	47800	270	6	15.2	44600	246
3	14.8	41600	242	7	14.8	38800	226
4	15.0	46200	261	8	15.0	44600	252
14días	Diámetro	Carga	Esfuerzo	14días	Diámetro	Carga	Esfuerzo
9	14.8	62400	363	13	14.9	64400	369
10	15.0	62800	355	14	14.9	62000	356
11	15.0	64100	363	15	14.8	57000	331
12	14.9	62200	357	16	15.0	55000	311
28días	Diámetro	Carga	Esfuerzo	28días	Diámetro	Carga	Esfuerzo
17	15.1	72000	402	47	14.8	68400	398
18	14.9	69400	398	48	15.0	68000	385
19	15.1	71000	396	49	15.0	60200	341
20	15.0	75800	429	50	14.8	60200	350
21	15.1	73600	411	51	15.0	61000	345
22	15.1	74000	413	52	15.0	66000	373
23	15.0	73800	418	53	15.0	69000	390
24	15.0	76000	430	54	15.0	64000	362
25	15.0	72400	410	55	15.0	68800	389
26	15.0	74000	419	56	14.9	73400	421
27	14.9	71000	407	57	15.2	67200	370
28	15.0	69000	390	58	15.0	66400	376
29	14.9	72200	414	59	14.8	66000	384
30	15.0	74000	419	60	14.9	62000	356
31	15.0	73400	415	61	14.9	52000	298
32	15.1	73200	409	62	15.0	70200	397
33	15.0	72000	407	63	14.8	60600	352
34	15.0	70400	398	64	15.0	70200	397
35	15.0	72400	410	65	14.9	68200	391
36	14.9	73600	422	66	14.8	62000	360
37	14.8	65400	380	67	14.9	71800	412
38	14.8	69600	405	68	15.0	68800	389
39	15.0	64200	363	69	14.9	70200	403
40	14.8	66400	386	70	15.0	66000	373
41	14.9	71200	408	71	14.9	69200	397
42	15.0	70000	396	72	15.0	69800	395
43	14.8	68800	400	73	15.0	71600	405
44	15.0	68200	386	74	14.8	64200	373
45	14.9	73000	419	75	14.9	61000	350
46	14.8	72800	423	76	14.9	72000	413

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESION a/c 0.55  
(NTP 339.034)**

Cuadro 4.2.4

Almohadillas de caucho				caping			
8días	Diámetro	Carga	Esfuerzo	8días	Diámetro	Carga	Esfuerzo
	cm	Kg	Kg/cm2		cm	Kg	Kg/cm2
1	14.8	47200	274	5	15.0	53000	300
2	14.9	46000	264	6	15.1	47600	266
3	14.8	46400	270	7	14.9	53600	307
4	14.8	48700	283	8	15.1	52800	295
14días	Diámetro	Carga	Esfuerzo	14días	Diámetro	Carga	Esfuerzo
9	15.0	56800	321	13	14.9	49800	286
10	15.0	58000	328	14	15.0	44400	251
11	14.9	60400	346	15	14.8	51200	298
12	14.9	58000	333	16	14.8	47400	276
28días	Diámetro	Carga	Esfuerzo	28días	Diámetro	Carga	Esfuerzo
17	14.9	62600	359	47	15.0	60000	340
18	15.0	61200	346	48	15.1	53800	300
19	15.0	59400	336	49	15.0	58800	333
20	14.8	59400	345	50	15.0	59000	334
21	15.0	60800	344	51	15.0	56800	321
22	14.9	62800	360	52	14.9	40400	232
23	15.0	64000	362	53	14.9	54000	310
24	14.8	65200	379	54	14.9	56200	322
25	15.0	64200	363	55	14.8	63000	366
26	14.8	62600	364	56	15.0	68200	386
27	14.8	63200	367	57	14.9	64200	368
28	14.9	62800	360	58	15.0	45000	255
29	15.0	64000	362	59	15.0	60000	340
30	15.0	65400	370	60	14.9	61800	354
31	14.9	60800	349	61	15.0	53000	300
32	15.0	61800	350	62	15.0	60000	340
33	15.0	62000	351	63	14.9	59200	340
34	15.0	61600	349	64	15.0	59600	337
35	15.0	65200	369	65	15.0	54400	308
36	14.8	64800	377	66	15.0	54800	310
37	14.8	67000	389	67	14.9	60800	349
38	14.9	65000	373	68	15.0	63000	357
39	15.0	66000	373	69	14.8	60200	350
40	15.0	60800	344	70	15.0	66400	376
41	15.0	64200	363	71	15.0	66800	378
42	15.0	66600	377	72	15.2	55600	306
43	15.0	64000	362	73	14.9	54000	310
44	14.8	65200	379	74	14.9	56200	322
45	15.0	64200	363	75	14.8	63000	366
46	14.8	62600	364	76	15.0	68200	386



**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESION**

Cuadro 4.2.5

Almohadillas de caucho				
	Esfuerzo de compresión promedio kg/cm <sup>2</sup>			
días	0.4	0.45	0.5	0.55
7	377	336	258	272
14	416	377	359	332
28	495	456	406	360

Cuadro 4.2.6

Caping de azufre y bentonita				
	Esfuerzo de compresión promedio kg/cm <sup>2</sup>			
días	0.4	0.45	0.5	0.55
7	369	297	243	291
14	438	361	341	277
28	435	408	378	319

## **RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESION DIAMETRAL (NTP 339.084)**

Cuadro 4.3.1

Serie D	a/c 0.40		
Probeta	Diámetro	Carga	Resistencia
	(cm)	(Kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )
77	15.1	27400	39
78	15.0	26000	37
79	15.1	29000	41
80	14.9	26000	37
	Promedio		38

Cuadro 4.3.2

Serie C	a/c 0.45		
Probeta	Diámetro	Carga	Resistencia
	(cm)	(Kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )
77	15.0	23400	33
78	14.9	21800	31
79	14.9	23600	34
80	14.8	23200	33
	Promedio		33

Cuadro 4.3.3

Serie B	a/c 0.50		
Probeta	Diámetro	Carga	Resistencia
	(cm)	(Kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )
77	14.9	27600	39
78	14.8	19600	28
79	15.0	29600	42
80	15.0	26000	37
	Promedio		37

Cuadro 4.3.4

Serie A	a/c 0.55		
Probeta	Diámetro	Carga	Resistencia
	(cm)	(Kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )
77	14.8	25200	36
78	14.8	24400	35
79	15.0	26000	37
80	14.9	23600	34
	Promedio		35

## **CAPITULO VI**

# **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS**

## 6.0 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS

### 6.1 ANÁLISIS COMPARATIVO AL ESTADO FRESCO

#### 6.1.1 GENERALIDADES

El objetivo específico del estudio del concreto fresco en esta tesis es de demostrar que se utilizó un concreto normal y común con ninguna característica especial, para que el estudio este centrado y basado en el método de cabeceado de la probeta. A continuación presento el cuadro resumen de las características de los agregados de la cantera Jicamarca, en los cuales se puede apreciar que son normales.

Descripción		Arena	Piedra
Módulo de finura		2.98	6.95
Peso específico	gr/cm <sup>3</sup>	2.64	2.67
Porcentaje de absorción	%	0.94%	1.36%
Peso Unitario Suelto	kg/m <sup>3</sup>	1760	1330
Peso Unitario Compactado	kg/m <sup>3</sup>	1970	1520
Contenido de Humedad	%	0.67%	0.57%
Material que pasa la malla 200	%	4.9%	--
Superficie específica	cm <sup>2</sup> /gr	47.8	--

El cemento utilizado en esta tesis es Cemento Andino tipo I.

Para la elaboración y curado de las distintas mezclas de concreto a estudiar en el laboratorio se utilizó agua potable proveniente de la red pública de agua potable de la ciudad de Lima, la cual no presentó olor ni sabor perceptible que pueda indicar la presencia de sustancias perjudiciales para el concreto.

Para este ensayo se utilizaron almohadillas de caucho natural reforzado con polibutadileno en proporción caucho 80% / polibutadileno 20% fabricadas a medida por la fabrica ELASTOMEROS S.A. con un espesor

de 13 mm. y un diámetro de 160 mm. con una dureza de 80 Shore A, resiliente con una gravedad específica de 1.27gr/cc.

Como se puede apreciar los materiales empleados son normales y típicos de la ciudad de Lima.

### 6.1.2 DOSIFICACION DEL CONCRETO

El siguiente cuadro muestra la dosificación de concreto empleada para todas las relaciones a/c en esta tesis

Relación a/c	0.40	0.45	0.50	0.55
W arena (%)	0.50	0.50	0.70	0.70
W piedra (%)	0.55	0.55	0.45	0.45
Abs. Arena (%)	0.94	0.94	0.94	0.94
Abs. Piedra (%)	1.36	1.36	1.36	1.36
Agua (l/m <sup>3</sup> )	235.0	225.0	225.0	210.0
Factor cemento	587.5	500.0	450.0	381.8
Asentamiento	4"	3.5"	4"	3.5"
<b>Dosificación</b>				
Cemento (kg)	16.13	13.71	12.38	10.43
Agua (kg)	6.72	6.45	6.45	6.01
Arena (kg)	22.47	23.94	24.71	26.01
Piedra (kg)	18.68	19.90	20.47	21.55
Suma (kg)	64.00	64.00	64.00	64.00

### 6.1.3 RESULTADOS DE ENSAYOS DE CONCRETO FRESCO

Cuadro 6.1.2

Relación a/c	Flujo	Contenido de aire	Exudación	Peso unitario	Tiempo de Fraguado		Consistencia
					Tiempo Inicial	Tiempo Final	
0.40	97.94%	1.80%	1.0 cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup>	2360 Kg/m <sup>3</sup>	4:40 h	5:52 h	4"
0.45	95.98%	2.00%	1.6 cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup>	2350 Kg/m <sup>3</sup>	4:45 h	6:08 h	3 ½"
0.50	102.54%	1.80%	3.7 cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup>	2350 Kg/m <sup>3</sup>	4:45 h	5:58 h	4"
0.55	94.23%	1.90%	4.0 cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup>	2360 Kg/m <sup>3</sup>	4:40 h	5:58 h	3 ½"

Como se observa en el cuadro 6.1.2 los resultados de los ensayos de concreto fresco son normales, los cuales nos aseguran un concreto normal y estándar.

## 6.2 ANÁLISIS COMPARATIVO AL ESTADO ENDURECIDO

### 6.2.1 GENERALIDADES

Luego de haber realizado todos los estudios de los materiales para luego poder diseñar un concreto lo más homogéneo posible, siguiendo procedimientos rigurosos al momento de la fabricación, con control de pesos al gramo, para lograr el objetivo de disminuir al mínimo la desviación de los resultados de resistencia a la compresión por causa de la fabricación del concreto, se procederá a analizar los resultados obtenidos con los 2 sistemas de capping, el sistema de almohadillas de compresión de caucho y el método convencional de capping de azufre con bentonita. La norma ASTM C 1231-93 nos da referencia de cómo se deben fabricar los moldes y almohadillas que ya han sido definidos en el capítulo I (ver Pág. 29), además nos da un reporte estadístico para saber si el molde de caucho es aceptable o no, además de ese estudio realizaré comparaciones estadísticas y gráficas por mi parte que considero necesarias para demostrar la mayor efectividad de este sistema.

### 6.2.2 CALCULO DE FACTIBILIDAD SEGÚN NORMA ASTM C 1231 – 93

Les presento una traducción no oficial de la norma ASTM C 1231-93 hecha por mí para guiar el cálculo de los resultados.

#### 10. Cálculos.

10.1 Para cada nivel de esfuerzos, se calcula la diferencia de esfuerzos de cada par de probetas y el esfuerzo promedio de las probetas tanto para el sistema en referencia y el nuevo sistema de almohadillas de compresión, con las formulas siguientes:

$$d_i = x_{pi} - x_{si}$$

$$X_s = (x_{s1} + x_{s2} + x_{s3} + \dots + x_{sn})/n$$

$$X_p = (x_{p1} + x_{p2} + x_{p3} + \dots + x_{pn})/n$$

Donde:

$d_i$  = Diferencia de esfuerzos de un par de probetas calculados como la diferencia del esfuerzo de la probeta con almohadillas menos el esfuerzo de la probeta con el sistema de capping convencional ( puede ser positivo o negativo).

$x_{pi}$  = Esfuerzo de la probeta usando almohadillas de compresión

$x_{si}$  = Esfuerzo de la probeta usando capping convencional

$n$  = Numero de pares de probetas utilizados

$X_s$  = Promedio de los esfuerzos utilizando capping convencional

$X_p$  = Promedio de los esfuerzos utilizando almohadillas de compresión

10.2 Cálculo de la diferencia promedio  $D$  y la desviación estándar de la diferencia,  $S_d$ , para cada nivel de esfuerzos, calculadas como sigue:

$$D = (d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n)/n$$

$$S_d = [\Sigma(d_i - D)^2/(n-1)]^{1/2}$$

10.3 Para completar esta práctica se debe satisfacer la siguiente relación:

$$X_p \geq 0.98 X_s + (tS_d)/(n)^{1/2}$$

Donde  $t$  es el valor de la  $t$  de STUDENT para  $n-1$  pares a  $\alpha = 0.05$  de la siguiente tabla:

(n - 1)	( $\alpha = 0.05$ )
9	1.833
14	1.761
19	1.729
100	1.662

- **Relación a/c 0.40**

Xs	467.00
Xp	496.00
D	59.64
Sd	40.15
t	1.70
n	30.00

Siguiendo la formula:

$$X_p \geq 0.98 X_s + (tS_d)/(n)^{1/2}$$

Tenemos que:

$$496 \geq 441$$

Por lo tanto por el método ASTM cumple para esta relación.

- **Relación a/c 0.45**

Xs	408
Xp	456
D	48
Sd	28.58
t	1.70
n	30

Siguiendo la formula:

$$X_p \geq 0.98 X_s + (tS_d)/(n)^{1/2}$$

Tenemos que:

$$456 \geq 409$$

Por lo tanto por el método ASTM cumple para esta relación.



- **Relación a/c 0.50**

Xs	378
Xp	406
D	28
Sd	33.98
t	1.70
n	30

Siguiendo la formula:

$$X_p \geq 0.98 X_s + (tS_d)/(n)^{1/2}$$

Tenemos que:

$$406 \geq 381$$

Por lo tanto por el método ASTM cumple para esta relación.

- **Relación a/c 0.55**

Xs	333
Xp	362
D	29.00
Sd	36.94
t	1.70
n	30

Siguiendo la formula:

$$X_p \geq 0.98 X_s + (tS_d)/(n)^{1/2}$$

Tenemos que:

$$362 \geq 338$$

Por lo tanto por el método ASTM cumple para esta relación.

Todos los cálculos se encuentran en el anexo 1.

### 6.2.3 ANALISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS

En vista de que las normas ASTM dan una pauta de factibilidad y que es muy pobre el análisis sobre el comportamiento de ambos métodos, realizo un análisis comparativo para observar las resistencias y desviaciones estándar las cuales presento en el cuadro 6.2.3.1, además presento las graficas de resistencias en forma comparativa para cada sistema, en las paginas siguientes.

#### 6.2.3.1 ANALISIS COMPARATIVO CON MUESTRA AL 100%

##### Observaciones de los gráficos

- En los gráficos se observa una gran dispersión de los puntos para el método de capping convencional mientras que el método de almohadillas de compresión los presenta bastante juntos.
- Los gráficos de capping de azufre muestran 1 o 2 picos en cada grafica, los gráficos del método de almohadillas no presentan picos extremadamente notorios.
- La diferencia de máximos y mínimos para las gráficas de capping de azufre son de 100 a 160 Kg/cm<sup>2</sup> aproximadamente el doble de las observadas para el caso de almohadillas que van de 40 a 80 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Haciendo un calculo estadístico simple con el total de los valores obtenidos, obteniendo la Media  $\mu$ , la Varianza  $S^2$  y la Desviación estándar  $S$ , con las formulas siguientes:

La Media  $\mu$  se obtiene como sigue

$$\mu = x_1 + x_2 + \dots + x_n / n$$

Ecuación para obtener la Varianza  $S^2$

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Desviación Estándar S

$$S = \sqrt{S^2}$$

Cuadro 6.2.3.1

La media, Varianza y desviación estándar al 100% de la muestra

	0.40		0.45		0.50		0.55	
	Caucho	Caping	Caucho	Caping	Caucho	Caping	Caucho	Caping
$\mu$	496	437	456	408	406	378	362	333
$S^2$	348.30	1116.78	193.13	945.55	222.59	698.27	160.50	1258.78
S	18.66	33.42	13.90	30.75	14.92	26.42	12.67	35.48

- Como observamos en el cuadro 6.2.3.1 la desviación estándar S obtenida con el caping de azufre es más del doble que la obtenida con el método de las almohadillas caucho.
- La media obtenida con el sistema de las almohadillas de caucho es 10% mayor que la obtenida con el sistema de caping de azufre con bentonita.
- De los resultados obtenidos de la desviación estándar se deduce que el sistema de las almohadillas de compresión es más confiable que el sistema de caping de azufre con bentonita.

**GRAFICOS COMPARATIVOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ALMOHADILLAS DE CAUCHO Y CAPIING DE AZUFRE CON BENTONITA CON 100% DE MUESTRA**

Grafico 6.2.3.1

**Almohadillas de caucho a/c 0.40**

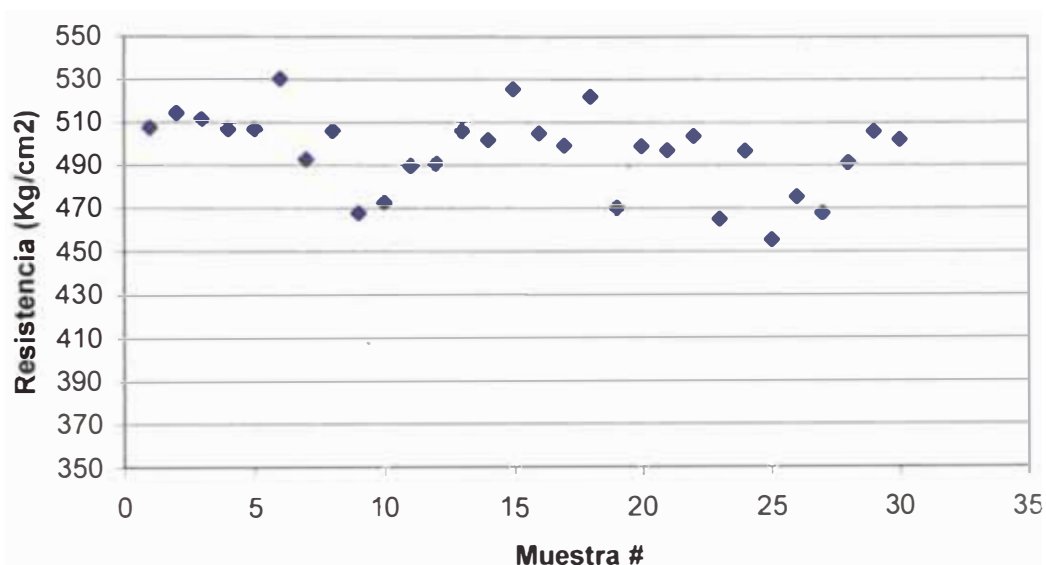
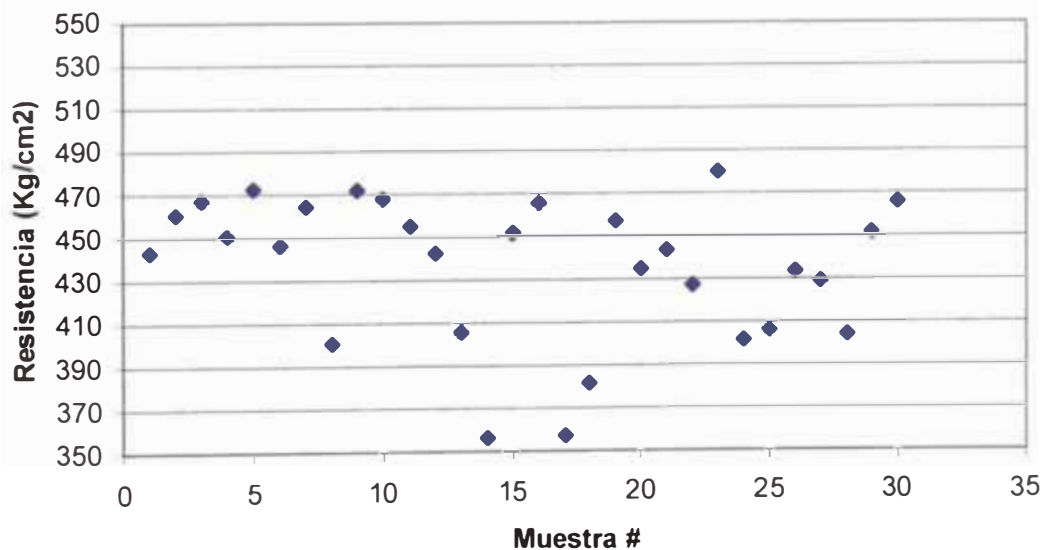


Grafico 6.2.3.2

**Caping de azufre con bentonita a/c 0.40**



**GRAFICOS COMPARATIVOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ALMOHADILLAS DE CAUCHO Y CAPING DE AZUFRE CON BENTONITA CON 100% DE MUESTRA**

Grafico 6.2.3.3

**Almohadillas de caucho a/c 0.45**

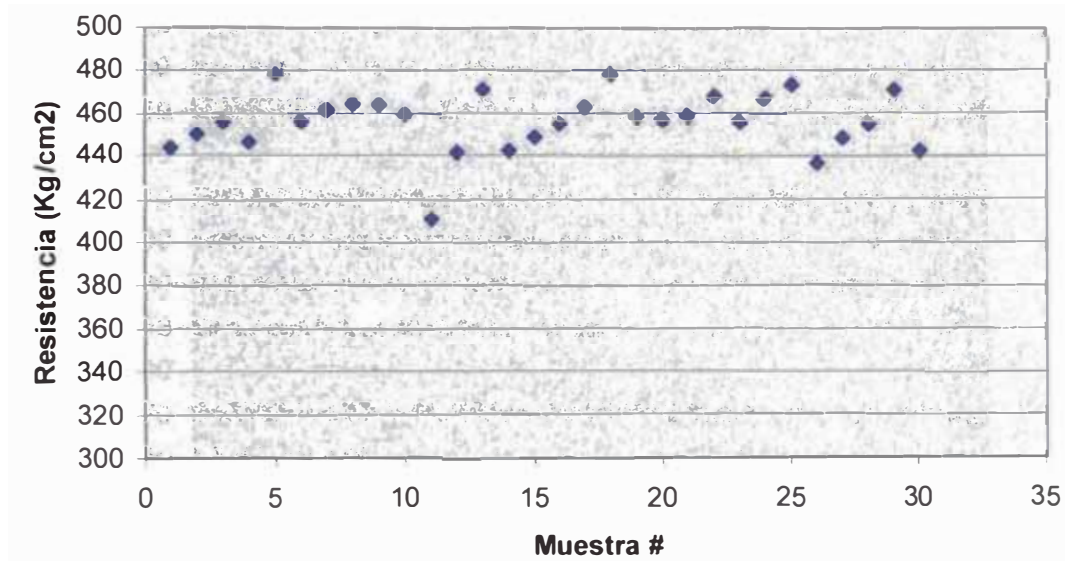
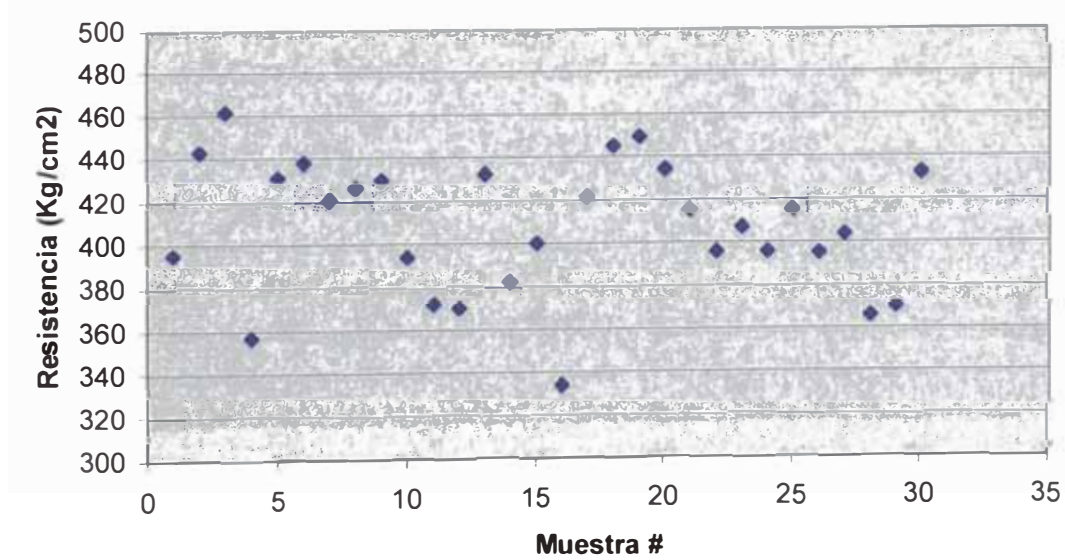


Grafico 6.2.3.4

**Caping de azufre con bentonita a/c 0.45**



## GRAFICOS COMPARATIVOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ALMOHADILLAS DE CAUCHO Y CAPIING DE AZUFRE CON BENTONITA CON 100% DE MUESTRA

Grafico 6.2.3.5

### Almohadillas de caucho a/c 0.50

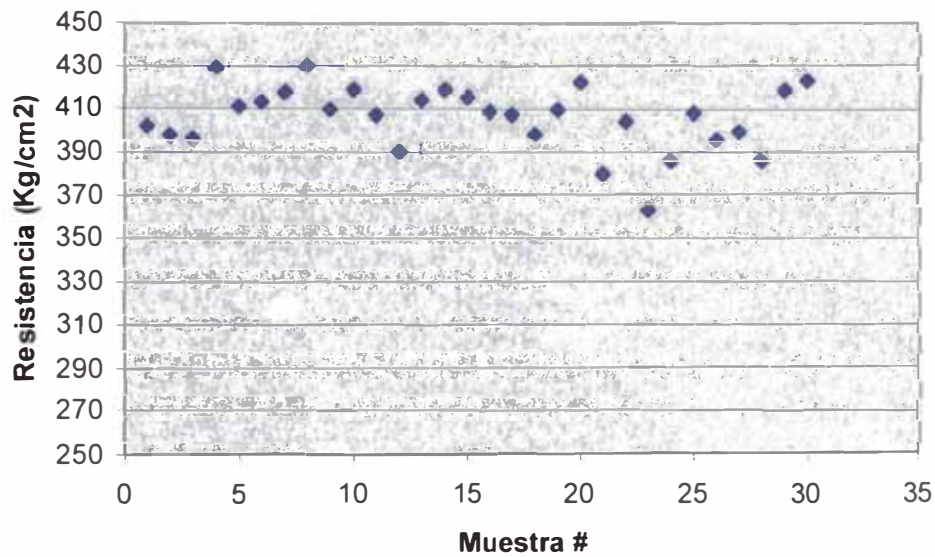
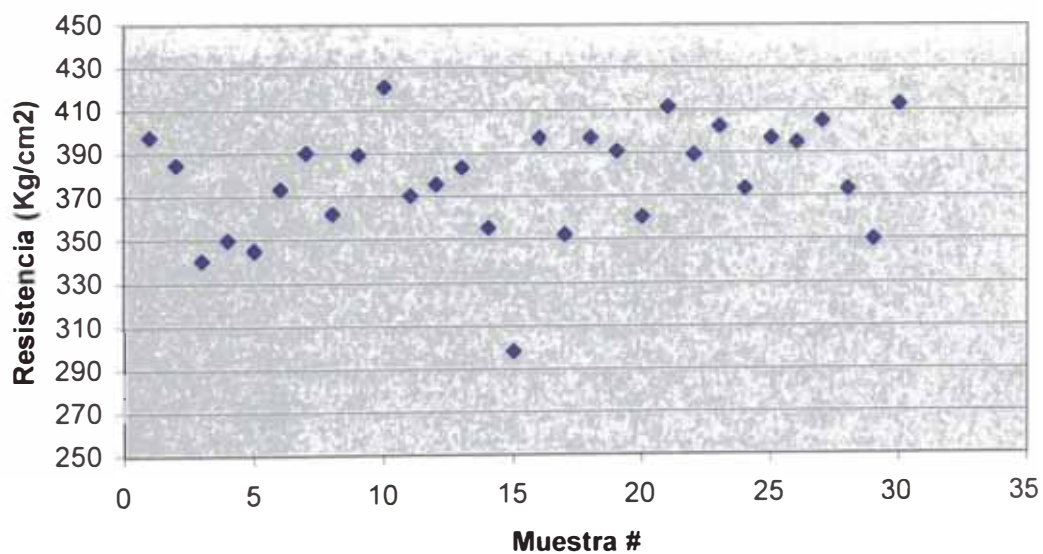


Grafico 6.2.3.6

### Caping de azufre con bentonita a/c 0.50



**GRAFICOS COMPARATIVOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ALMOHADILLAS DE CAUCHO Y CAPIING DE AZUFRE CON BENTONITA CON 100% DE MUESTRA**

Grafico 6.2.3.7

**Almohadillas de caucho a/c 0.55**

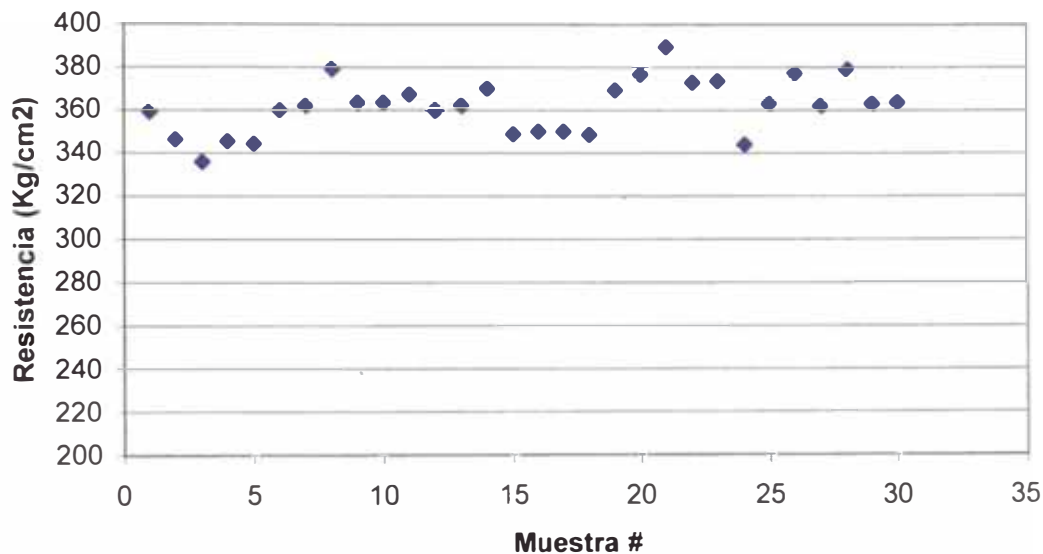
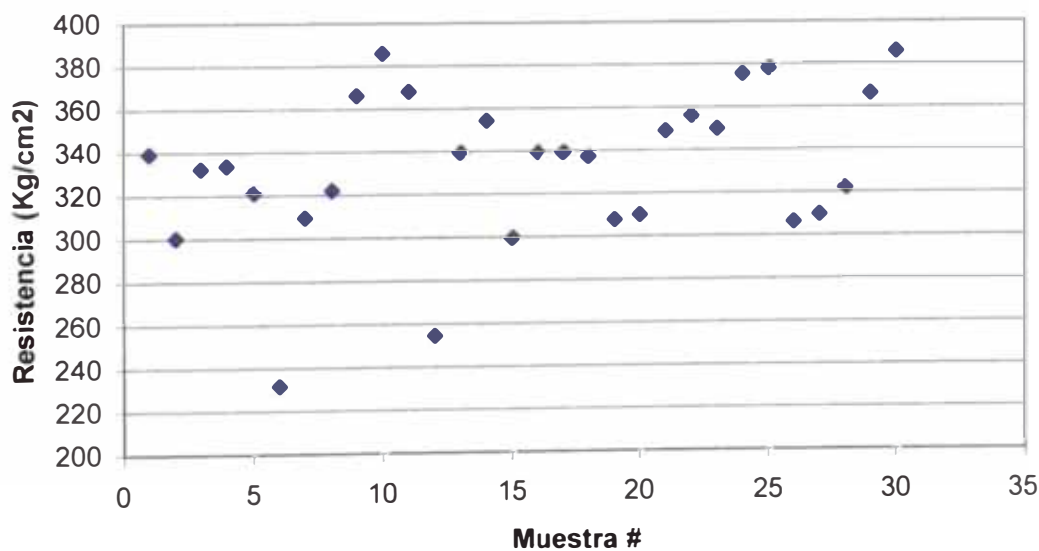


Grafico 6.2.3.8

**Caping de azufre con bentonita a/c 0.55**

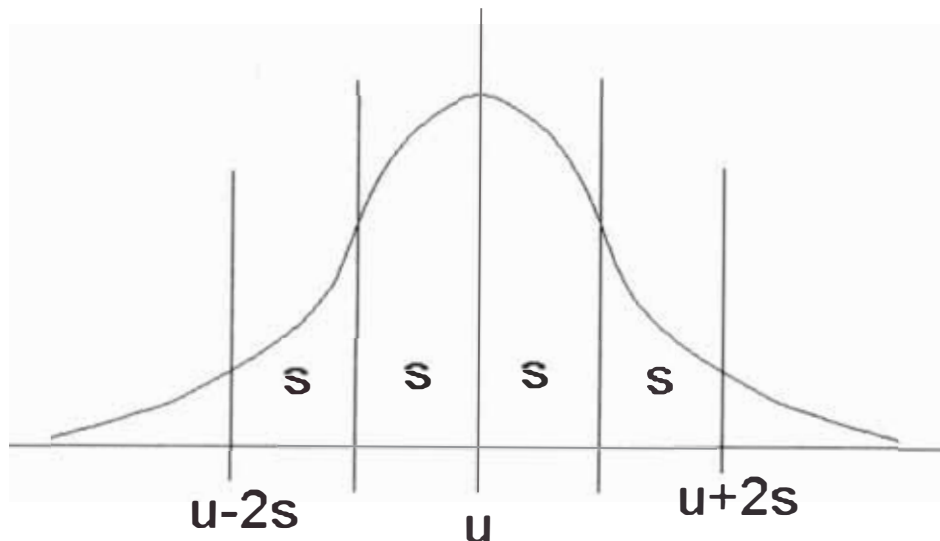




### 6.2.3.2 ANALISIS COMPARATIVO COM MUESTRA AL 95.2% $\mu \pm 2S$

Puesto que para estas primeras gráficas se consideraron todos los datos para dar un mejor enfoque estadístico les presento las graficas al 95.2% de probabilidad de ocurrencia es decir  $\mu \pm 2S$  lo cual elimina probables picos ocurridos por diversos motivos ajenos a los ensayos. Queda de notar que el método de caping convencional es el que presenta la mayor incidencia en los picos.

$\mu \pm 2S$  equivale a decir que se tomaran los datos que estén incluidos desde la media hasta 2 veces la desviación estándar tanto para el lado positivo como para el negativo



#### Observaciones de los gráficos

- En los gráficos se observa una gran dispersión de los puntos para el método de caping convencional mientras que el método de almohadillas de compresión los presenta bastante juntos.
- La diferencia de máximos y mínimos para las graficas de caping de azufre son de 80 a 100 Kg/cm<sup>2</sup> aproximadamente el doble de las observadas para el caso de almohadillas que van de 40 a 60 Kg/cm<sup>2</sup>.



Cuadro 6.2.3.2

La media, Varianza y desviación estándar al 95.2% de la muestra

	0.40		0.45		0.50		0.55	
	Caucho	Caping	Caucho	Caping	Caucho	Caping	Caucho	Caping
$\mu$	498	442	458	410	408	381	362	340
$S^2$	309.90	695.85	124.35	776.88	162.72	486.79	119.64	699.85
S	17.60	26.38	11.15	27.87	12.76	22.06	10.94	26.45

- Como observamos en el cuadro 6.2.3.2 la desviación estándar con el caping de azufre es más del doble de la obtenida con el método de las almohadillas caucho en la mayoría de los casos.

Cuadro 6.2.3.3

Tabla Valores de dispersión en el control del concreto

Clase de operación	Desviación estándar para diferentes grados de control (Kg/cm <sup>2</sup> )				
	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	>24.6

Tabla 3.5 del ACI 214 - 77

- Según el cuadro 6.2.3.3 vemos que para los concretos de a/c 0.45 a 0.55 el valor de la desviación estándar es referido a excelente y muy bueno para el caso de a/c 0.40 para el método de almohadillas de compresión.
- Según el cuadro 6.2.3.3 notamos que la desviación estándar del método convencional de caping de azufre y bentonita es referido como deficiente en 3 de sus relaciones a/c y un suficiente para la relación a/c 0.50.
- Para culminar esta comparación un resumen el sistema de almohadillas de compresión cuenta con menor desviación estándar, menor diferencia de máximos y mínimos, y 10% mayor resistencia a la compresión.

**GRAFICOS COMPARATIVOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ALMOHADILLAS DE CAUCHO Y CAPING DE AZUFRE CON BENTONITA CON 95.2% DE CONFIABILIDAD**

Grafico 6.2.3.9

**Almohadillas de caucho a/c 0.40**

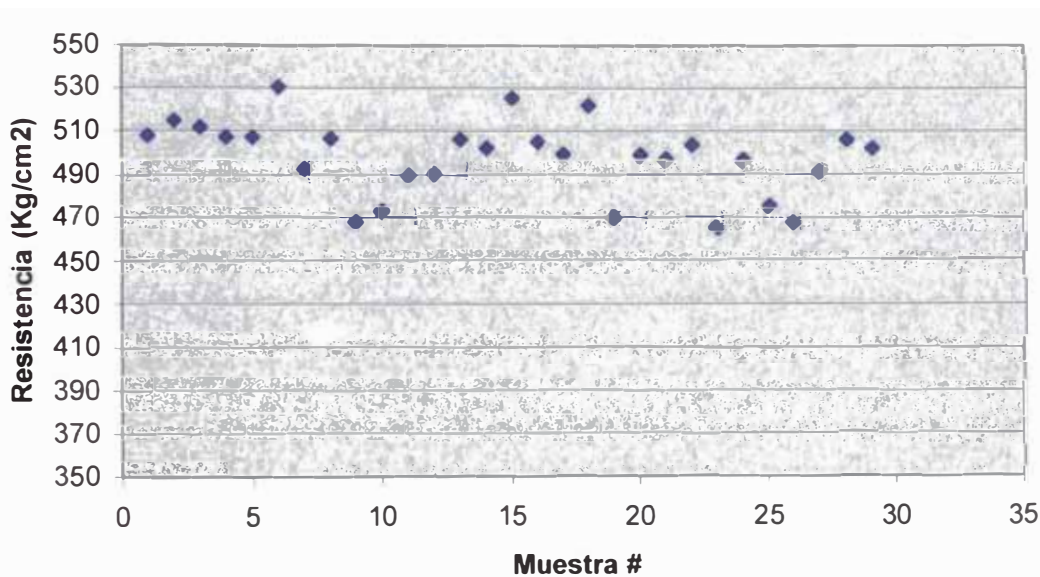
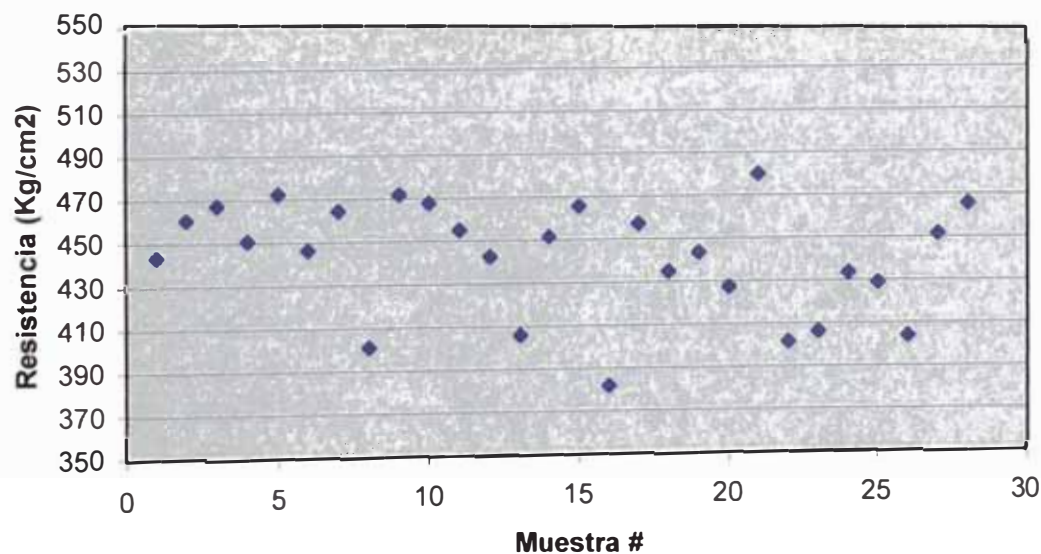


Grafico 6.2.3.10

**Caping de azufre con bentonita a/c 0.40**



**GRAFICOS COMPARATIVOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ALMOHADILLAS DE CAUCHO Y CAPIING DE AZUFRE CON BENTONITA CON 95.2% DE CONFIABILIDAD**

Grafico 6.2.3.11

**Almohadillas de caucho a/c 0.45**

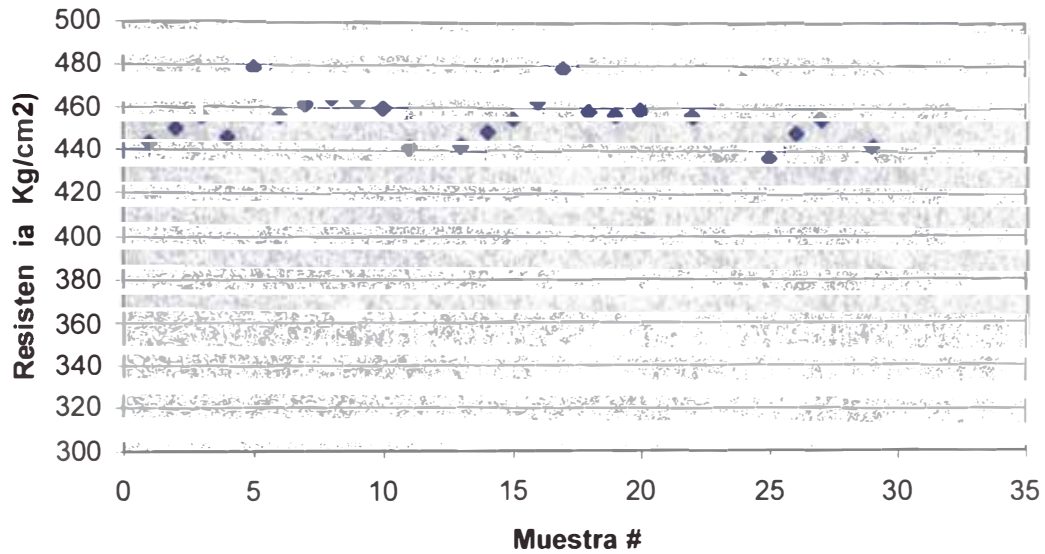
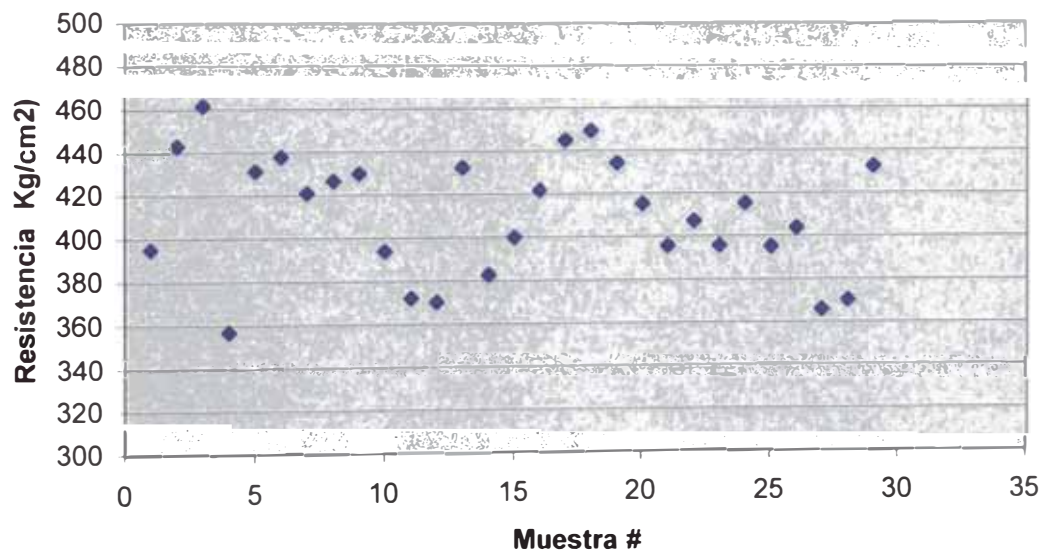


Grafico 6.2.3.12

**Caping de azufre con bentonita a/c 0.45**



**GRAFICOS COMPARATIVOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ALMOHADILLAS DE CAUCHO Y CAPIING DE AZUFRE CON BENTONITA CON 95.2% DE CONFIABILIDAD**

Grafico 6.2.3.13

**Almohadillas de caucho a/c 0.50**

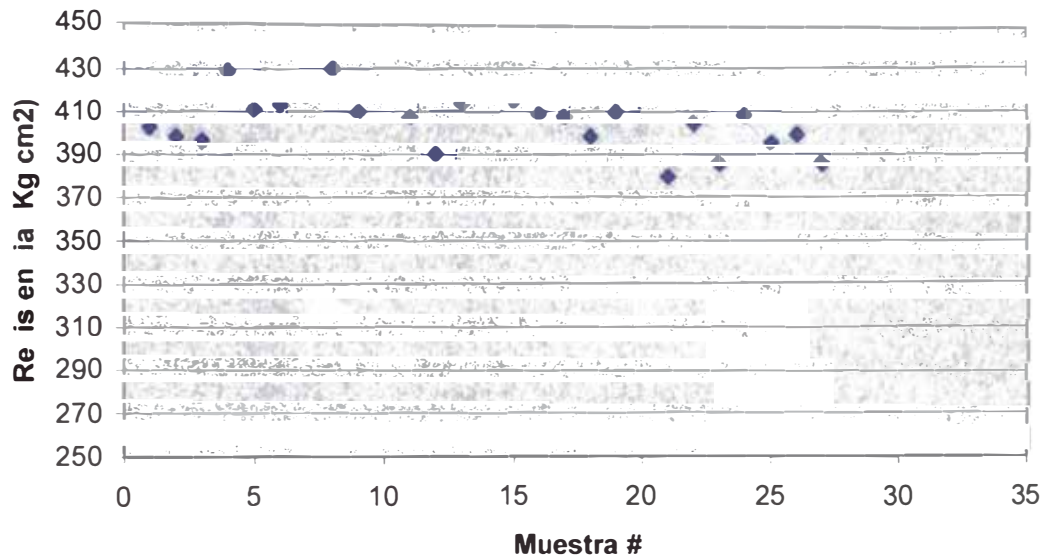
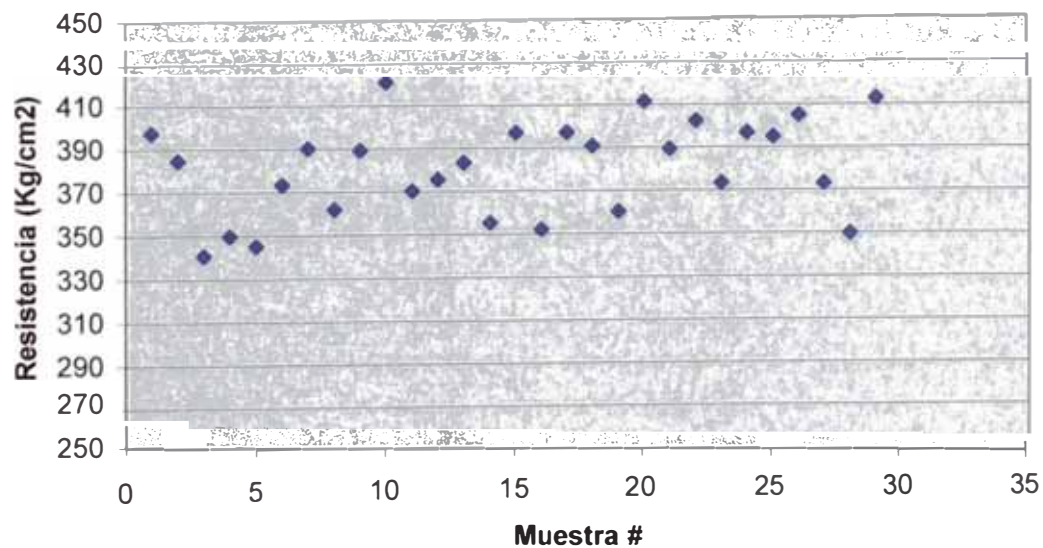


Grafico 6.2.3.14

**Caping de azufre con bentonita a/c 0.50**



## 6.3 ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS

### 6.3.1 COSTO DE LAS ALMOHADILLAS DE COMPRESION

El sistema de almohadillas de compresión cuenta con bases de metal las cuales cuestan 150 dólares el par como inversión inicial pero su uso es casi ilimitado, al igual que el método del caping de azufre y bentonita tiene una inversión inicial en los hornos para fundir el material la cual no consideraré en el análisis.

Según la norma ASTM C 1231-93 las almohadillas de caucho se tienen que probar para 100 usos, y pueden rendir más de 100 usos pero para eso se deben hacer los ensayos respectivos, en este caso las almohadillas cumplieron sus 100 usos sin ningún problema mostrándose casi intactas al fin de estos.

- Suponiendo solo 100 usos por almohadilla.
- Costo de plancha para 9 almohadillas es de 32 dólares, se puede pedir en plancha o a medida del molde.
- Precio de par de almohadillas puesto que para cada ensayo se utilizan 2 (cara superior e inferior) es de 7.1 dólares
- Costo por uso  $7.1 \text{ dólares} / 100 \text{ usos} = 0.071 \text{ dólares por uso}$
- Precio del cambio del dólar a la fecha 11 marzo 2005 fue de 3.24 soles
- El precio en soles por uso es de 0.23 soles por uso.

**Costo de par de almohadillas por uso es de 0.23 soles**

### 6.3.2 COSTO DEL CAPING DE AZUFRE CON BENTONITA

De la misma forma que el sistema de almohadillas de compresión utiliza unos moldes de metal el sistema de azufre con bentonita utiliza moldes y hornos para trabajar el material, costos que no incluiré en el estudio por



ser de incidencia insignificantes por la cantidad de usos que rinden estos aparatos.

- La relación en peso de azufre bentonita es de 3 a 2 el precio del azufre es de 2.06 soles/Kg y la bentonita esta 0.63 soles/Kg lo que nos da un precio de 1.5 soles/Kg de mezcla
- Según norma ASTM C617-98 la cantidad de usos de una mezcla de azufre con bentonita es de 5 pero en el proceso de derretido y endurecido se pierde mezcla calculando el número de usos de un Kg de mezcla el resultado salio 15 es decir suficiente para 7.5 muestras puesto que cada muestra utiliza dos caras. El precio de cada cara de la muestra resulta ser 0.1 soles necesitándose 2 caras por muestra el precio de materiales por muestra es 0.2 soles
- La mano de obra experta realiza un promedio de 120 muestras al día y el jornal diario esta cotizado en 24 soles, precio de mano de obra por probeta es de 0.2 soles
- Sumando el precio de materiales más la mano de obra resulta un precio total de 0.4 soles por muestra

#### **Costo de par de caras de capping de azufre con bentonita 0.4 soles**

### **6.3.1 COMPARACION DE COSTOS DE LOS DOS SISTEMAS**

- Costo de almohadillas de compresión 0.23 soles/ muestra
- Costo de Capping de azufre con bentonita 0.4 soles/ muestra
- El costo del sistema de almohadillas de compresión es el 57.5% respecto al costo del sistema de capping con azufre y bentonita

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

1. Las muestras de las almohadillas de compresión de caucho de dureza 80 Shore A de fabricación nacional empleadas en esta tesis Según la norma ASTM C1231-93 están conformes y se puede proceder a su utilización.
2. Las desviaciones estándar obtenidas de 10.94 para a/c 0.55, 12.76 para a/c 0.50, 11.15 para a/c 0.45, con el sistema de almohadillas de compresión tiene carácter de excelente según la tabla 3.5 del ACI 217-77 control estándar de concreto y la desviación estándar obtenida para el caso de a/c 0.40 fue 17.60 con un carácter Muy Bueno, referido a la misma tabla.
3. Las desviaciones estándar obtenidas son de 26.45 para a/c 0.55, 22.06 para a/c 0.50, 27.87 para a/c 0.45, 26.38 para a/c 0.40 con el sistema de caping convencional de azufre con bentonita. Estas desviaciones estándar tienen carácter de deficiente a suficiente según la tabla 3.5 del ACI 217-77 control estándar de concreto.
4. Los resultados de resistencia a la compresión obtenidos con el sistema de almohadillas de compresión son 10% mayores que con el método de caping tradicional de azufre y bentonita, pudiéndose deber esto al mejor ajuste de las caras y la transmisión más homogénea de las cargas a las probetas, no queriendo indicar esto que la resistencia del concreto aumente sino mas bien que se tiene un resultado mas certero ya que la resistencia a la compresión obtenida es el fruto de estudio estadístico con menor desviación estándar, lo que podría optimizar los diseños de concreto.
5. EL método de almohadillas de compresión de dureza 80 Shore A reduce las zonas de esfuerzos críticos en las probetas de concreto y debido a esto elimina los picos de los valores negativos en los resultados



obtenidos en los ensayos de compresión realizados con caping convencional.

6. Se nota que para las relaciones a/c 0.55 y 0.50 lo que equivale decir concretos de 350 a 450 Kg/cm<sup>2</sup> los resultados son mas homogéneos y por lo observado en la práctica la almohadilla sufre menos deformaciones.
7. Para relaciones a/c 0.45 y 0.40 es decir concretos de 450 a 500 Kg/cm<sup>2</sup> los resultados son buenos pero se observan demasiadas deformaciones en la almohadilla de caucho lo cual influye en una menor cantidad de usos posibles y una mayor dispersión en los datos de resistencias.
8. El costo del sistema de almohadillas de compresión es el 57.5% respecto al costo del sistema de caping con azufre y bentonita

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la implementación de este sistema en los laboratorios de ensayos de materiales por las siguientes razones:
  - Mayor precisión en los ensayos
  - Economía
  - Menor tiempo de ejecución de los ensayos
  - Limpieza
  - Facilidad de uso
2. Las caras de las probetas tienen que ser lo más lisas y paralelas posible con un buen acabado, esto incluye no marcar las caras con ningún tipo de relieve que modifique el paralelismo.

3. Instruir a los Ingenieros, técnicos y personas que manipulen las probetas, sobre la importancia del buen estado de éstas para de esta manera poder retribuir un resultado mas fidedigno en los ensayos.
4. Continuar usando el sistema de la almohadillas de compresión para poder optimizar el número de usos puesto que la norma contempla solo 100 usos como condición básica, que esta tesis lo comprobó, pero puedo sugerir que las almohadillas de 80 Shore A de dureza para concretos de relación a/c 0.55 y 0.50 pueden llegar a 200 o 300 usos, por lo tanto seria conveniente encontrar el optimo numero de usos que estas almohadillas pueden rendir según normal ASTM c 1231- 93.
5. Verificar la utilidad de las almohadillas de compresión para las probetas de 4" \* 8", a diferencia de las probetas cilíndricas de 15 \* 30, éstas necesitan un molde más pequeño para adecuarse a sus medidas.
6. Comprobar la efectividad de almohadillas de caucho de dureza 80 Shore A para los concretos de menor resistencia, es decir probar almohadillas para concretos que vayan del rango de 350 kg/cm<sup>2</sup> hasta concretos 140 kg/cm<sup>2</sup> ya que esta tesis lo comprobó para concretos de 350 Kg/cm<sup>2</sup> a 500 Kg/cm<sup>2</sup>, para ver si es posible usar un solo tipo de almohadilla para un gran rango de resistencias lo cual facilitaría bastante el trabajo en el laboratorio.

# **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Titulo** **Tópicos de tecnología del concreto.**  
**Autor** Ing. Enrique Pasquel C.  
**Biblioteca** Personal Año 1998  
**Contenido** Conceptos generales sobre el concreto y los materiales para su elaboración, propiedades del concreto, diseño de mezclas, concretos especiales.
  
2. **Titulo** **Diseño de mezcla**  
**Autor** Ing. Enrique Riva López  
**Biblioteca** Personal Año 1994  
**Contenido** Diseño de mezcla para concreto
  
3. **Titulo** **Naturaleza y materiales del Concreto**  
**Autor** American Concrete Institute A.C.I.  
**Biblioteca** Personal Año 2000  
**Contenido** Consideraciones generales, Naturaleza del Concreto Cemento, Agregados, Efectos del agregado sobre el concreto, Agua, Aditivos
  
4. **Titulo** **Tecnología del Concreto**  
**Autor** American Concrete Institute A.C.I.  
**Biblioteca** Personal Año 1998  
**Contenido** Consideraciones Especiales, Control de calidad del concreto.
  
5. **Titulo** **Normas de Ensayos**  
**Autor** Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI)  
**Biblioteca** INDECOPI Años 1987 - 1989  
**Contenido** Normas de ensayos para agregados, cementos y concretos.

- |     |            |  |
|-----|------------|--|
| 6.  | Titulo     | <b>Diseño de Mezclas</b>                 |
|     | Autor      | Ing. Rafael Cachay Huaman                |
|     | Biblioteca | Personal                                 |
|     | Contenido  | Diseño por el método del agregado global |
|     |            |  |
| 7.  | Titulo     | <b>Normas de estructuras</b>             |
|     | Autor      | ICG                                      |
|     | Biblioteca | Personal                                 |
|     | Contenido  | Norma E.060                              |
|     |            |  |
| 8.  | Titulo     | <b>Normas ASTM</b>                       |
|     | Autor      | ASTM                                     |
|     | Biblioteca | LEM                                      |
|     | Contenido  | Normas de ensayos                        |
|     |            |  |
| 9.  | Titulo     | <b>Normas Peruanas de estructuras</b>    |
|     | Autor      | American Concrete Institute A.C.I.       |
|     | Biblioteca | LEM                                      |
|     | Contenido  | Normas y requisitos de materiales        |
|     |            |  |
| 10. | Titulo     | <b>Normas ACI</b>                        |
|     | Autor      | American Concrete Institute A.C.I.       |
|     | Biblioteca | LEM                                      |
|     | Contenido  | Normas sobre concreto                    |