

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“VERIFICACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE
FIBRAS SINTÉTICAS PARA NEUTRALIZAR LAS
FISURAS CAUSADAS POR CONTRACCIÓN
PLÁSTICA EN EL CONCRETO”**

PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR
GARCIA AYMAR PEDRO ANTONIO

LIMA – 2007

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer y expresarle toda mi gratitud, a las ingenieras Liliana Chavarría Reyes y Enriqueta Pereyra Salardi, quienes me ayudaron y aconsejaron, además de ser mis profesoras las considero como grandes amigas.

Al ingeniero Hugo Ora Bullon de BASF (MBT UNICON) quien me oriento acerca del uso de los aditivos.

A la Empresa BASF (MBT-UNICON) que me donó las fibras y aditivos para la presente investigación.

A mis amigos Roy y Alberto por el apoyo que me dieron para la realización de este proyecto.

*Dedico esta tesis a ti Señor,
gracias a ti lo logré, a mis padres
Jorge y Yesica que nunca me
negaron nada con el fin de
terminar este proyecto, a mis
abuelos Pedro, Hilda, Julio y
Elsa que los considero mis
modelos de vida a seguir, a ti
Anita que eres como mi mamá y lo
sabes, a mis hermanos Jorgito y
Nathaly, ahora le toca a ustedes,
a Yayita, mi princesa, por
saberme comprender siempre
amor, y recalco la dedicación a
mi madre, por que eres la razón
por la cual siempre salgo
adelante, Te Amo Mamá.*

ÍNDICE

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES	7
1.1 EXTRACTO	7
1.2 PROBLEMÁTIZACION.....	7
1.3 OBJETIVOS.....	8
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	9
1.4 ALCANCES	9
1.4.1 INTRODUCCIÓN.....	9
1.4.2 CONTRACCIÓN INTRÍNSECA O ESPONTÁNEA.....	10
1.4.3 CONTRACCIÓN POR SECADO.....	11
1.4.4 FACTORES QUE AFECTAN LA CONTRACCIÓN POR SECADO EN EL CONCRETO.....	13
1.5 VARIABLES A USAR	19
CAPÍTULO II. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	20
2.1 RESUMEN	20
2.2 CEMENTO.....	20
2.2.1 DEFINICIÓN	20
2.2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	21
2.2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	22
2.3 AGUA.....	24
2.3.1 DEFINICIÓN	24
2.3.2 REQUISITOS Y NORMAS	24
2.4 FIBRA SINTÉTICA.....	25
2.4.1 DEFINICIÓN	25
2.4.2 FIBRA FIBERMESH	26
2.5 ADITIVO.....	27
2.5.1 DEFINICIÓN	27
2.5.2 CLASIFICACIÓN	28
2.5.3 ADITIVO POLIHEED 770R.....	30
2.6 AGREGADO FINO	31
2.6.1 DEFINICIÓN	31
2.6.2 CANTERA	31
2.6.3 REQUISITOS.....	31

2.6.4 GRANULOMETRÍA	32
2.6.5 Módulo de Finura	36
2.6.6 Peso Específico	37
2.6.7 Porcentaje de Absorción	38
2.6.8 Peso Unitario	43
2.6.9 Contenido de Humedad	48
2.6.10 Porcentaje que Pasa la Malla N° 200	50
2.7 AGREGADO GRUESO	52
2.7.1 Definición	52
2.7.2 Características y Propiedades Físicas	52
2.7.3 Granulometría	52
2.7.4 MÉTODOS DE COMBINACIÓN	60
2.7.5 MÓDULO DE FINURA	75
2.7.6 PESO ESPECÍFICO	76
2.7.7 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	77
2.7.8 PESO UNITARIO	85
2.7.9 CONTENIDO DE HUMEDAD	94
2.7.10 PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N° 200	97
CAPITULO III. DISEÑO DE MEZCLA	100
3.1 EL PROCESO DE SELECCIÓN DE LA MEZCLA	100
3.2 FACTORES PARA LA SELECCIÓN DE LAS PROPORCIONES DE LA MEZCLA	101
3.2.1 RESISTENCIA	101
3.2.2 DURABILIDAD	101
3.2.3 TRABAJABILIDAD	102
3.3 COMBINACIÓN DEL AGREGADO GLOBAL	102
3.3.1 DENSIDAD MÁXIMA DEL AGREGADO COMBINADO	103
3.3.2 MÁXIMA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PARA LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS	104
3.4 DISEÑO DEL CONCRETO PARA CADA RELACIÓN AGUA/CEMENTO	105
CAPÍTULO IV. CONCRETO FRESCO	116
4.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO	116
4.1.1 TRABAJABILIDAD	116
4.1.2 CONSISTENCIA	117
4.1.3 SEGREGACIÓN	117
4.1.4 EXUDACIÓN	118
4.1.5 COHESIVIDAD	118
4.2 ENSAYOS DE CONCRETO FRESCO	118

4.2.1 PESO UNITARIO	118
4.2.2 ENSAYO RENDIMIENTO	122
4.2.3 ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE	131
4.2.4 ENSAYO DE EXUDACIÓN	134
4.2.5 ENSAYO CONO DE ABRAMS (ASENTAMIENTO)	153
4.2.6 ENSAYO DE FISURACIÓN	158
CAPÍTULO V. CONCRETO ENDURECIDO	169
5.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO	169
5.1.1 Elasticidad	169
5.1.2 Resistencia	169
5.1.3 Extensibilidad	170
5.2 ENSAYO DE CONCRETO ENDURECIDO	170
5.2.1 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	170
5.2.2 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL	178
5.2.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	182
5.2.4 ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD	187
CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE COSTOS	193
6.1 ANÁLISIS DE COSTOS	193
6.2 OPTIMIZACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MEDIANTE LA LEY DE POWERS	193
CAPÍTULO VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS	202
7.1 INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	202
7.1.1 CONCRETO FRESCO	202
7.1.2 CONCRETO ENDURECIDO	203
CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	205
8.1 CONCLUSIONES	205
8.2 RECOMENDACIONES	206
PANEL FOTOGRÁFICO	208
PREPARACIÓN DE MEZCLA	208
ENSAYO DE CONCRETO FRESCO	209
ENSAYO DE CONCRETO ENDURECIDO	213
BIBLIOGRAFÍA	215

CAPÍTULO I.

ASPECTOS GENERALES

1.1 EXTRACTO

La presente investigación consiste en verificar las dosificaciones de fibras sintéticas en mezclas de concreto incluyendo como parte de la mezcla un aditivo tipo D (reductor de agua + retardante de fragua). Como sabemos la industria de aditivos y fibra sintética tienen tiempo en el mercado, la mentalidad de muchos constructores aún no concuerda con los beneficios de estos productos, debido a que piensan que son productos costosos; por el contrario mejoran el proceso constructivo, optimizan la calidad y el tiempo de ejecución en obra que son factores muy importantes en esta nueva era de la construcción, además de mantener el costo del producto final y hasta reducirlo. Podemos decir que con los años que han transcurrido, el costo de estos productos se ha reducido considerablemente.

Esta investigación sirve para verificar el uso del aditivo tipo D con la fibra sintética; estos materiales ayudan a contrarrestar las fisuraciones por contracción plástica por secado, notablemente y de manera eficaz en comparación con un concreto convencional.

1.2 PROBLEMÁTIZACION

Uno de los problemas más comunes que se debe afrontar en la construcción son las fisuras en el concreto. Comúnmente es posible encontrar en proyectos, problemas de fisuración, causados por cambios volumétricos en el concreto, fisuras que pueden no ser peligrosas estructuralmente, pero desde el aspecto estético pueden dar sensación de inseguridad al cliente, ya que como sabemos el usuario exige una propiedad libre de daños.

Como es en el caso de las losas, que serán vaciadas y expuestas a las condiciones del ambiente. Cuando el concreto es expuesto a su ambiente de servicio, tiende a alcanzar

un equilibrio con ese ambiente. Si el medio ambiente es una atmósfera seca, la superficie expuesta del concreto pierde agua por evaporación. La velocidad de evaporación dependerá de la humedad relativa, la temperatura, la relación agua-cemento y el área de la superficie expuesta del concreto. Las causas de porque el concreto se fisura, encuentra respuesta en varias razones.

Se puede agregar materiales fibrosos en una mezcla de concreto para mejorar su resistencia, elasticidad y control de grietas.

Los tipos de fibras mas comúnmente utilizados en concreto son los sintéticos, que comprenden materiales de polipropileno, nylon, poliéster y polietileno.

Las fibras deben repartirse de forma uniforme en la mezcla, y la orientación de la misma suele ser aleatoria. En contraste, el refuerzo convencional esta típicamente orientado en una o dos direcciones, por lo general en planos paralelos a la superficie. Además, la malla metálica de alambres soldados o atortolados o barras de acero de refuerzo deben mantenerse en su posición cuando el concreto sea colocado en su sitio, cualquiera que sea el tipo, las fibras son eficaces para el control de las grietas, por que le dan a la matriz de concreto un refuerzo en todas las direcciones.

Las fibras sintéticas se utilizan por lo general para sustituir las mallas que conocemos como acero de temperatura, para el control de grietas, esta última puede limitar la medida y extensión de las grietas de contracción plástica por secado. Si bien es cierto que gran parte de la investigación para fibras sintéticas ha utilizado proporciones mayores del 2%, la práctica común en el campo es utilizar 0.1% (900gr/m³). Los resultados empíricos indican que de manera considerable se reduce y controla el agrietamiento.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el desempeño de las fibras sintéticas para contrarrestar las fisuras de contracción plástica añadiendo un aditivo tipo D al concreto.

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Determinar el contenido óptimo de las fibras en el concreto para cada relación a/c considerando la eficacia de los elementos añadidos para contrarrestar las fisuras causadas por la contracción plástica.
- Estudiar las propiedades del concreto endurecido utilizando la fibra sintética (Fibermesh) y el aditivo tipo D (Poliheed 770R).

1.4 ALCANCES

1.4.1 INTRODUCCIÓN

Cuando el agua sale de un cuerpo poroso que no es completamente rígido, ocurre contracción. En el concreto desde su estado fresco hasta su vida en servicio, por lo general ocurre dicho movimiento de agua.

Una de las causas de los cambios volumétricos es debido a la reducción del volumen del sistema cemento más agua: mientras la pasta de cemento es plástica, experimenta una contracción volumétrica cuya magnitud es del orden del uno por ciento del volumen del cemento seco. Una vez que se ha desarrollado cierta rigidez del sistema de la pasta de cemento hidratada, la contracción producida por la pérdida de agua por hidratación se restringe grandemente.

El agua también se puede perder por evaporación a partir de la superficie del concreto, mientras sigue esta en estado plástico. Puede surgir una pérdida similar por succión del concreto seco subyacente o del suelo. Esta contracción es conocida como contracción plástica puesto que el concreto aun esta en estado plástico. La magnitud de la contracción plástica es afectada por la cantidad de agua perdida a partir de la superficie del concreto, la cual es influida por la temperatura, la humedad relativa del ambiente, y la velocidad del viento.

Si la cantidad de agua perdida por unidad de área excede la cantidad de agua extraída a la superficie por exudación y es grande, puede ocurrir agrietamiento de la superficie, lo cual es conocido como agrietamiento por contracción plástica.

El medio efectivo para prevenir el agrietamiento por contracción plástica es mantener baja la velocidad de evaporación del agua a partir de la superficie del concreto; se recomienda no exceder el valor de $1\text{kg}/\text{cm}^2$ por hora. Habrá que recordar que la evaporación se incrementa cuando la temperatura del concreto es mucho mayor que la temperatura del ambiente; en tales circunstancias puede ocurrir contracción plástica, incluso si la humedad relativa del ambiente es alta. Por lo tanto es mejor proteger el concreto del sol y del viento, para colocarlo y acabarlo rápidamente, y para iniciar enseguida el curado. Deberá evitarse colocar el concreto sobre la subrasante seca.

El agrietamiento también se desarrolla por encima de obstrucciones en asentamiento uniforme, por ejemplo, en acero de refuerzo o en grandes partículas de agregado, esto es agrietamiento por asentamiento plástico.

También puede desarrollarse agrietamiento plástico cuando una gran área horizontal del concreto hace que la contracción en dirección horizontal sea más difícil que la vertical; entonces se forman grietas profunda de forma irregular. Tales agrietamientos pueden llamarse apropiadamente grietas de prefraguado. Las grietas típicas de contracción plástica son normalmente paralelas unas a otras, con espacio de 0,3 a 1m entre sí y de profundidad considerable.

La contracción plástica aumenta cuando el contenido de cemento es mayor en la mezcla y, por tanto, menor la relación agua/cemento. La relación entre exudación y contracción plástica no es directa. Por ejemplo el retardo del fraguado permite mayor exudación y conduce al aumento de contracción plástica. Por otro lado, la mayor capacidad de exudación previene un secado completo y muy rápido de la superficie del concreto, esto reduce el agrietamiento por contracción plástica.

1.4.2 CONTRACCIÓN INTRÍNSECA O ESPONTÁNEA.

Es la que constituye la verdadera contracción de fraguado, producto del proceso químico de hidratación del cemento y su propiedad inherente de disminuir de volumen en este estado.

El mecanismo de este proceso es físico-químico; al mezclarse el cemento con el agua y obtenerse el gel del cemento, se inicia el proceso de hidratación, así como la formación de los poros del gel y poros capilares.

El intercambio del agua contenida en los poros del gel y los poros capilares con el cemento aún no hidratado, es el responsable del cambio del volumen total de la pasta. Esta retracción es irreversible y no depende de los cambios de humedad posteriores al proceso de hidratación y endurecimiento.

La retracción espontánea depende exclusivamente del tipo y características particulares del cemento empleado por lo que cada cemento tiene un comportamiento singular frente a este fenómeno.

El orden de magnitud de la deformación unitaria atribuida a la contracción intrínseca oscila entre 10 y 150×10^{-6} dependiendo del cemento en particular aunque lo usual es que no sea mayor de 30×10^{-6} .

En términos generales, no produce fisuración pues las tracciones que genera son bajas (de 2 a 8 Kg/cm² salvo el caso de cementos particularmente excepcionales), y se desarrollan a lo largo del tiempo que demora en completarse el proceso de hidratación total del cemento, que se completa en gran medida a los 28 días de edad, pero continúa luego casi de manera indefinida.

En consecuencia, no es apropiado decir, que la causa principal de fisuraciones en el concreto es debido a la “contracción de fragua” o “contracción de fraguado”, ya que está comprobado de forma fehaciente que este fenómeno no motiva agrietamiento en el concreto, dadas las condiciones estandarizadas de fabricación de los cementos Pórtland modernos, que aseguran un comportamiento estable en este aspecto, los esfuerzos de tracción mínimos que se generan son asimilables sin problemas por el concreto.

1.4.3 CONTRACCIÓN POR SECADO.

Este fenómeno se produce por la pérdida de humedad en la pasta, contenida en los poros capilares, cuyo efecto es despreciable en términos prácticos, debido a la acción de agentes externos como son la temperatura, viento y la humedad relativa; que propician

la evaporación del agua de absorción contenida en los poros del gel, la cual es responsable del fenómeno de la contracción por secado.

El efecto no es irreversible, pues el reponer el agua de absorción trae como resultado una expansión (Swelling), y la recuperación parcial de la contracción.

Cuando el concreto está en estado fresco y la velocidad de exudación o sangrado (Bleeding), es menor que la velocidad de evaporación del agua superficial, se produce una contracción por secado muy rápida, la cual origina una fisuración.

Todos los concretos exudan en mayor o menor grado, y cuando este flujo de agua de la mezcla en la superficie va reponiendo de manera simultánea el agua superficial que se pierde por secado, tiene un efecto beneficioso si a continuación se aplica alguna técnica de curado para controlar la evaporación.

A este efecto particular de la contracción por secado se le denomina contracción o retracción plástica del concreto (Plastic Shrinkage) por ocurrir cuando la mezcla aún se encuentra fresca y en estado plástico.

El orden de magnitud de la deformación unitaria producida por la contracción por secado sin ningún control puede oscilar entre 400 y 1100 x 10⁻⁶ dependiendo del caso en particular.

En función de esto, las tensiones que se producen, pueden variar entre 100 Kg/cm² y 275 Kg/cm², el orden de magnitud del esfuerzo en tracción del concreto es alrededor del 10 % de la resistencia en compresión, se puede deducir que para los concretos normales (100 Kg/cm² a 350 Kg/cm² de resistencia en compresión y del orden de 10 Kg/cm² a 35 Kg/cm² en tracción) los esfuerzos originados por contracción por secado normalmente superan a la capacidad resistente en tracción.

En consecuencia, debido a los altos valores de esfuerzos de tracción que ocasiona, la contracción por secado es generalmente la causa principal de fisuración del concreto

Esto lleva a concluir que si no se comprende perfectamente el fenómeno y no se toman las medidas adecuadas para controlarlo, se producirá indudablemente el agrietamiento; y en muchos casos en que éste es inevitable debido a las tensiones que ocurrirán, las condiciones del diseño arquitectónico y las características de exposición ambiental de

las estructuras, habrá que determinar la ubicación conveniente de las juntas para orientar y regular la fisuración.

Sin ninguna medida de control, el fenómeno se desarrolla con la rapidez con que pierde agua el concreto, generando fisuras por contracción plástica, que sólo tienen una profundidad del orden de 1 a 5 cm., por lo que en la mayoría de los casos no afectan el comportamiento estructural.

1.4.4 FACTORES QUE AFECTAN LA CONTRACCIÓN POR SECADO EN EL CONCRETO.

a) Características del cemento

El tipo de cemento, su finura y el contenido de yeso en la composición, influyen en marcar las diferencias en contracción por secado entre los diferentes cementos.

Existen estudios, que indican que no es posible asegurar que un cemento que cumple con los requerimientos Standard para un tipo de cemento Pórtland tendrá mayor o menor contracción que otro cemento que cumple con requisitos diferentes.

Sin embargo, otros investigadores, han establecido tendencias que indican que en general los cementos Tipo II producen menor contracción que los Tipo I y mucho menor aún que los Tipo III.

De los aspectos mencionados, al parecer la finura del cemento es la que tiene menor influencia en la variabilidad de la retracción.

b) Tipo de Agregado.

Las características de los agregados son importantes en cuanto a sus consecuencias en la retracción del concreto, si se considera que la piedra y la arena con la pasta de cemento constituyen una estructura mixta.

Los agregados en el concreto restringen la retracción inherente de la pasta de cemento, por lo que la capacidad de deformación de los mismos y su adherencia con la pasta de

cemento son las propiedades físicas que tienen importancia fundamental en la contracción del concreto.

Dependiendo de las características de los agregados y su cantidad en el concreto, la contracción será sólo una fracción de la pasta sola, estimándose un orden de magnitud de la cuarta o sexta parte de la atribuida a ésta.

Cuanto mayor es la rigidez del agregado y su módulo de elasticidad, mayor será la reducción de la retracción en el concreto.

Al estar el módulo de elasticidad inversamente relacionado con la porosidad y la absorción del agregado, se puede concluir en que los agregados más densos y con baja absorción producen concretos con menor retracción, siendo el efecto inverso con agregados livianos y muy absorbentes.

Por otro lado, la cantidad de agregado en el volumen total del concreto, así como su granulometría tienen influencia primordial en la contracción, puesto que agregados con gradación discontinua ameritan una gran cantidad de cemento para lograr una estructura mixta resistente, y consecuentemente tiene mayor predominio la retracción al incrementarse la cantidad de pasta. Indirectamente, el tamaño máximo de las partículas de los agregados, afecta también la contracción ya que de este depende la cantidad de agua de mezcla, a mayor tamaño máximo o módulo de fineza total de los agregados, menor será la contracción y viceversa.

c) Trascendencia del contenido de agua en la mezcla como condicionante de la contracción.

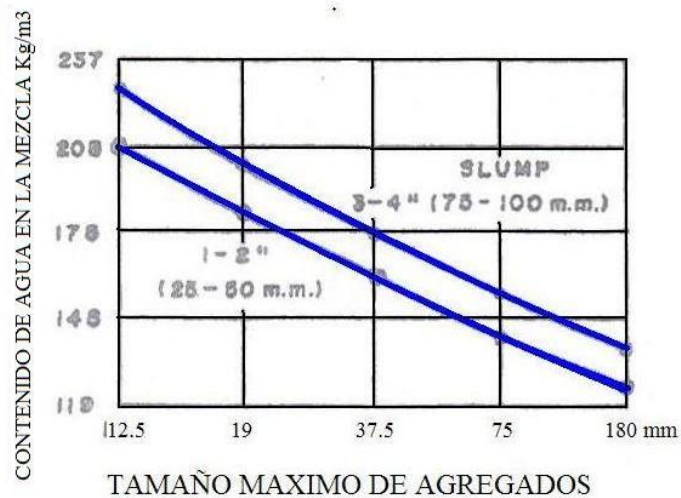
En la (*Ref.1.4.4.1*) podemos observar el efecto típico del contenido de agua en el concreto sobre la contracción, en base a un estudio desarrollado por el U.S. Bureau of Reclamation (*Ref.1.4.4.2*), donde se comprueba que la relación es directa y a mayor contenido de agua, aumenta la contracción.

Si se recuerda que la cantidad de agua en la mezcla está en función inversa del tamaño máximo del agregado, y en relación directa con el asentamiento (Slump) se puede concluir que empleando el mayor tamaño de agregado y el menor asentamiento

compatibles con los requisitos de trabajabilidad, se logra reducir la contracción por secado.



Ref.1.4.4.1



Ref.1.4.4.2

Otro factor que influye en los requerimientos de agua en la mezcla es la temperatura del concreto fresco, pues como se observa en la (**Ref.1.4.4.3**), a mayor temperatura de la mezcla es mayor la cantidad de agua para un asentamiento constante. En este sentido, la temperatura individual de los componentes así como el calor de hidratación del

cemento, definen la temperatura de la mezcla y por lo tanto, de su control dependerá indirectamente el reducir la contracción.

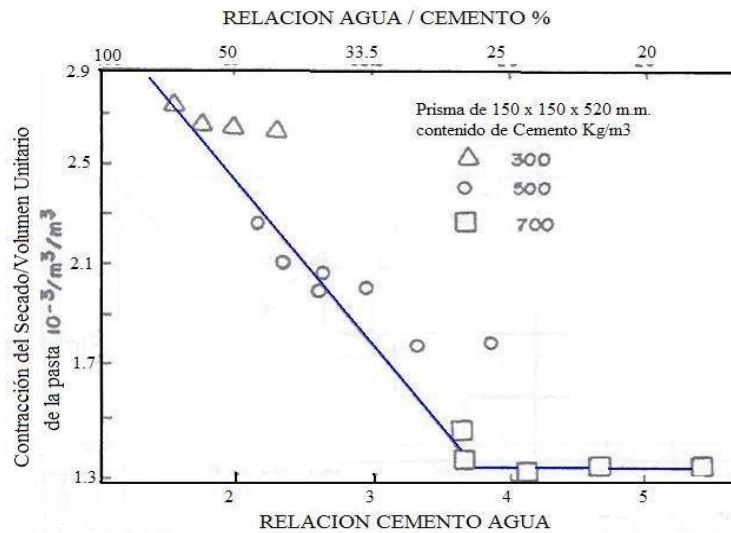


Ref.1.4.4.3

El aspecto final relacionado con la cantidad de agua y la retracción lo constituye la relación Agua/Cemento, donde el factor preponderante es la concentración de la pasta. Un concreto con relación A/C alta indica una concentración pobre de la pasta de cemento y un intercambio elevado de agua de adsorción en los poros del gel durante el secado, con el incremento de la contracción.

En el caso inverso, los concretos con relaciones A/C bajas, tienen menor contracción por secado.

En la (***Ref.1.4.4.4***), se pueden apreciar los resultados de una investigación que demuestra este efecto, que es independiente de la cantidad de cemento.



Ref.1.4.4.4

d) Influencia de los aditivos en la contracción por secado.

En general, los aditivos que contribuyen a reducir el agua de amasado, tienden a favorecer la reducción de la contracción, pero este efecto no es muy evidente en la mayoría de los casos. Sin embargo, está demostrado que en el caso de los superplastificantes, esta reducción sí es significativa, en un orden de magnitud del 30 %.

Los incorporadores de aire, pese a introducir una estructura de vacíos adicionales en la mezcla, no incrementan de manera significativa la retracción, con inclusiones de aire hasta del 5%.

Los acelerantes ocasionan un incremento en la contracción por secado que en promedio puede llegar a ser hasta del 50% de la normal, desarrollándose la mayor parte a edades tempranas (7 días) y disminuyendo con el tiempo. Los acelerantes incrementan la temperatura del concreto fresco por la reacción exotérmica con el cemento y consecuentemente los requerimientos de agua en la mezcla y la contracción, por lo que éste es otro de los efectos a tener presentes en el control de la temperatura de la mezcla.

Las puzolanas empleadas como aditivos en las mezclas, no son de uso normal en nuestro medio, no obstante, estas ya vienen introducidas en varios de los cementos disponibles en el mercado nacional como cementos Pórtland Tipo IP e IPM, por lo que es interesante abordar su efecto.

Las puzolanas contribuyen en general a aumentar los requerimientos de agua de la mezcla, pues le confieren una consistencia cohesiva por la que es necesario añadir más agua de la usual para obtener la trabajabilidad deseada. Luego, tienden a incrementar la contracción, pero este efecto se refleja primordialmente en estructuras de pequeñas dimensiones, más no en las estructuras masivas. Esto es debido en primer término al efecto de las dimensiones de los elementos, y la retentividad de agua que manifiestan las puzolanas; y en segundo lugar porque en los vaciados de elementos de dimensiones reducidas es necesario trabajar con mayores asentamientos para poderlas colmar eficientemente, y esto obliga a añadir más agua, lo que no se da en vaciados masivos en que las dimensiones de los elementos permiten trabajar con concretos muy secos.

e) Influencia de la duración del curado húmedo.

El concepto básico reside en que la duración del curado húmedo del concreto no reduce la contracción por secado pues sólo la detiene mientras dura, pero una vez que se inicia el secado, se verifica igual. La explicación está en que el curado entre 7 y 28 días propicia el desarrollo de las características resistentes del concreto y su capacidad de soportar esfuerzos generados por la contracción, pero no altera la continuidad del fenómeno pues en la medida que se produzca la pérdida del agua habrá retracción inexorablemente.

Existe sin embargo evidencia experimental que cuando el curado húmedo se efectúa con vapor y a presión atmosférica que es el caso de los prefabricados, la contracción se reduce, probablemente por modificar la estructura de los poros del gel.

e) Efecto de las dimensiones del elemento estructural.

La velocidad con que una estructura pierde agua, depende de las dimensiones de la misma pues cuanto mayor sea esta, mayor será el recorrido del flujo de agua hacia la superficie expuesta.

Un aspecto importante del efecto dimensional en la retracción es que las pruebas de laboratorio para medirla dan valores mas altos que los obtenidos en las estructuras in

situ, por lo que deben tomarse estos resultados con mucho cuidado cuando se trate de extrapolarlos cuantitativamente a escala natural.

1.5 VARIABLES A USAR

El diseño de la mezcla será realizada con cemento Pórtland tipo I “sol”, para diferentes relaciones $a/c = 0,60$; $a/c = 0,65$ y $a/c = 0,70$; un concreto patrón con Aditivo tipo D en dosificación 0,33% del peso del cemento, y fibra sintética (Fibermesh) que se incorpora al concreto en diferentes dosificaciones como 600, 700, 800 y 900 g/m³.

CAPÍTULO II.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

2.1 RESUMEN

El concreto es una mezcla debidamente dosificada de cemento, agregado fino, agregado grueso, aire y agua. En una proporción menor los aditivos, que originan nuevas propiedades en el concreto y pueden afectar notablemente su trabajabilidad, resistencia y/o durabilidad, y otras propiedades. Los agregados constituyen aproximadamente del 60 al 75 % del volumen total del concreto. La pasta de cemento une a los agregados y le da la característica de endurecerse cuando reacciona con el agua.

Las características de los materiales son de gran importancia cuando se va a elaborar concreto, la calidad de este depende en gran medida de la selección y estudio de los ensayos correspondientes de los agregados los cuales veremos en el presente capítulo.

2.2 CEMENTO

2.2.1 DEFINICIÓN

Según la norma ASTM C-150, el cemento Pórtland normal es definido como el producto obtenido de la pulverización muy fina del clinker, el cual esta constituido esencialmente de silicato de calcio hidráulico, posteriormente a la calcinación se le adiciona agua y sulfato de calcio amorfo o no tratado (yeso).

La norma ASTM C-150 clasifica el cemento Pórtland normal en cinco diferentes tipos de acuerdo a las propiedades de los cuatro compuestos principales: Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV, Tipo V.

2.2.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA

Una vez que el agua y el cemento se mezclan para formar la pasta cementante, se inicia una serie de reacciones químicas que en forma global se designan como hidratación del cemento. Estas reacciones se manifiestan inicialmente por la rigidización gradual de la mezcla, que culmina con su fraguado, y continúan para dar lugar al endurecimiento y adquisición de resistencia mecánica en el producto.

Aun cuando la hidratación del cemento es un fenómeno sumamente complejo, existen simplificaciones que permiten interpretar sus efectos en el concreto. El porcentaje en que se encuentran en el clinker los cuatro componentes principales, dependen de las proporciones relativas entre los compuesto ácidos y la cal, los componentes ácidos llamados también factores hidráulicos incluyen la sílice, la alúmina y el óxido férrico, siendo los dos últimos denominados fundentes.

De acuerdo a Bogue, los porcentajes límites de los componentes principales del clinker, deben estar alrededor de los siguientes valores:

Silicato tricálcico	(C ₃ S)	30%	a	60%
Silicato dicálcico	(C ₂ S)	15%	a	60%
Aluminato tricálcico	(C ₃ A)	7%	a	15%
Aluminio- Ferrico tetracálcico	(C ₄ AF)	8%	a	10%

2.2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

TABLA N° 1
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CEMENTO PÓRTLAND
TIPO I (SOL)

DESCRIPCIÓN	TIPO I
Peso específico (g/cm ³)	3,11
Fineza Malla 100 (%)	0.04
Fineza Malla 200 (%)	4.14
Superficie Específico Blaine (cm ² /g)	34.77
Contenido de Aire (%)	9.99
Expansión en Autoclave (%)	0.18
Fraguado Inicial Vicat (Hr:Min)	01:49
Fraguado Final Vicat (Hr:Min)	03:29
f'c a 3 Días (kg/cm ²)	254
f'c a 7 Días (kg/cm ²)	301
f'c a 28 Días (kg/cm ²)	357
Calor de Hidratación, 7 Días (cal/g)	70.60
Calor de Hidratación, 28 Días (cal/g)	84.30

TABLA N° 3
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL CEMENTO PÓRTLAND
TIPO I (SOL)

ELEMENTO	SOL TIPO I
Óxido de Calcio, CaO (%)	63,20
Óxido de Sílice, SiO ₂ (%)	19,79
Óxido de Aluminio, Al ₂ O ₃ (%)	6,15
Óxido de Hierro, Fe ₂ O ₃ (%)	2,82
Óxido de Potasio, K ₂ O (%)	0,96
Óxido de Sodio, Na ₂ O (%)	0,28
Trióxido de Azufre, SO ₃ (%)	2,58
Óxido de Magnesio, MgO (%)	3,16
Cal Libre (%)	0,52
Punto de Ignición (%)	0,80
Residuos Insolubles (%)	0,62
CaO Libre (%)	0,52
Álcalis (%)	0,91

2.3 AGUA

2.3.1 DEFINICIÓN

Se entiende por agua de mezclado a la cantidad de agua total contenida en el concreto fresco. Esta cantidad es utilizada para el cálculo de la relación agua/cemento (a/c) y esta compuesta por el agua agregada a la mezcla y la humedad superficial de los agregados.

El agua de amasado cumple una doble función en el concreto; por un lado permite la hidratación del cemento y por el otro es indispensable para asegurar la trabajabilidad y la buena compactación del concreto.

Está prohibido el empleo de aguas ácidas, calcáreas, minerales ya sea carbonatadas o minerales; aguas provenientes de minas o relaves, aguas que contengan residuos industriales, agua con contenido de sulfatos mayor del 1%, agua que contengan algas, materia orgánica, humus o descargas de desagües, aguas que contengan azúcares o sus derivados, igualmente aquellas aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, que puedan producir efectos desfavorables sobre el fraguado, la resistencia o la durabilidad del concreto o sobre las armaduras.

Podrá utilizarse aguas naturales no potables, únicamente si 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 elemento embebidos.

Al seleccionar el agua deberá recordarse que aquellas con alta concentración de sales deberán ser evitadas en la medida que no sólo pueden 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.

2.3.2 REQUISITOS Y NORMAS

El agua empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la norma N.T.P. 339.088 y ser de preferencia, potable. Se considerarán aptas para el mezclado del concreto el empleo de aguas no potables cuyas propiedades y contenidos en sustancias disueltas sean como máximo la siguiente:

REQUISITOS	UNIDAD	MAXIMO
Cloruros	ppm	300
Sulfatos	ppm	300
Sales de magnesio	ppm	125
Sales solubles	ppm	500
pH		mayor de 7
Sólidos en suspensión	ppm	500
Materia orgánica expresada en oxígeno	ppm	10

2.4 FIBRA SINTÉTICA

2.4.1 DEFINICIÓN

Se designan como fibras sintéticas aquellas que se obtienen por procesos químicos de polirreacción a partir de sustancias de bajo peso molecular por vía puramente sintética, es decir, in vitro. Sin intervención de la naturaleza. Estas fibras, junto con las llamadas fibras artificiales (semisintéticas o regeneradas), que se obtienen por transformación química de productos naturales fibrosos, se engloban bajo la designación general de fibras químicas.

Son materiales poliméricos orgánicos (los compuestos por moléculas orgánicas gigantes) que son plásticos, es decir, que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado.

Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho (hule) natural o sintéticas, como el polietileno y el nylon. Los materiales empleados en su fabricación son resinas en forma de bolitas o polvo o en disolución. Con estos materiales se fabrican los plásticos terminados.

Los plásticos se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las moléculas lineales y ramificadas son termoplásticos (se ablandan con el calor), mientras que las entrecruzadas son termoendurecibles (se endurecen con el calor).

2.4.2 FIBRA FIBERMESH

La fibra de polipropileno Fibermesh le da al concreto un refuerzo en dirección aleatoria, pero uniforme en la mezcla de manera tal que se forma una malla que combate el agrietamiento plástico, absorbiendo los esfuerzos de tensión producidos por esta contracción en el concreto.

Esta fibra puede inhibir de 80% a 100% del agrietamiento intrínseco.

Se mezcla completamente en el concreto sin afectar la hidratación química, son compatibles con todos los diseños de concretos y aditivos, toda fibra Fibermesh se fabrica de 100% de polipropileno, una resina sintética durable que puede soportar los ambientes dañinos dentro del concreto.



PROPIEDADES Y DOSIFICACION DE LAS FIBRAS FIBERMESH	
Absorción	Ninguna
Gravedad Especifica	0.9
Longitudes (pulgadas)	1/8 , 1/4 , 1/2 , 1 1/2 , 2
Longitudes (mm)	3, 6, 12, 19, 38, 51
Punto de ignición	590 °C (1100 °F)
Conductividad térmica	Baja
Resistencia a ácidos y sales	Alta
Punto de fusión	160 °C a 170 °C (320 °F a 340 °F)
Resistencia a álcalis	100% (resistente a alcalís)

2.5 ADITIVO

2.5.1 DEFINICIÓN

El aditivo es definido como “un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico o fibra de refuerzo, se utiliza como un ingrediente del mortero o concreto y es añadido a la mezcla antes o durante el mezclado”, para modificar propiedades del concreto fresco y/o endurecido.

El empleo de aditivos en el concreto cumplirá con las especificaciones de la norma NTP 339.086 y su empleo y sistema de incorporación al concreto están sujetos a lo indicado en las especificaciones de obra.

Los aditivos se añaden al concreto a fin de:

- Modificar una o algunas de sus propiedades, a fin de permitir que sean mas adecuados al trabajo que se esta efectuando.
- Facilitar la colocación del concreto o mortero.
- Reducir los costos de operación.

En la decisión sobre su empleo debe considerarse que su utilización puede ser única alternativa para lograr los resultados deseados y los objetivos deseados pueden lograrse, con mayor economía y mejores resultados, por cambios en la composición o proporciones de mezcla.

2.5.2 CLASIFICACIÓN

Una clasificación de aditivos en función de sus efectos no es fácil debido a que ellos pueden ser clasificados genéricamente o con relación a los efectos característicos derivados de su empleo, pueden modificar más de una propiedad del concreto, así como los diversos productos que existen en el mercado no cumplen las mismas especificaciones.

En la clasificación debe considerarse las múltiples posibilidades derivadas del empleo de aditivos, el constante desarrollo de materiales nuevos o modificadores de los ya conocidos, y la variación de los efectos con los diferentes materiales integrantes del concreto, son factores que impiden presentar una clasificación demasiado extensa.

Adicionalmente de indicarse que los aditivos comerciales pueden contener en su composición, materiales que separadamente podrían ser incluidos en dos o más grupos, o podrían ser cubiertos por dos o más normas ASTM o recomendaciones ACI.

En las clasificaciones que a continuación se presentan, aquellos aditivos que poseen propiedades identificables con más de un grupo son considerados en aquel que identifica a sus efectos más importantes.

De acuerdo a la Norma ASTM C494, los aditivos se clasifican en.

TIPO A	Reductores de agua
TIPO B	Retardadores de fragua

TIPO C	Acelerantes
TIPO D	Reductores de agua – Retardadores de Fragua
TIPO E	Reductores de agua – Acelerantes
TIPO F	Súper reductores de agua
TIPO G	Súper reductores de agua – Acelerantes

2.5.2.1 REDUCTORES DE AGUA

Disminuyen la necesidad de agua para una mezcla de concreto al reaccionar químicamente con los primeros productos de hidratación, para producir una capa monomolecular en la interfase de cemento-agua que lubrica la mezcla y expone más partículas de cemento para la hidratación. El aditivo tipo A permite que la cantidad de agua se reduzca mientras que mantiene el mismo asentamiento de la mezcla; si la cantidad de agua no se reduce, el aditivo aumentará el asentamiento de la mezcla, y también la resistencia del concreto porque más del área superficial del cemento quedará expuesta para la hidratación, ocurren los mismo efectos para los aditivos tipo D y E. Típicamente se puede esperar una reducción en el agua de mezclado del 5% al 10%.

2.5.2.2 RETARDADORES DE FRAGUA

Se emplean para retardar el fraguado inicial del concreto. Un aditivo tipo B o D permiten transportar el concreto durante un tiempo mas largo antes que se presente el fraguado inicial; el fraguado final también se retarda.

Dependiendo de la dosificación y tipo de químicos base en el aditivo, el fraguado inicial se puede retardar durante varias horas a varios días. Un efecto lateral benéfico del retardador de los fraguados inicial y final es un aumento en la resistencia compresiva del concreto. Un aditivo tipo D que se utiliza comúnmente proporciona resistencias más altas a los 7 y 28 días que un aditivo tipo A, cuando se usa en el mismo diseño de mezcla.

2.5.3 ADITIVO POLIHEED 770R

2.5.3.1 DESCRIPCIÓN

POLYHEED 770 R es un aditivo retardante inicial, reductor de agua de medio rango, multicomponente y libre de cloruros formulado para producir:

- Una reducción de agua de medio rango (5 a 15%) y un excelente desempeño a través de un rango de asentamiento de 75 a 115 mm en el concreto.
- Aumenta el tiempo de fraguado del concreto a lo largo del rango de dosificación recomendado.
- Mejor calidad en trabajabilidad, bombeabilidad y acabado en mezclas que contengan filler calizo.
- Desarrollo de resistencias comparable con los aditivos reductores y retardantes en todas las edades.

POLYHEED 770 R cumple con los requisitos de la norma ASTM C494 para aditivos retardantes Tipo B y reductores de agua y retardantes Tipo D, específicamente:

- Reduce el contenido de agua para el asentamiento recomendado.
- Reducción de contracciones en estado plástico.
- Incremento en el desarrollo de las resistencias a la compresión y a la flexión en todas las edades.

2.5.3.2 VENTAJAS

POLYHEED 770 R ayuda a la producción de un concreto de calidad proporcionando las siguientes ventajas:

- Trabajabilidad y bombeabilidad superior en aplicaciones en clima caluroso.
- Reduce la segregación.

POLYHEED 770 R resulta efectivo ya sea como un aditivo único o como parte de un sistema de aditivos de BASF.

2.5.3.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Aspecto físico: Líquido homogéneo

Color: Marrón

Densidad: 1.12

2.5.3.4 ENVASE

POLYHEED 770 R se suministra en tambores de 208 litros y a granel.

2.6 AGREGADO FINO

2.6.1 DEFINICIÓN

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

2.6.2 CANTERA

El agregado fino se obtuvo de la planta de Unicon en San Juan de Miraflores, arena proveniente de la cantera de Jicamarca propiedad de Unicon.

2.6.3 REQUISITOS

El agregado podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas sern limpias; de perfil preferentemente angular; duro; compacto y resistente; libre de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas para el concreto.

2.6.4 GRANULOMETRÍA


El agregado estará graduado dentro de los límites indicados en la Norma NTP 400.037 o ASTM C33. La granulometría seleccionada será preferentemente uniforme u continua, con valores retenidos en las mallas N° 4 a N° 100 de la serie Tyler. Se recomiendan para el agregado los siguientes límites.

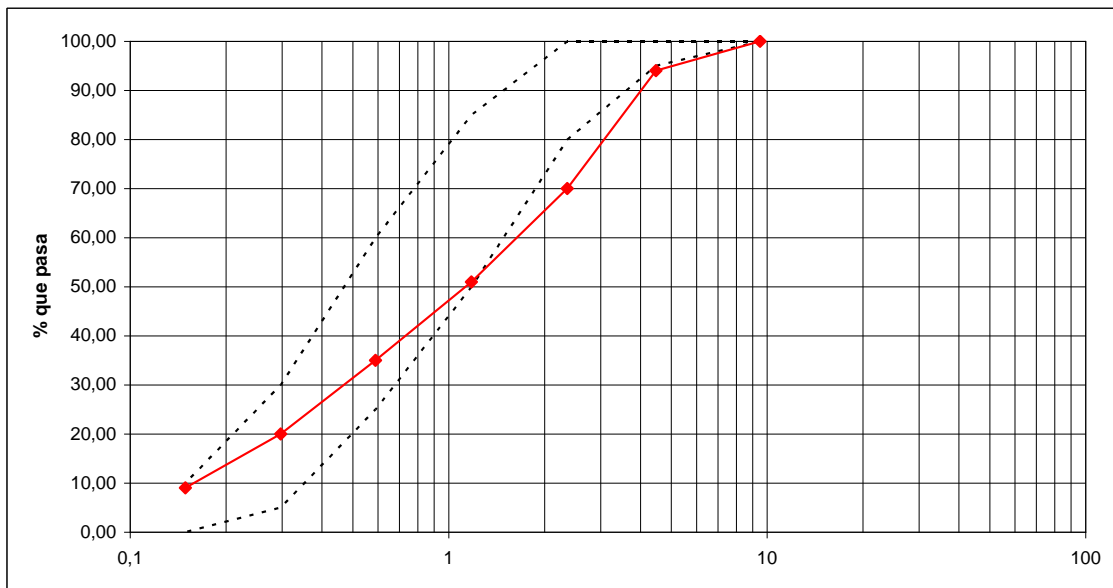
Agregado Fino		
ASTM C 136-84		Límites ASTM C 33-84
Abertura	Designación previa	
9,5 mm	3/8 in	100
4,75 mm	No 4	95-100
2,36 mm	No 8	80-100
1,18 mm	No 16	50-85
600 µm	No 30	25-60
300 µm	No 50	10-30
150 µm	No 100	2-10

El porcentaje retenido en dos mallas sucesivas no excederá del 45%. Si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado o un contenido de cemento mayor de 255 kg/m³; o si una adición mineral aprobada es empleada para suplir las deficiencias en el porcentaje que pasa dichas mallas, el porcentaje indicado para las mallas N° 50 y N° 100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente.

El módulo de fineza no deberá ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1 obteniendo ser mantenido dentro de los límites de más o menos 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones de la mezcla. Si se sobrepasa el valor asumido para la selección de las proporciones de la mezcla.

Se realizaron tres ensayos granulométricos con el agregado fino como y un promedio de los retenidos de cada ensayo granulométrico

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA							
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
		MUESTRA : AG. FINO		Muestra N : M-1			
		Peso de la Muestra : 500 gr		Procedencia : Cantera Jicamarca			
		Elaborado por : Pedro A. Garcia Aymar					
Tamices		Peso Retenido (g)	%			REQUISISTOS GRANULOMETRICOS DEL AGREGADO FINO (%)	
MALLA	(mm)		Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa		
3"							
2 1/2"							
2"							
1 1/2"							
1"							
3/4"							
1/2"							
3/8"	9,5	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
# 4	4,475	30,0	6,00	6,00	94,00	95,00	100,00
# 8	2,36	118,2	24,00	30,00	70,00	80,00	100,00
# 16	1,18	96,2	19,00	49,00	51,00	50,00	85,00
#30	0,59	78,7	16,00	65,00	35,00	25,00	60,00
#50	0,297	76,8	15,00	80,00	20,00	5,00	30,00
#100	0,149	54,6	11,00	91,00	9,00	0,00	10,00
fondo		45,5	9,00	100,00	0,00		
TOTAL		500	100,00			MÓDULO	3,21



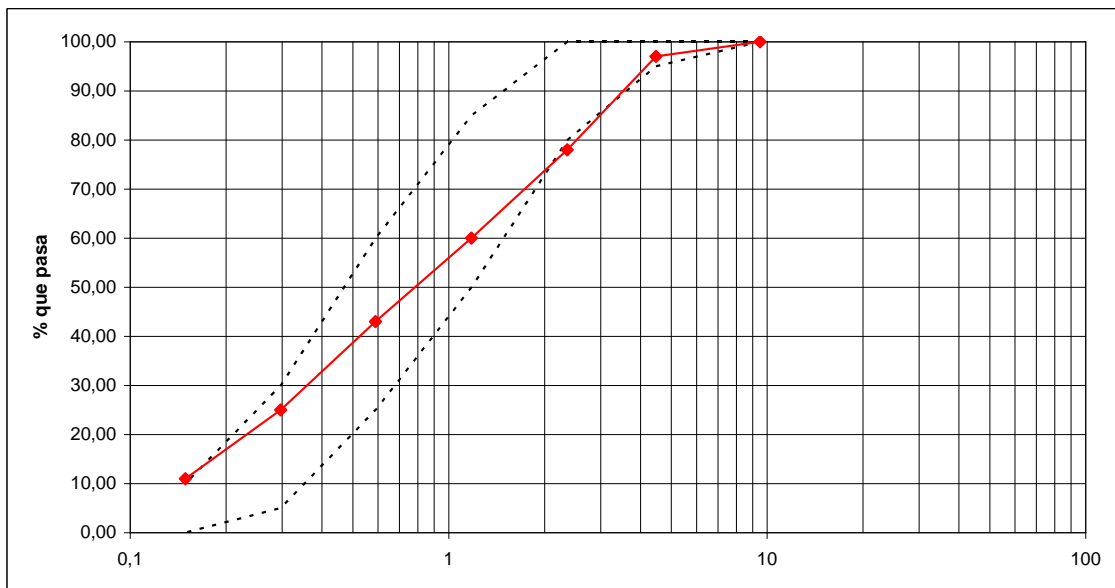
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA


ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

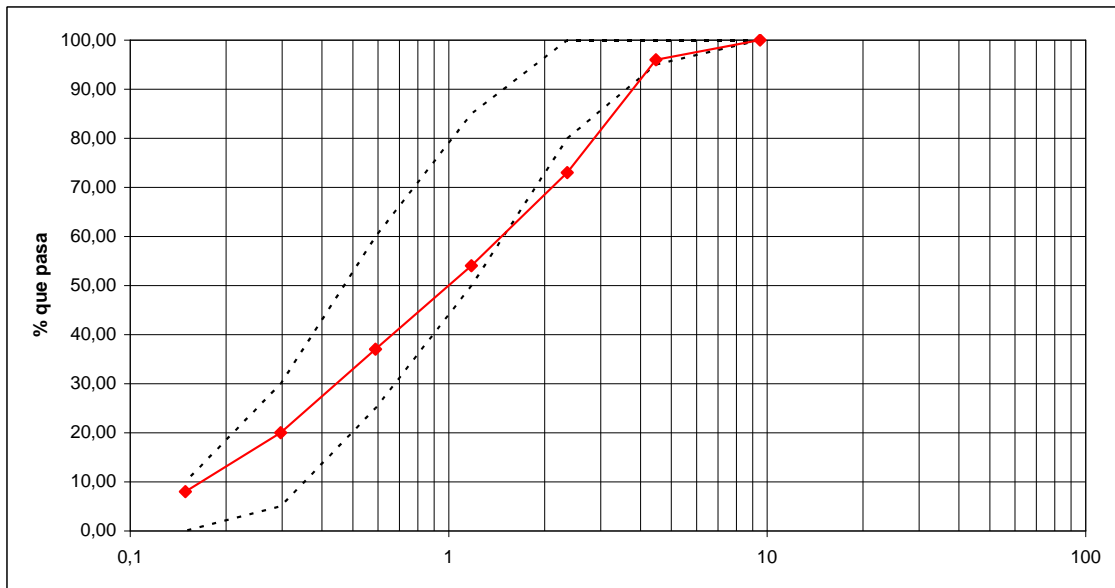


MUESTRA : AG. FINO **Muestra N :** M-2
Peso de la Muestra : 500 gr **Procedencia :** Cantera Jicamarca
Elaborado por : Pedro A. Garcia Aymar

Tamices		Peso Retenido (g)	%			REQUISITOS GRANULOMETRICOS DEL AGREGADO FINO (%)	
MALLA	(mm)		Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa		
3"							
2 1/2"							
2"							
1 1/2"							
1"							
3/4"							
1/2"							
3/8"	9,5	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
# 4	4,475	16,1	3,00	3,00	97,00	95,00	100,00
# 8	2,36	96,0	19,00	22,00	78,00	80,00	100,00
# 16	1,18	92,3	18,00	40,00	60,00	50,00	85,00
#30	0,59	82,9	17,00	57,00	43,00	25,00	60,00
#50	0,297	90,4	18,00	75,00	25,00	5,00	30,00
#100	0,149	68,6	14,00	89,00	11,00	0,00	10,00
fondo		53,7	11,00	100,00	0,00		
TOTAL		500	100,00			MÓDULO	2,86



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA							
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
		MUESTRA : AG. FINO		Muestra N : M-3			
		Peso de la Muestra : 500 gr		Procedencia : Cantera Jicamarca			
		Elaborado por : Pedro A. Garcia Aymar					
Tamices		Peso Retenido (g)	%			REQUISITOS GRANULOMETRICOS DEL AGREGADO FINO (%)	
MALLA	(mm)		Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa		
3"							
2 1/2"							
2"							
1 1/2"							
1"							
3/4"							
1/2"							
3/8"	9,5	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
# 4	4,475	19,6	4,00	4,00	96,00	95,00	100,00
# 8	2,36	117,4	23,00	27,00	73,00	80,00	100,00
# 16	1,18	95,4	19,00	46,00	54,00	50,00	85,00
#30	0,59	84,5	17,00	63,00	37,00	25,00	60,00
#50	0,297	82,8	17,00	80,00	20,00	5,00	30,00
#100	0,149	57,8	12,00	92,00	8,00	0,00	10,00
fondo		42,5	8,00	100,00	0,00		
TOTAL		500	100,00			MÓDULO	3,12



2.6.5 Módulo de Finura.

Se define el módulo de fineza como la suma de los porcentajes acumulativos retenidos en las mallas de las series estandarizadas, dividido entre 100. Las series estandarizadas consisten en mallas, cada una del doble del tamaño de la precedente: ASTM N° 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8", hasta la malla de tamaño más grande según la norma N.T.P. 400.011.

Los valores típicos tienen un rango entre 2,3 y 3,1 donde un valor más alto indica una gradación más gruesa.

$$\text{Módulo de Finura} = M.F. = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado}}{100}$$

Ensayo N° 1

MF=

$$M.F. = \frac{6 + 30 + 49 + 65 + 80 + 91}{100} = 3,21$$

Ensayo N° 2

$$M.F. = \frac{3 + 22 + 40 + 57 + 75 + 89}{100} = 2,86$$

Ensayo N° 3

$$M.F. = \frac{4 + 27 + 46 + 63 + 80 + 92}{100} = 3,12$$

Promedio de módulos de finura para los tres ensayos realizados.

ENSAYOS	M.F
1	3,21
2	2,86
3	3,12
PROMEDIO	3,06

2.6.6 Peso Específico.

El peso específico según la norma ASTM C 127-84 se define como la relación de la masa (o peso en aire) de una unidad de volumen de material respecto a una masa de agua del mismo volumen a una temperatura determinada, expresada en tres formas.

- Peso específico de masa (G).

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos todos los poros.

$$\text{Peso específico de masa (G)} = \frac{A}{V - W}$$

- Peso específico de masa saturado superficialmente seco (G_{ss}).

Se refiere al volumen del material cuando todos los poros del agregado están llenos de agua.

$$\text{Peso específico de masa saturado superficialmente seco} = \frac{500}{V - W}$$

- Peso específico aparente (G_a).

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos los poros impermeables, aunque no los capilares.

$$\text{Peso específico aparente (G}_a\text{)} = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$$

2.6.7 Porcentaje de Absorción.

Se denomina así a la relación de la disminución de masa respecto a la masa de la muestra seca, se determina midiendo la disminución de masa de una muestra saturada y de superficie seca después de secarla en un horno durante 24 horas.

$$\text{Porcentaje de absorción (a\%)} = 100 \times \frac{500 - A}{A}$$



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

A.-AGREGADO FINO

Tipo de agregado : **Arena gruesa**

Muestra: N° **M-1**

Procedencia : **Jicamarca**

Norma: N.T.P. 400.022

Peso de la muestra : **500 g**

Fecha: **14/08/2006**

Hecho Por: **Pedro García**

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO LA FIOLA		175,7	g
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA		675,7	g
PESO DE LA ARENA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA		989,7	g
PESO DEL AGUA	W	314	
PESO DE LA ARENA SECA	A	493,8	g
VOLUMEN DE LA FIOLA	V	500	ml

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA

$$A / (V - W) = 2,65 \text{ g/cm}^3$$

2.- PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO

$$500 / (V - W) = 2,69 \text{ g/cm}^3$$

3.- PESO ESPECÍFICO APARENTE

$$A / (V - W) - (500 - A) = 2,75 \text{ g/cm}^3$$

4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

$$100 \times (500 - A) / A = 1,26 \%$$



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

A.-AGREGADO FINO

Tipo de agregado : **Arena gruesa**

Muestra: N° **M-2**

Procedencia : **Jicamarca**

Norma: N.T.P. 400.022

Peso de la muestra : **500 g**

Fecha: **14/08/2006**

Hecho Por: **Pedro García**

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO LA FIOLA		161,9	g
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA		661,9	g
PESO DE LA ARENA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA		974,8	g
PESO DEL AGUA	W	312,9	
PESO DE LA ARENA SECA	A	492,4	g
VOLUMEN DE LA FIOLA	V	500	ml

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA

$$A / (V - W) = 2,63 \text{ g/cm}^3$$

2.- PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO

$$500 / (V - W) = 2,67 \text{ g/cm}^3$$

3.- PESO ESPECÍFICO APARENTE

$$A / (V - W) - (500 - A) = 2,74 \text{ g/cm}^3$$

4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

$$100 \times (500 - A) / A = 1,54 \%$$



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

A.-AGREGADO FINO

Tipo de agregado : **Arena gruesa**

Muestra: N° **M-3**

Procedencia : **Jicamarca**

Norma: N.T.P. 400.022

Peso de la muestra : **500 g**

Fecha: **14/08/2006**

Hecho Por: **Pedro García**

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO LA FIOLA		175,7	g
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA		675,7	g
PESO DE LA ARENA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE LA FIOLA + PESO DEL AGUA		988,6	g
PESO DEL AGUA	W	312,9	
PESO DE LA ARENA SECA	A	492,9	g
VOLUMEN DE LA FIOLA	V	500	ml

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA

$$A / (V - W) = 2,63 \text{ g/cm}^3$$

2.- PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO

$$500 / (V - W) = 2,67 \text{ g/cm}^3$$

3.- PESO ESPECÍFICO APARENTE

$$A / (V - W) - (500 - A) = 2,74 \text{ g/cm}^3$$

4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

$$100 \times (500 - A) / A = 1,44 \%$$



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO

Tipo de agregado : **Arena gruesa**

Norma: N.T.P. 400.022

Procedencia : **Jicamarca**

Peso de la muestra : **500 gr**

ENSAYO	FORMULA	UNIDAD	M-1	M-2	M-3	PROMEDIO
PESO ESPECÍFICO DE MASA	$A / (V - W)$	g/cm ³	2,65	2,63	2,63	2,64
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	$500 / (V - W)$	g/cm ³	2,69	2,67	2,67	2,68
PESO ESPECÍFICO APARENTE	$A / (V - W) - (500 - A)$	g/cm ³	2,75	2,74	2,74	2,74
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	$100 \times (500 - A) / A$	%	1,26	1,54	1,44	1,41

2.6.8 Peso Unitario.

El peso unitario o densidad de masa de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en el recipiente, dividida entre su volumen, representará el peso unitario para uno u otro grado de compactación, expresado en kg/m^3 .

El peso unitario depende de lo compactado que esté el agregado y de la distribución de formas y tamaños de las partículas. Por ello, para propósitos de prueba, debe especificarse el grado de compactación. La norma N.T.P. 400.017 reconoce dos formas: suelto y compactado.

- I. Peso unitario suelto :

Cuando el agregado seco se coloca con cuidado en un recipiente de diámetro y profundidad prescrita que depende del tamaño máximo del agregado hasta que rebose y después es nivelado pasando la varilla por la superficie. Se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$P.U.S = f \times W_s$$

- II. Peso unitario compactado:

Cuando el recipiente se llena en tres etapas, se apisona cada tercio del volumen del recipiente con 25 compactaciones con la varilla compactadora de punta semiesférica de 5/8" de diámetro. Se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$P.U.C = f \times W_c$$



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

MUESTRA N° 1

Tipo de Agregado: ARENA LAVADA

Norma: NTP 400.017

Procedencia : JICAMARCA

Fecha : 21/08/2006

A.- PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		6,50	6,51	6,50		kg
PESO DEL RECIPIENTE		1,75	1,75	1,75		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	4,75	4,76	4,75		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4,57	4,57	4,57		kg
PESO DEL AGUA	Wa	2,82	2,82	2,82		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	354,36	354,36	354,36		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 684	1 686	1 684	1 685	kg/ m ³

$$PUS = f \times Ws$$

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		6,88	6,99	6,99		kg
PESO DEL RECIPIENTE		1,75	1,75	1,75		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	5,13	5,23	5,24		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4,57	4,57	4,57		kg
PESO DEL AGUA	Wa	2,82	2,82	2,82		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	354,36	354,36	354,36		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 818	1 854	1 857	1 843	kg/ m ³



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

MUESTRA N° 2

Tipo de Agregado: ARENA LAVADA

Norma: NTP 400.017

Procedencia : JICAMARCA

Fecha : 21/08/2006

A.- PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		6,49	6,48	6,49		kg
PESO DEL RECIPIENTE		1,75	1,75	1,75		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	4,74	4,73	4,73		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4,57	4,57	4,57		kg
PESO DEL AGUA	Wa	2,82	2,82	2,82		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	354,36	354,36	354,36		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 679	1 676	1 678	1 677	kg/ m ³

$$PUS = f \times Ws$$

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		6,97	6,94	6,95		kg
PESO DEL RECIPIENTE		1,75	1,75	1,75		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	5,22	5,19	5,20		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4,57	4,57	4,57		kg
PESO DEL AGUA	Wa	2,82	2,82	2,82		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	354,36	354,36	354,36		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 851	1 837	1 843	1 844	kg/ m ³



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

MUESTRA N° 3

Tipo de Agregado: ARENA LAVADA

Norma: NTP 400.017

Procedencia : JICAMARCA

Fecha : 21/08/2006

A.- PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		6,48	6,44	6,46		kg
PESO DEL RECIPIENTE		1,75	1,75	1,75		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	4,72	4,69	4,71		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4,57	4,57	4,57		kg
PESO DEL AGUA	Wa	2,82	2,82	2,82		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	354,36	354,36	354,36		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 674	1 661	1 667	1 667	kg/ m ³

$$PUS = f \times Ws$$

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		6,97	6,96	6,96		kg
PESO DEL RECIPIENTE		1,75	1,75	1,75		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	5,22	5,21	5,21		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		4,57	4,57	4,57		kg
PESO DEL AGUA	Wa	2,82	2,82	2,82		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	354,36	354,36	354,36		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 850	1 847	1 846	1 847	kg/ m ³



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (RESUMEN)

Tipo de Agregado: ARENA LAVADA

Norma: NTP 400.017

Procedencia : JICAMARCA

A.- PESO UNITARIO SUELTO

	P-1 kg/m ³	P-2 kg/m ³	P-3 kg/m ³	Prom. (kg/m ³)
MUESTRA 1	1 684	1 686	1 684	1 685
MUESTRA 2	1 679	1 676	1 678	1 677
MUESTRA 3	1 674	1 661	1 667	1 667
				1 676

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

	M -1 kg/m ³	M -2 kg/m ³	M -3 kg/m ³	PROM kg/m ³
MUESTRA 1	1 818	1 854	1 857	1 843
MUESTRA 2	1 851	1 837	1 843	1 844
MUESTRA 3	1 850	1 847	1 846	1 847
				1 845

2.6.9 Contenido de Humedad

Podemos definir el contenido de humedad como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%).

Si el agregado tiene una humedad inferior a la absorción, se debe agregar más agua al concreto para compensar lo que absorben los agregados. Por el contrario, si la humedad está por encima de la absorción, el agua a agregar al concreto será menor, ya que los agregados aportarán agua. Debemos ajustar la cantidad de agua a agregar al concreto teniendo en cuenta la humedad de los agregados en el momento de elaborar el concreto, ya que, si la humedad es alta, aumentará la relación agua-cemento y disminuirá la resistencia, y si es baja, no se logrará la trabajabilidad deseada. Ambas observaciones influyen mucho en la resistencia y propiedades del concreto, por lo que es importante saber controlar este concepto para tener resultados óptimos.

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

A.- AGREGADO FINO

Tipo de agregado : **Arena** Muestra : **M-1**
Procedencia : **Jicamarca** Fecha : **22/08/2006**
Peso de la muestra: **500 g** Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA	P1	500	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	P2	481,4	g
CONTENIDO DE AGUA	(P1-P2)	18,6	g
CONTENIDO DE HUMEDAD	H	3,86	%

Tipo de agregado : **Arena** Muestra : **M-2**
Procedencia : **Jicamarca** Fecha : **10/08/2006**
Peso de la muestra: **500 g** Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA	P1	500	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	P2	482,4	g
CONTENIDO DE AGUA	(P1-P2)	17,6	g
CONTENIDO DE HUMEDAD	H	3,65	%

Tipo de agregado : **Arena** Muestra : **M-3**
Procedencia : **Jicamarca** Fecha : **10/08/2006**
Peso de la muestra: **500 g** Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA	P1	500	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	P2	483,2	g
CONTENIDO DE AGUA	(P1-P2)	16,8	g
CONTENIDO DE HUMEDAD	H	3,48	%

CONTENIDO DE HUMEDAD

$$H = 100(P1 - P2) / P1$$

RESUMEN

MUESTRA	Contenido de Humedad (%)
M - 1	3,86
M - 2	3,65
M - 3	3,48
PROMEDIO	3,66

2.6.10 Porcentaje que Pasa la Malla N° 200.

Según la Norma Técnica Peruana N.T.P. 400.018 el porcentaje que pasa la malla N° 200 se calcula como la diferencia del peso de la muestra y el peso de la muestra lavada y secada dividido entre el peso de la muestra y multiplicado por cien.

$$\% \text{ que pasa la malla } N^{\circ} 200 = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de la muestra lavada y secada}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

El procedimiento aplicado se detalla a continuación:

- Se superpone los tamices N° 16 (1,18 mm) y el N° 200 (0,075 mm) de manera que el de mayor abertura quede en la parte superior.
- Se coloca la muestra de ensayo en el recipiente y se agrega suficiente cantidad de agua para cubrirla.
- El contenido del recipiente se agita con el vigor necesario como para separar completamente el polvo de las partículas gruesas, y hacer que éste quede en suspensión, de manera que pueda ser eliminado por decantación de las aguas de lavado.
- Se vierten las aguas del lavado en los tamices cuidando en lo posible que no se produzca el arrastre de las partículas gruesas.
- Se repite la operación hasta que las aguas de lavado sean claras, se reintegra a la muestra lavada todo el material retenido en el tamiz N° 200 y finalmente se seca la muestra a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MATERIAL QUE PASA MALLA N° 200

A.- AGREGADO FINO

Tipo de agregado : **Arena** Muestra : **M-1**
Procedencia : **Jicamarca** Fecha : **22/08/2006**
Peso de la muestra: **500 g** Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA	P1	500	g
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	468,8	g
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200	(P1-P2)	31,2	g
% QUE PASA LA MALLA N°200	A	6,24	%

Tipo de agregado : **Arena** Muestra : **M-2**
Procedencia : **Jicamarca** Fecha : **10/08/2006**
Peso de la muestra: **500 g** Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA	P1	500	g
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	470,2	g
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200	(P1-P2)	29,8	g
% QUE PASA LA MALLA N°200	A	5,96	%

Tipo de agregado : **Arena** Muestra : **M-3**
Procedencia : **Jicamarca** Fecha : **10/08/2006**
Peso de la muestra: **500 g** Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA	P1	500	g
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	468,3	g
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200	(P1-P2)	31,7	g
% QUE PASA LA MALLA N°200	A	6,34	%

PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N°200

$$A = 100(P1 - P2) / P1$$

RESUMEN

MUESTRA	% que pasa la maya N° 200
M - 1	6,24
M - 2	5,96
M - 3	6,34
PROMEDIO	6,18

2.7 AGREGADO GRUESO

2.7.1 Definición.

Se define como agregado grueso al material proveniente de la desintegración natural o artificial, retenido en el tamiz 4,75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en la Norma N.T.P. 400.037 ó ASTM C 33. Para la siguiente investigación se trabajó con dos clases de agregados gruesos, agregado huso N° 5 y agregado huso N° 67, combinando estos dos agregados se obtiene el agregado de huso N° 57.

2.7.2 Características y Propiedades Físicas.

Varias propiedades físicas comunes del agregado, son relevantes para el comportamiento del agregado en el concreto. A continuación se tratan estas propiedades físicas, así como su medición.

2.7.3 Granulometría

El tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto, tiene su fundamento en la economía. Comúnmente se necesita más agua y cemento para agregados de tamaño pequeño que para tamaños mayores, para asentamiento de aproximadamente 7,5 cm. para un amplio rango de tamaños de agregado grueso.

El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado donde se produce el primer retenido y el tamaño máximo corresponde a la malla más pequeña por la que pasa todo el agregado.

Una vez definida la granulometría, para la producción de un concreto de calidad, es necesario que el aprovisionamiento del agregado grueso presente la menor variación posible, manteniéndose la regularidad de su granulometría.

Las especificaciones reglamentarias se dan en la siguiente tabla:

REQUERIMIENTO DE GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS GRUESOS

Norma ASTM	Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje acumulado en los tamises reglamentarios									
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25.0 mm	19.0 mm	12.5 mm	9.5 mm
1	90 a 37,5 mm	100	90 - 100	--	25-60	--	0 - 15	--	0 - 5	--	--
2	63 a 37,5 mm	--	--	100	90-100	35 - 70	0 - 15	--	0 - 5	--	--
3	50 a 37,5 mm	--	--	--	100	90-100	35-70	0-15	--	0-15	--
357	50 a 4,75 mm	--	--	--	100	95-100	--	35-70	--	Oct-30	--
4	37,5 a 19,0 mm	--	--	--	--	100	90-100	20-55	0-15	--	0-5
467	37,5 a 4,75 mm	--	--	--	--	100	95-100	--	35-70	--	Oct-30
5	25,0 a 9,55 mm	--	--	--	--	--	100	90-100	20-55	0-10	0-5
56	25,0 a 9,5 mm	--	--	--	--	--	100	90-100	40-85	Oct-40	0-15
57	25,0 a 4,75 mm	--	--	--	--	--	100	95-100	--	25-60	--
6	19,0 a 9,5 mm	--	--	--	--	--	--	100	90-100	20-55	0-15
67	19,0 a 4,75 mm	--	--	--	--	--	--	100	90-100	--	20-55
7	12,5 a 4,75 mm	--	--	--	--	--	--	--	100	90-100	40-70
8	9,5 a 2,36 mm	--	--	--	--	--	--	--	--	100	85-100

A continuación se presenta las granulometrías que se hicieron a los agregados gruesos de huso N° 5 y de huso N° 67

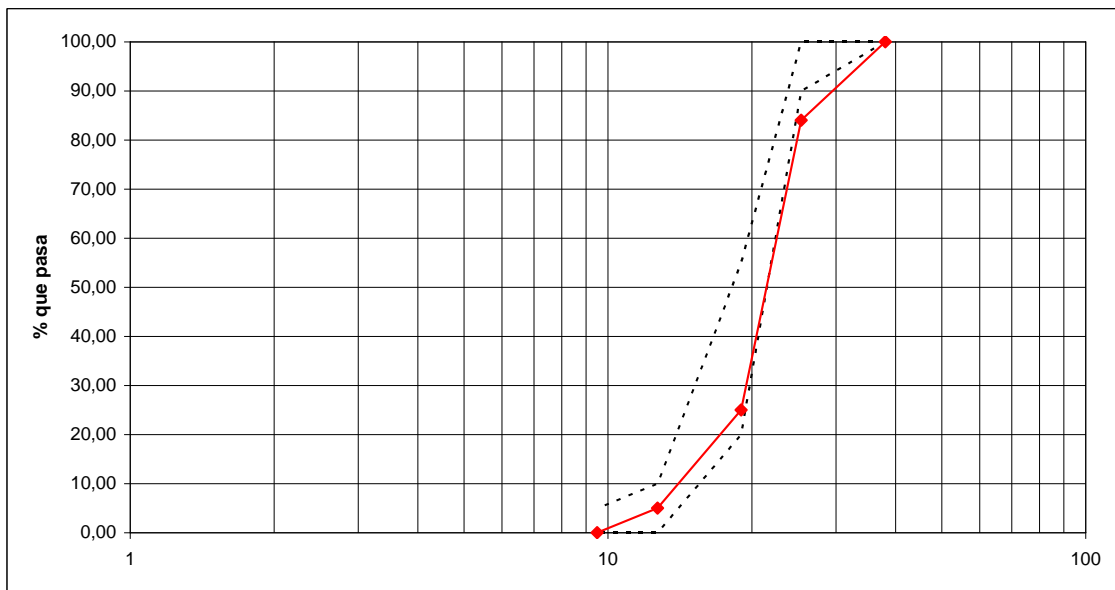
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



MUESTRA : AG. GRUESO HUSO 5 **Muestra N :** M-1
Peso de la Muestra : 10000 gr **Procedencia :** Cantera Jicamarca
Elaborado por : Pedro A. Garcia Aymar

Tamices		Peso Retenido (g)	%			REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AG. GRUESO HUSO Nº5 (%)	
MALLA	(mm)		Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa		
3"							
2 1/2"							
2"							
1 1/2"	38,1		0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
1"	25,4	1580,0	16,00	16,00	84,00	90,00	100,00
3/4"	19	5860,0	59,00	75,00	25,00	20,00	55,00
1/2"	12,7	1980,0	20,00	95,00	5,00	0,00	10,00
3/8"	9,5	520,0	5,00	100,00	0,00	0,00	5,00
# 4	4,8	60,0	0,00	100,00	0,00		
# 8	2,36	0,0	0,00	100,00	0,00		
fondo		0,0	0,00	100,00	0,00		
TOTAL		10000	100,00			MÓDULO	7,75



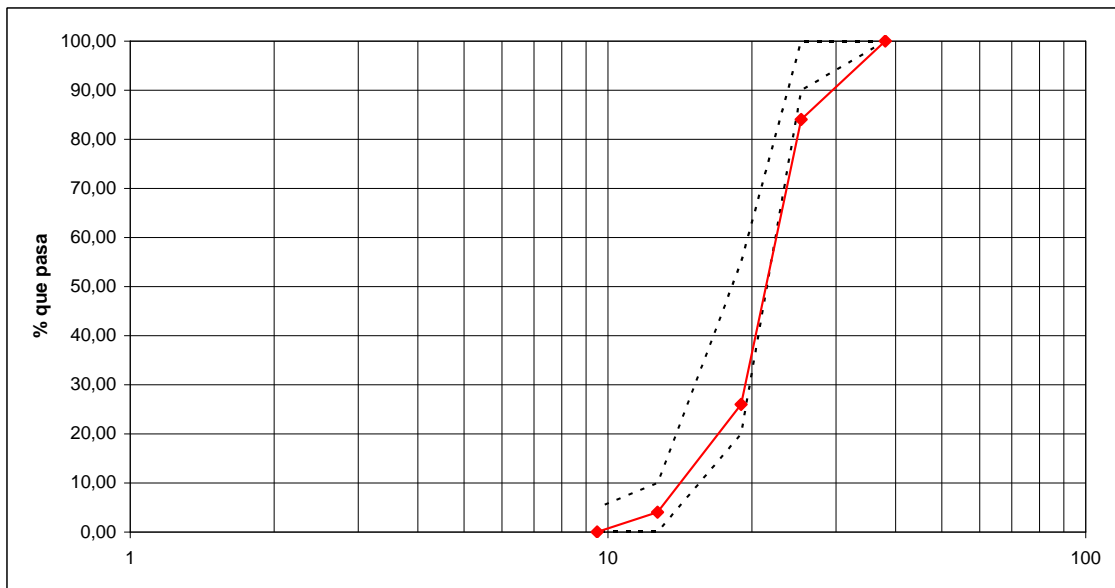
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



MUESTRA : AG. GRUESO HUSO 5 **Muestra N :** M-2
Peso de la Muestra : 10000 gr **Procedencia :** Cantera Jicamarca
Elaborado por : Pedro A. Garcia Aymar

Tamices		Peso Retenido (g)	%			REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AG. GRUESO HUSO Nº5 (%)	
MALLA	(mm)		Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa		
3"							
2 1/2"							
2"							
1 1/2"	38,1		0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
1"	25,4	1640,0	16,00	16,00	84,00	90,00	100,00
3/4"	19	5760,0	58,00	74,00	26,00	20,00	55,00
1/2"	12,7	2160,0	22,00	96,00	4,00	0,00	10,00
3/8"	9,5	400,0	4,00	100,00	0,00	0,00	5,00
# 4	4,8	40,0	0,00	100,00	0,00		
# 8	2,36	0,0	0,00	100,00	0,00		
fondo		0,0	0,00	100,00	0,00		
TOTAL		10000	100,00			MÓDULO	7,74



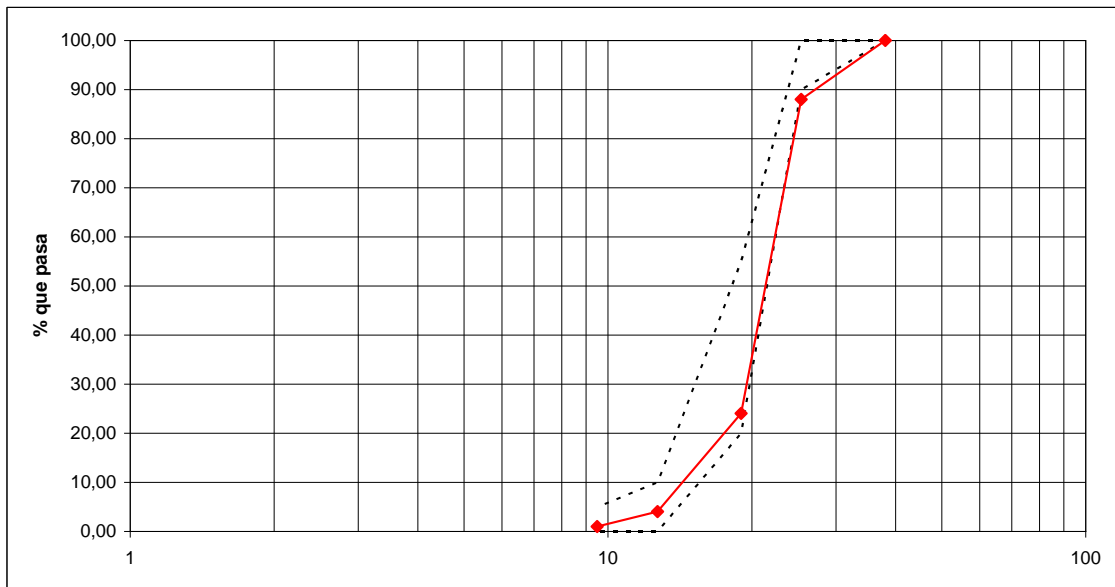
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



MUESTRA : AG. GRUESO HUSO 5 **Muestra N :** M-3
Peso de la Muestra : 10000 gr **Procedencia :** Cantera Jicamarca
Elaborado por : Pedro A. Garcia Aymar

Tamices		Peso Retenido (g)	%			REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AG. GRUESO HUSO Nº5 (%)	
MALLA	(mm)		Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa		
3"							
2 1/2"							
2"							
1 1/2"	38,1		0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
1"	25,4	1240,0	12,00	12,00	88,00	90,00	100,00
3/4"	19	6360,0	64,00	76,00	24,00	20,00	55,00
1/2"	12,7	2000,0	20,00	96,00	4,00	0,00	10,00
3/8"	9,5	340,0	3,00	99,00	1,00	0,00	5,00
# 4	4,8	40,0	1,00	100,00	0,00		
fondo		20,0	0,00	100,00	0,00		
TOTAL		10000	100,00			MÓDULO	7,75



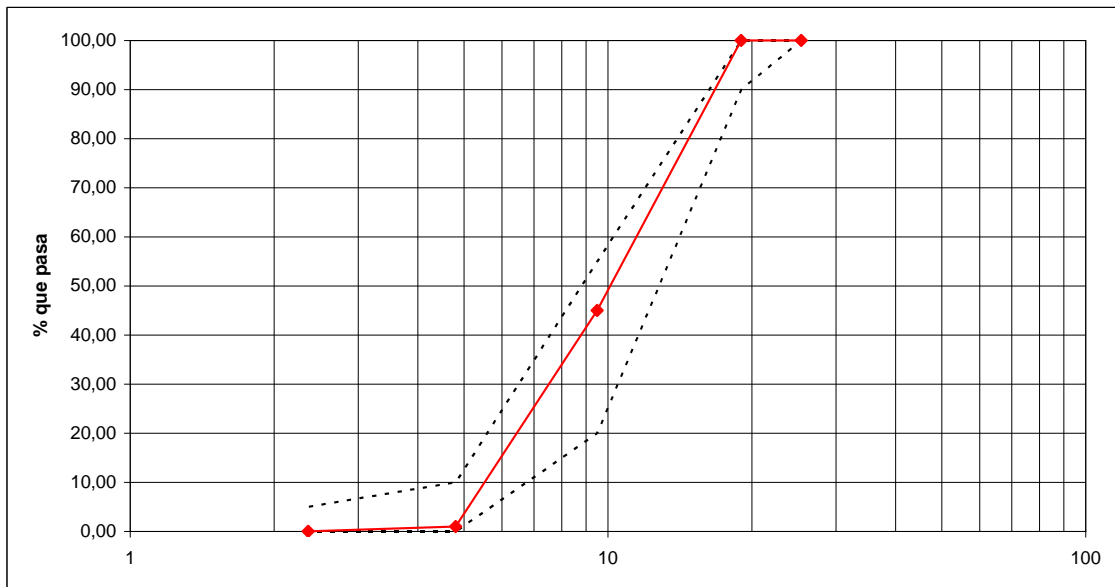
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



MUESTRA : AG. GRUESO HUSO 67 **Muestra N :** M-1
Peso de la Muestra : 12000 gr. **Procedencia :** Cantera Jicamarca
Elaborado por : Pedro A. Garcia Aymar

Tamices		Peso Retenido (g)	%			REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AG. GRUESO HUSO Nº 67 (%)	
MALLA	(mm)		Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa		
3"							
2 1/2"							
2"							
1 1/2"							
1"	25,4	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
3/4"	19	0,0	0,00	0,00	100,00	90,00	100,00
3/8"	9,5	6560,0	55,00	55,00	45,00	20,00	55,00
# 4	4,8	5320,0	44,00	99,00	1,00	0,00	10,00
# 8	2,36	100,0	1,00	100,00	0,00	0,00	5,00
fondo		20,0	0,00	100,00	0,00		
TOTAL		12000,0	100,00			MÓDULO	6,54



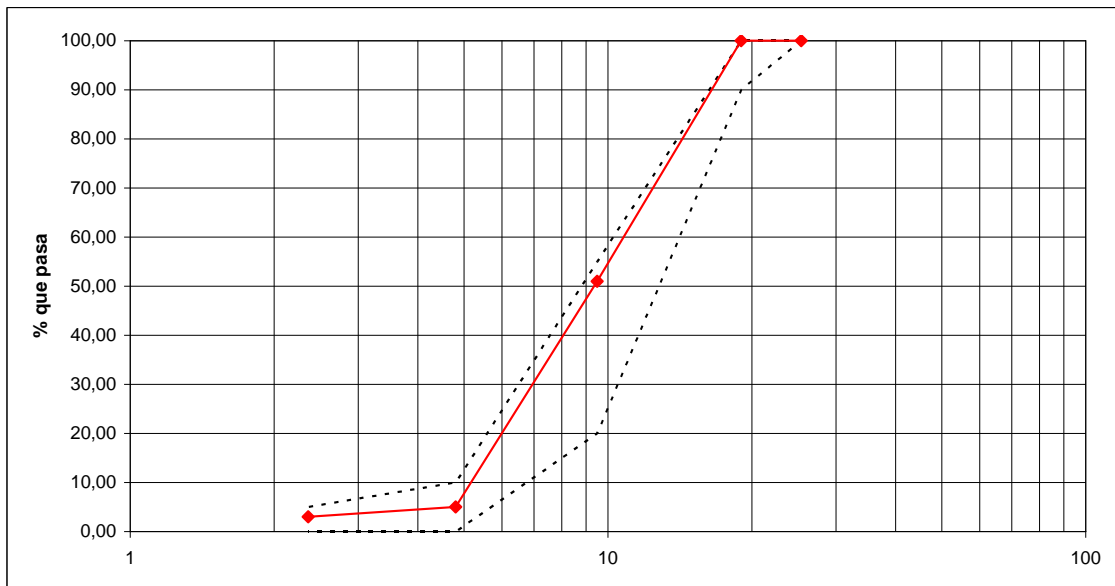
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



MUESTRA : AG. GRUESO HUSO 67 **Muestra N :** M-2
Peso de la Muestra : 12000 gr **Procedencia :** Cantera Jicamarca
Elaborado por : Pedro A. Garcia Aymar

Tamices		Peso Retenido (g)	%			REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AG. GRUESO HUSO Nº 67 (%)	
MALLA	(mm)		Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa		
3"							
2 1/2"							
2"							
1 1/2"							
1"	25,4	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
3/4"	19	0,0	0,00	0,00	100,00	90,00	100,00
3/8"	9,5	5920,0	49,00	49,00	51,00	20,00	55,00
# 4	4,8	5500,0	46,00	95,00	5,00	0,00	10,00
# 8	2,36	240,0	2,00	97,00	3,00	0,00	5,00
fondo		340,0	3,00	100,00	0,00		
TOTAL		12000,0	100,00			MÓDULO	6,44



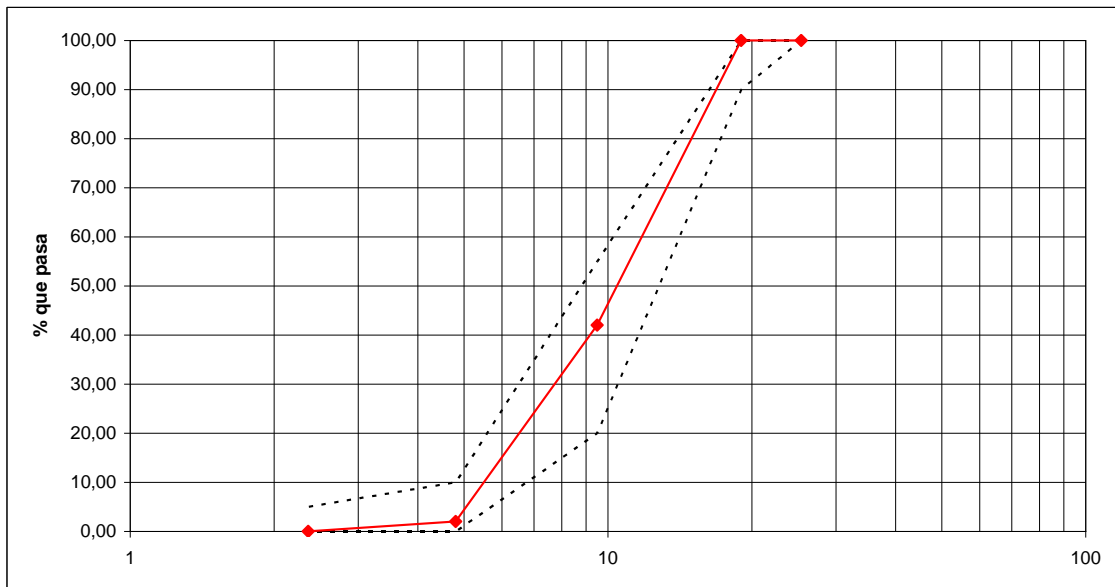
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



MUESTRA : AG. GRUESO HUSO 67 **Muestra N :** M-3
Peso de la Muestra : 12000 gr **Procedencia :** Cantera Jicamarca
Elaborado por : Pedro A. Garcia Aymar

Tamices		Peso Retenido (g)	%			REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AG. GRUESO HUSO Nº 67 (%)	
MALLA	(mm)		Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa		
3"							
2 1/2"							
2"							
1 1/2"							
1"	25,4	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
3/4"	19	0,0	0,00	0,00	100,00	90,00	100,00
3/8"	9,5	6909,4	58,00	58,00	42,00	20,00	55,00
# 4	4,8	4784,6	40,00	98,00	2,00	0,00	10,00
# 8	2,36	280,0	2,00	100,00	0,00	0,00	5,00
fondo		26,0	0,00	100,00	0,00		
TOTAL		12000,0	100,00			MÓDULO	6,56



2.7.4 MÉTODOS DE COMBINACIÓN

Se emplearon dos tipos de métodos de combinación para obtener la combinación correcta de los agregados:

- a. Método Matemático
- b. Mezcla de los agregados

a. Método Matemático


El método matemático consiste en realizar igualdades con los porcentajes especificados que pasan para la piedra de huso N° 57 tomando como variable el porcentaje de combinación

$$Z_a + Z_b = 1$$

Z_a : Porcentaje de combinación para el agregado A

Z_b : Porcentaje de combinación para el agregado B

Se despeja el Z_a y la ecuación va a depender de una variable después de despejar la variable Z_a para cada malla se procede a dibujar el porcentaje que de combinación para cada malla posteriormente se procede a seleccionar un rango de combinación, a continuación se realizará los cálculos:

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	INFORME DE ENSAYO DE AGREGADOS	
	MUESTRA : AG. GRUESO HUSO 57 PROCEDENCIA : CANTERA JICAMARCA Peso de la Muestra : 12000 gr	FECHA DE INSPECCIÓN : 20/07/2006 Muestra N : M-1 Hecho por P.García	

$$Z_a + Z_b = 1 \quad Z_a = 1 - Z_b$$

Piedra 1"

$$\begin{array}{r}
95 < Z_a \times 100 + Z_b \times 84,2 < 100 \\
95 < -15,8 Z_b + 100 < 100 \\
-5 < -15,8 Z_b < 0 \\
\hline
0,3165 > 1 \quad Z_b > 0
\end{array}$$

Piedra 3/4"

$$\begin{array}{r}
60 < Z_a \times 100 + Z_b \times 25,6 < 80 \\
60 < -74,4 Z_b + 100 < 80 \\
-40 < -74,4 Z_b < -20 \\
\hline
0,5376 > 1 \quad Z_b > 0,26882
\end{array}$$

Piedra 1/2"


$$\begin{array}{r}
25 < Z_a \times 73,9 + Z_b \times 5,8 < 60 \\
25 < -68,1 Z_b + 73,9 < 60 \\
-48,9 < -68,1 Z_b < -13,9 \\
\hline
0,7181 > 1 \quad Z_b > 0,20411
\end{array}$$

Piedra 3/8"

$$\begin{array}{r}
13 < Z_a \times 45,3 + Z_b \times 0,6 < 35 \\
13 < -44,7 Z_b + 45,3 < 35 \\
-32,3 < -44,7 Z_b < -10,3 \\
\hline
0,7226 > 1 \quad Z_b > 0,23043
\end{array}$$

Piedra # 4

$$\begin{array}{r}
0 < Z_a \times 1,00 + Z_b \times 0 < 10 \\
0 < -1 Z_b + 1 < 10 \\
-1 < -1 Z_b < 9 \\
\hline
1,0000 > 1 \quad Z_b > -9
\end{array}$$

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	INFORME DE ENSAYO DE AGREGADOS	
	MUESTRA : AG. GRUESO HUSO 57 PROCEDENCIA : CANTERA JICAMARCA Peso de la Muestra : 12000 gr	FECHA DE INSPECCIÓN : 20/07/2006 Muestra N : M-2 Hecho por P.Garcia	

$$Z_a + Z_b = 1 \quad Z_a = 1 - Z_b$$

Piedra 1"

$$\begin{aligned} 95 &< Z_a \times 100 + Z_b \times 83,6 < 100 \\ 95 &< -16,4 Z_b + 100 < 100 \\ -5 &< -16,4 Z_b < 0 \end{aligned}$$

$$\boxed{0,3049 > 1 \quad Z_b > 0}$$

Piedra 3/4"

$$\begin{aligned} 60 &< Z_a \times 100 + Z_b \times 26 < 80 \\ 60 &< -74 Z_b + 100 < 80 \\ -40 &< -74 Z_b < -20 \end{aligned}$$

$$\boxed{0,5405 > 1 \quad Z_b > 0,27027}$$

Piedra 1/2"

$$\begin{aligned} 25 &< Z_a \times 75,1 + Z_b \times 4,4 < 60 \\ 25 &< -70,7 Z_b + 75,1 < 60 \\ -50,1 &< -70,7 Z_b < -15,1 \end{aligned}$$

$$\boxed{0,7086 > 1 \quad Z_b > 0,21358}$$

Piedra 3/8"


$$\begin{aligned} 13 &< Z_a \times 50,7 + Z_b \times 0,4 < 35 \\ 13 &< -50,3 Z_b + 50,7 < 35 \\ -37,7 &< -50,3 Z_b < -15,7 \end{aligned}$$

$$\boxed{0,7495 > 1 \quad Z_b > 0,31213}$$

Piedra # 4

$$\begin{aligned} 0 &< Z_a \times 4,80 + Z_b \times 0 < 10 \\ 0 &< -4,8 Z_b + 4,8 < 10 \\ -4,8 &< -4,8 Z_b < 5,2 \end{aligned}$$

$$\boxed{1,0000 > 1 \quad Z_b > -1,0833}$$

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	INFORME DE ENSAYO DE AGREGADOS	
	MUESTRA : AG. GRUESO HUSO 57 PROCEDENCIA : CANTERA JICAMARCA Peso de la Muestra : 12000 gr	FECHA DE INSPECCIÓN : 20/07/2006 Muestra N : M-3 Hecho por P.Garcia	

$$Z_a + Z_b = 1 \quad Z_a = 1 - Z_b$$

Piedra 1"

$$\begin{aligned} 95 &< Z_a \times 100 + Z_b \times 87,6 < 100 \\ 95 &< -12,4 Z_b + 100 < 100 \\ -5 &< -12,4 Z_b < 0 \end{aligned}$$

$$\boxed{0,4032 > 1 \quad Z_b > 0}$$

Piedra 3/4"

$$\begin{aligned} 60 &< Z_a \times 100 + Z_b \times 24 < 80 \\ 60 &< -76 Z_b + 100 < 80 \\ -40 &< -76 Z_b < -20 \end{aligned}$$

$$\boxed{0,5263 > 1 \quad Z_b > 0,26316}$$

Piedra 1/2"

$$\begin{aligned} 25 &< Z_a \times 71,3 + Z_b \times 4 < 60 \\ 25 &< -67,3 Z_b + 71,3 < 60 \\ -46,3 &< -67,3 Z_b < -11,3 \end{aligned}$$

$$\boxed{0,6880 > 1 \quad Z_b > 0,1679}$$

Piedra 3/8"

$$\begin{aligned} 13 &< Z_a \times 42,4 + Z_b \times 0,6 < 35 \\ 13 &< -41,8 Z_b + 42,4 < 35 \\ -29,4 &< -41,8 Z_b < -7,4 \end{aligned}$$

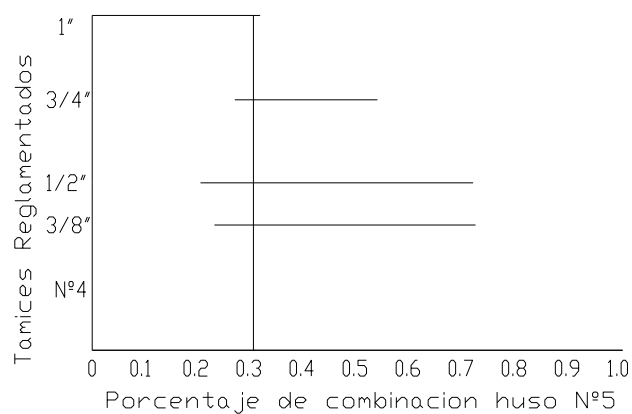
$$\boxed{0,7033 > 1 \quad Z_b > 0,17703}$$

Piedra # 4

$$\begin{aligned} 0 &< Z_a \times 2,50 + Z_b \times 0,2 < 10 \\ 0 &< -2,3 Z_b + 2,5 < 10 \\ -2,5 &< -2,3 Z_b < 7,5 \end{aligned}$$

$$\boxed{1,0870 > 1 \quad Z_b > -3,2609}$$

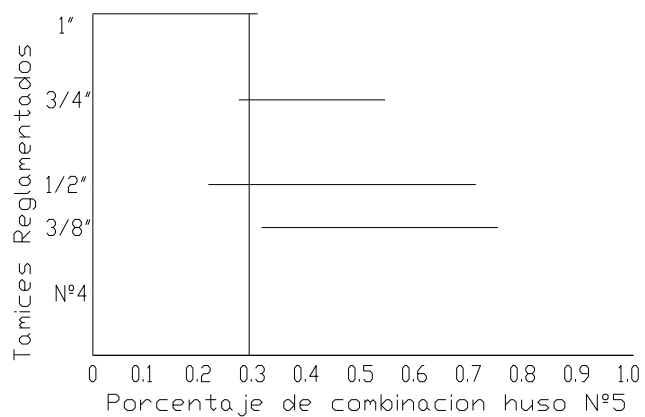
GRÁFICO N° 1 MUESTRA 1



La combinación que se debe de usar es la siguiente

P 5	=	30,39%
P 67	=	69,61%

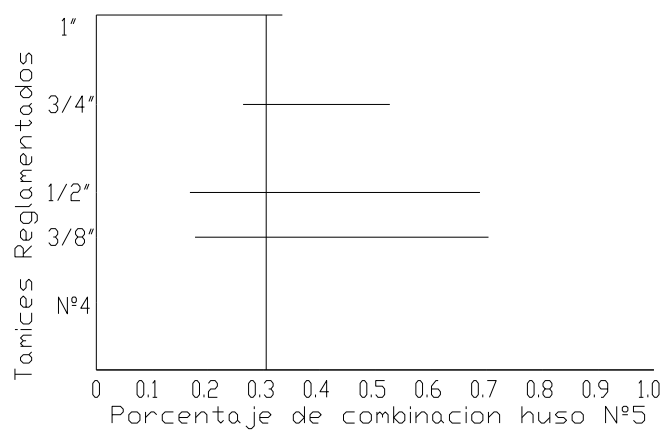
GRÁFICO N° 2 MUESTRA 2



La combinación que se debe de usar es la siguiente

P 5	=	28,92%
P 67	=	71,08%

GRÁFICO N° 3 MUESTRA 3



La combinación que se debe de usar es la siguiente

P 5	=	30,46%
P 67	=	69,54%

Cuadro resumen Método Matemático

ENSAYOS	% P 5	% P 67
1	30,39	69,61
2	28,92	71,08
3	30,46	69,54
PROMESIO	29,92%	70,08%

b. Mezcla de Agregados

De los conceptos detallados sobre granulometría y forma de caracterizarla numéricamente para optimizar las gradaciones, se deduce que la manera de introducir modificaciones granulométricas en los agregados es mezclándolos.

Existen muchos métodos matemáticos y gráficos para mezclar agregados, que en algunos casos permiten determinar la distribución granulométrica en peso y otros en volumen absoluto (que es la forma más adecuada), pero en este acápite desarrollaremos únicamente las expresiones matemáticas que permiten calcular la gradación resultante tanto en peso como en volumen absoluto dependiendo del uso que le demos.

Iniciamos con pruebas de tamizado en el laboratorio, una vez contabilizados los pesos retenidos en cada malla, se tomaran como porcentajes retenidos por malla referidos al peso total y luego estos porcentajes se van acumulando para así dibujar la curva granulométrica en escala semilogaritmica. Adicionalmente contamos con los pesos específicos de cada uno de los agregados que se desea mezclar.

En estas condiciones tenemos que la mezcla de agregados en peso, en base a los porcentajes retenidos acumulativos en cada malla, se deduce de la siguiente manera

P_n = Peso retenido acumulativo del agregado P en la malla n.

A_n = Peso retenido acumulativo del agregado A en la malla n.

P_1 = Peso total del agregado P a mezclarse.

A_1 = Peso total del agregado A a mezclarse.

K = Proporción de mezcla en peso = P_1 / A_1 ----- (1)

El porcentaje retenido acumulativo de la mezcla de P y A para la malla n viene dado por:

$$\% \text{ Mezcla en peso } (P+A)_n = \frac{P_n + A_n}{P_1 + A_1} \times 100 \text{ ----- (2)}$$

Pero de (1) se deduce que $P_1 = K \times A_1$ y reemplazando en (2) se tiene:

$$\% \text{ Mezcla en peso } (P+A)_n = \frac{P_n + A_n}{A_1(K+1)} \times 100 = \frac{P_n}{A_1(K+1)} \times 100 + \frac{A_n}{A_1(K+1)} \times 100$$

$$\% \text{ Mezcla en peso } (P+A)_n = \frac{KP_n}{A_1(K+1)} \times 100 \text{-----} \quad (3)$$

Pero por otro lado

$$\frac{P_n}{P_1} \times 100 = \% P_n = \% \text{ Retenido acumulativo del agregado P en la malla n ---} \quad (4)$$

$$\frac{A_n}{A_1} \times 100 = \% A_n = \% \text{ Retenido acumulativo del agregado P en la malla n --} \quad (5)$$

Se concluye reemplazando (1) y (2) en (3) que el porcentaje retenido acumulativo de la mezcla de los agregados P y A en peso para la malla n, en la proporción K viene dada por:

$$\% \text{ Mezcla en peso } (P + A)_n = \frac{K \% P_n + \% A_n}{K + 1} \text{-----} \quad (6)$$

Esta expresión se puede usar sin problemas para calcular mezclas de agregados de peso específico similar ya que como hemos explicado, no se introduce mucho error en comparación con hacerla en volumen absoluto, pero cuando varían mucho se deben utilizar las siguientes expresiones:

Sea:

P_n = Peso retenido acumulativo del agregado P en la malla n.

A_n = Peso retenido acumulativo del agregado A en la malla n.

$\%P_n$ = % retenido acumulativo del agregado P en la malla n en peso.

$\%A_n$ = % retenido acumulativo del agregado A en la malla n en peso.

VP_n = Volumen absoluto acumulativo del agregado P en la malla n.

VA_n = Volumen absoluto acumulativo del agregado A en la malla n.

$\%VP_n$ = % retenido acum. del agregado P en la malla n en volumen absoluto.

$\%V_{an}$ = % retenido acum. del agregado A en la malla n en volumen absoluto.

P_1 = Peso acumulativo total del agregado P

A_t = Peso acumulativo total del agregado A

G_p = Gravedad específica de agregado P.

G_a = Gravedad específica del agregado A.

Tenemos que:

$$V_{Pn} = P_n / G_p \text{ ----- (7) y } V_{An} = A_n / G_a \text{ ----- (8)}$$

$K = P_1 / A_1$ = Proporción de mezcla en peso

$$Z = \frac{P_1 / G_p}{A_1 / G_a} = K \frac{G_a}{G_p}$$

$$Z = K \frac{G_a}{G_p} \text{ proporción de mezcla en volumen absoluto ----- (9)}$$

Con estas consideraciones, tendremos que el % Retenido acumulativo de la mezcla de P y A para la malla n en volumen absoluto será:

$$\% \text{ Mezcla (P + A)}_n = \frac{P_n / G_p + A_n / G_a}{P_t / G_p + A_t / G_a} \times 100 \text{ ----- (10)}$$

En volumen absoluto

Remplazando (9) en (10) y simplificando se obtiene:

$$\% \text{ Mezcla (P + A)}_n = \frac{Z \% P_n + \% A_n}{Z + 1}$$

En volumen absoluto

Si los pesos específicos son iguales o muy similares, se tiene que $Z = K$ y la fórmula (11) adquiere la misma expresión que la (6), verificándose pues matemáticamente que en estos casos mezclar en peso o en volumen absoluto producen la misma distribución granulométrica.

Se realizaron tres ensayos utilizando este método, los cuales se muestran a continuación:



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CALCULO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Tamiz	Piedra # 5 Ga = 2,77			Piedra # 67 Gp = 2,68			Combinación	
	Peso en gr.	% Ret. Indv.	% Ret. Acum.	Peso en gr.	% Ret. Indv.	% Ret. Acum.	70% P 67 30% P 5 en peso K = 2,333	70% P 67 30% P 5 en volumen Z = 2,412
3	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0		
1 1/2"	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
1"	1580	15,8	15,8	0	0,0	0,0	4,7	4,6
3/4"	5860	58,6	74,4	0	0,0	0,0	22,3	21,8
1/2"	1980	19,8	94,2	3130	26,1	26,1	46,5	46,0
3/8"	520	5,2	99,4	3430	28,6	54,7	68,1	67,8
# 4	60	0,6	100,0	5320	44,3	99,0	99,3	99,3
# 8	0	0,0	100,0	100	0,8	99,8	99,9	99,9
fond.	0	0,0	100,0	20	0,2	100,0	100,0	100,0
		0,0	100,0	0	0,0	100,0	100,0	100,0
		0,0	100,0	0	0,0	100,0	100,0	100,0
total	10000	100	M. F. 7,74	12000	100	M. F. 6,54	M. F. 6,41	M. F. 6,39

$$\% \text{ Mezcla } (P + A)_n = \frac{Z\%P_n + \%A_n}{Z + 1}$$

en volumen absoluto

P_n = Peso retenido acumulativo del agregado P en la malla n.

A_n = Peso retenido acumulativo del agregado A en la malla n.

% P_n = % Peso retenido acumulativo del agregado P en la malla n en peso.

% A_n = % Peso retenido acumulativo del agregado A en la malla n en peso.

$$\% \text{ Mezcla } (P + A)_n = \frac{K\%P_n + \%A_n}{K + 1}$$

en peso

P_n = Peso retenido acumulativo del agregado P en la malla n.

A_n = Peso retenido acumulativo del agregado A en la malla n.

P_t = Peso total del agregado P a mezclarse.

A_t = Peso total del agregado A a mezclarse.

K = Proporción de mezcla en peso = P_t / A_t

70% P 67 30% P 5 en peso

Para la Malla 1 1/2" % Mezcla en peso = $\frac{K\%P_{1/2} + \%A_{1/2}}{K + 1}$

K = 2,333

% Mezcla en peso = $\frac{2,333\%P_{1/2} + \%A_{1/2}}{2,333 + 1}$ = 0,00

70% P 67 30% P 5 en volumen

Para la Malla 1 1/2" % Mezcla en Volumen = $\frac{Z\%P_{1/2} + \%A_{1/2}}{Z + 1}$

Z = 2,412

% Mezcla en Volumen = $\frac{2,412\%P_{1/2} + \%A_{1/2}}{2,412 + 1}$ = 0,00

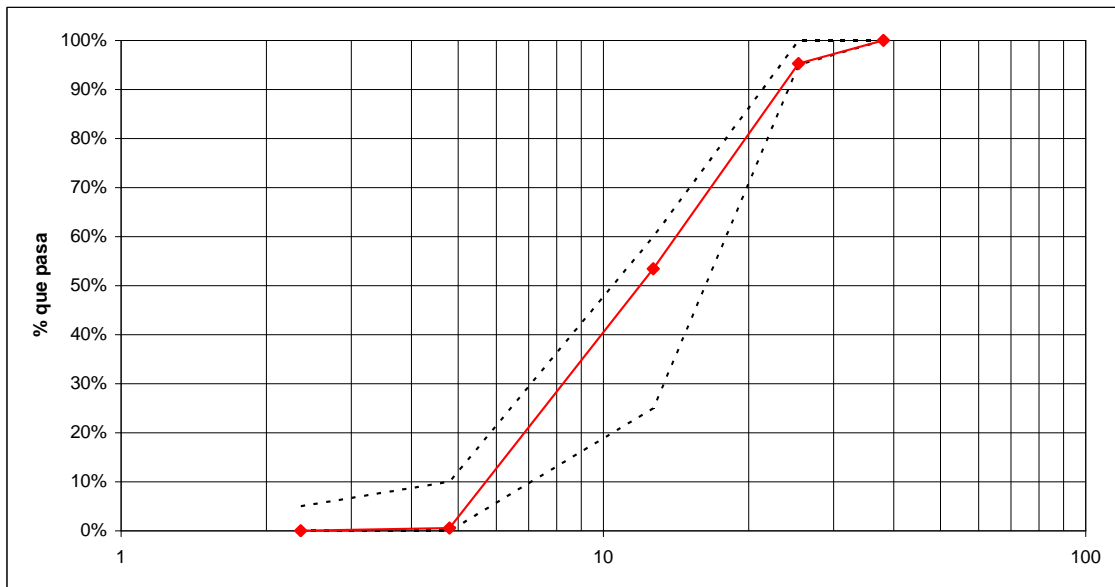
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



MUESTRA : AG. GRUESO HUSO 57 **Muestra N :** M-1
Peso de la Muestra : **Procedencia :** Cantera Jicamarca
Elaborado por : Pedro A. Garcia Aymar

Tamices		Peso Retenido (gr.)	%			REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AG. GRUESO HUSO 57	
MALLA	(mm)		Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa		
3"							
2 1/2"							
2"							
1 1/2"	38,1	-	0,00%	0,0%	100,0%	100,00%	100,00%
1"	25,4	4,7	4,75%	4,8%	95,3%	95,00%	100,00%
1/2"	12,7	41,8	41,83%	46,6%	53,4%	25,00%	60,00%
# 4	4,8	52,8	52,85%	99,4%	0,6%	0%	10%
# 8	2,36	0,6	0,59%	100,0%	0,0%	0%	5%
fondo		0,0	0,00%	100%	0,0%		
TOTAL		99,9	100,0%			MODULO	6,51





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CALCULO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Tamiz	Piedra # 5 Ga = 2,77			Piedra # 67 Gp = 2,68			Combinación	
	Peso en gr.	% Ret. Indv.	% Ret. Acum.	Peso en gr.	% Ret. Indv.	% Ret. Acum.	70% P 67 30% P 5 en peso K = 2,333	70% P 67 30% P 5 en volumen Z = 2,412
3	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0		
1 1/2"	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
1"	1640	16,4	16,4	0	0,0	0,0	4,9	4,8
3/4"	5760	57,6	74,0	0	0,0	0,0	22,2	21,7
1/2"	2160	21,6	95,6	2990	24,9	24,9	46,1	45,6
3/8"	400	4,0	99,6	2930	24,4	49,3	64,4	64,1
# 4	40	0,4	100,0	5500	45,8	95,2	96,6	96,6
# 8	0	0,0	100,0	240	2,0	97,2	98,0	98,0
fond.	0	0,0	100,0	340	2,8	100,0	100,0	100,0
		0,0	100,0	0	0,0	100,0	100,0	100,0
		0,0	100,0	0	0,0	100,0	100,0	100,0
total	10000	100	M. F. 7,74	12000	100	M. F. 6,45	M. F. 6,32	M. F. 6,31

$$\% \text{ Mezcla } (P + A)_n = \frac{Z\%P_n + \%A_n}{Z + 1}$$

en volumen absoluto

P_n = Peso retenido acumulativo del agregado P en la malla n.
 A_n = Peso retenido acumulativo del agregado A en la malla n.
 % P_n = % Peso retenido acumulativo del agregado P en la malla n en peso.
 % A_n = % Peso retenido acumulativo del agregado A en la malla n en peso.

$$\% \text{ Mezcla } (P + A)_n = \frac{K\%P_n + \%A_n}{K + 1}$$

en peso

P_n = Peso retenido acumulativo del agregado P en la malla n.
 A_n = Peso retenido acumulativo del agregado A en la malla n.
 P_t = Peso total del agregado P a mezclarse.
 A_t = Peso total del agregado A a mezclarse.
 K = Proporción de mezcla en peso = P_t / A_t

70% P 67 30% P 5 en peso

Para la Malla 1 1/2" $\% \text{ Mezcla en peso } = \frac{K\%P_{1/2} + \%A_{1/2}}{K + 1}$

K = 2,333

$\% \text{ Mezcla en peso } = 0,00$

70% P 67 30% P 5 en volumen

Para la Malla 1 1/2" $\% \text{ Mezcla en Volumen } = \frac{Z\%P_{1/2} + \%A_{1/2}}{Z + 1}$

Z = 2,412

$\% \text{ Mezcla en Volumen } = 0,00$

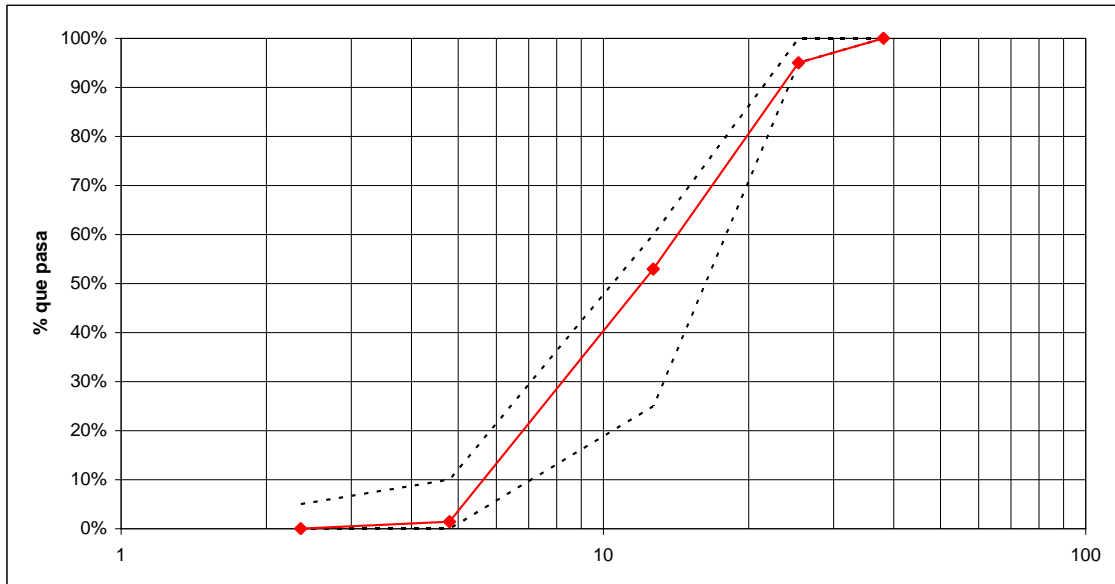
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



MUESTRA : AG. GRUESO HUSO 57 **Muestra N :** M-2
Peso de la Muestra : **Procedencia :** Cantera Jicamarca
Elaborado por : Pedro A. Garcia Aymar

Tamices		Peso Retenido (gr.)	%			REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AG. GRUESO HUSO 57	
MALLA	(mm)		Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa		
3"							
2 1/2"							
2"							
1 1/2"	38,1	-	0,00%	0,0%	100,0%	100,00%	100,00%
1"	25,4	4,9	5,02%	5,0%	95,0%	95,00%	100,00%
1/2"	12,7	41,2	42,04%	47,1%	52,9%	25,00%	60,00%
# 4	4,8	50,5	51,52%	98,6%	1,4%	0%	10%
# 8	2,36	1,4	1,43%	100,0%	0,0%	0%	5%
fondo		0,0	0,00%	100%	0,0%		
TOTAL		98,0	100,0%			MODULO	6,51





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CALCULO DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Tamiz	Piedra # 5 Ga = 2,77			Piedra # 67 Gp = 2,68			Combinación	
	Peso en gr.	% Ret. Indv.	% Ret. Acum.	Peso en gr.	% Ret. Indv.	% Ret. Acum.	56% P 67 44% P 5 en peso K = 1,273	56% P 67 44% P 5 en volumen Z = 1,315
3	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0		
1 1/2"	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
1"	1240	12,4	12,4	0	0,0	0,0	5,5	5,4
3/4"	6360	63,6	76,0	0	0,0	0,0	33,4	32,8
1/2"	2000	20,0	96,0	3445	28,7	28,7	58,3	57,8
3/8"	340	3,4	99,4	3465	28,9	57,6	76,0	75,6
# 4	40	0,4	99,8	4785	39,9	97,5	98,5	98,5
# 8	0	0,0	99,8	280	2,3	99,8	99,8	99,8
fond.	20	0,2	100,0	26	0,2	100,0	100,0	100,0
		0,0	100,0	0	0,0	100,0	100,0	100,0
		0,0	100,0	0	0,0	100,0	100,0	100,0
total	10000	100	M. F. 7,75	12000	100	M. F. 6,55	M. F. 6,71	M. F. 6,70

$$\% \text{ Mezcla } (P + A)_n \text{ en volumen absoluto} = \frac{Z\%P_n + \%A_n}{Z + 1}$$

P_n = Peso retenido acumulativo del agregado P en la malla n.
 A_n = Peso retenido acumulativo del agregado A en la malla n.
 % P_n = % Peso retenido acumulativo del agregado P en la malla n en peso.
 % A_n = % Peso retenido acumulativo del agregado A en la malla n en peso.

$$\% \text{ Mezcla } (P + A)_n \text{ en peso} = \frac{K\%P_n + \%A_n}{K + 1}$$

P_n = Peso retenido acumulativo del agregado P en la malla n.
 A_n = Peso retenido acumulativo del agregado A en la malla n.
 P_t = Peso total del agregado P a mezclarse.
 A_t = Peso total del agregado A a mezclarse.
 K = Proporción de mezcla en peso = P_t / A_t

56% P 67 44% P 5 en peso

Para la Malla 1 1/2" $\% \text{ Mezcla en peso } (P + A)_{1\ 1/2"} = \frac{K\%P_{1\ 1/2"} + \%A_{1\ 1/2"}}{K + 1}$

K = 1,273


$\% \text{ Mezcla en peso } (P + A)_{1\ 1/2"} = 0,00$

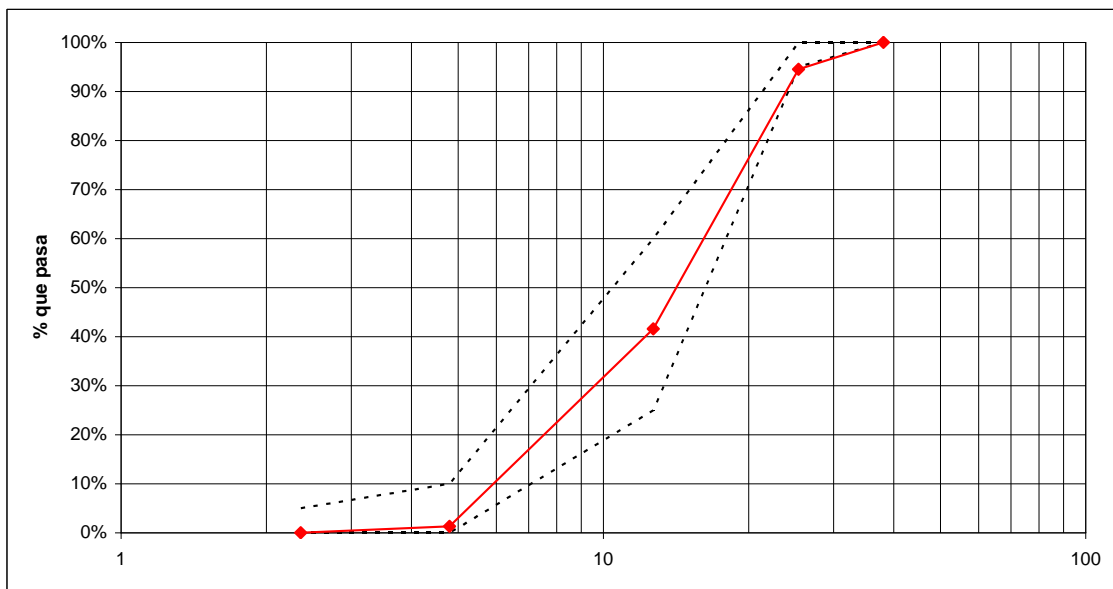
56% P 67 44% P 5 en volumen

Para la Malla 1 1/2" $\% \text{ Mezcla en Volumen } (P + A)_{1\ 1/2"} = \frac{Z\%P_{1\ 1/2"} + \%A_{1\ 1/2"}}{Z + 1}$

Z = 1,315

$\% \text{ Mezcla en Volumen } (P + A)_{1\ 1/2"} = 0,00$

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
		MUESTRA : AG. GRUESO HUSO 57		Muestra N : M-3			
		Peso de la Muestra :		Procedencia : Cantera Jicamarca			
		Elaborado por : Pedro A. Garcia Aymar					
Tamices		Peso Retenido (gr.)	%			REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AG. GRUESO HUSO 57	
MALLA	(mm)		Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa		
3"							
2 1/2"							
2"							
1 1/2"	38,1	-	0,00%	0,0%	100,0%	100,00%	100,00%
1"	25,4	5,5	5,47%	5,5%	94,5%	95,00%	100,00%
1/2"	12,7	52,9	52,98%	58,5%	41,6%	25,00%	60,00%
# 4	4,8	40,2	40,26%	98,7%	1,3%	0%	10%
# 8	2,36	1,3	1,31%	100,0%	0,0%	0%	5%
fondo		0,0	0,00%	100%	0,0%		
TOTAL		99,8	100,0%			MODULO	6,63



2.7.5 MÓDULO DE FINURA

El módulo de finura del agregado grueso es útil en las mezclas de concreto y se obtiene, conforme a la norma N.T.P. 400.011, sumando los porcentajes acumulados en peso de los agregados retenidos en una serie especificada de mallas y dividiendo la suma entre 100, similar a la del agregado fino.

$$\text{Módulo de Finura} = M.F. = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado}}{100}$$

Ensayo N° 1.

$$M.F. = \frac{5 + 47 + 100 + 500}{100} = 6,52$$

Ensayo N° 2.

$$M.F. = \frac{5.0 + 47 + 99 + 500}{100} = 6,51$$

Ensayo N° 3.

$$M.F. = \frac{5 + 59 + 99 + 500}{100} = 6,63$$

Promedio de módulos de finura para los tres ensayos realizados.

ENSAYOS	M.F.
1	6,52
2	6,51
3	6,63
PROMEDIO	6,56

2.7.6 PESO ESPECÍFICO

El peso específico del agregado grueso es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para proporcionamiento de mezclas y control. El valor del peso específico para agregados normales oscila entre 2 500 y 2 750.

A continuación se muestran las expresiones que se utilizan para calcular los tres estados de pesos específicos, al igual como hemos aplicado anteriormente con el agregado fino.

$$\text{Peso específico de masa (G)} = \frac{A}{(B - C)}$$

$$\begin{array}{l} \text{Peso específico de masa} \\ \text{saturado superficialmente seco} \end{array} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Peso específico aparente (Ga)} = \frac{A}{(A - C)}$$

2.7.7 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

Se denomina absorción del agregado grueso cuando tiene todos sus poros saturados pero la superficie del mismo está seca. Es en esta condición como se hacen los cálculos de dosificación para elaborar concreto. La absorción del agregado grueso se determina de acuerdo con la norma ASTM C 566 de manera que se pueda controlar el contenido neto de agua en el concreto y se puedan determinar los pesos correctos de cada mezcla. A continuación se presenta la expresión que se utiliza para calcular el porcentaje de absorción al igual como hemos aplicado anteriormente con el agregado fino.

$$\text{Porcentaje de absorción (a \%)} = 100 \times \frac{(B - A)}{A}$$



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

B.-AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado : *Piedra chancada huso 67*

Muestra: N° *M-1*

Procedencia : *Jicamarca*

Norma: N.T.P. 400.022

Peso de la muestra: **5 000 g**

Fecha: **20/10/006**

Hecho Por: **P. García**

Descripción	Símbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	B	5 000,00	g
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		3 775,10	g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA		619,40	g
PESO DEL MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	C	3 155,70	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	4 951,20	g

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA

$$A / (B - C) = 2,68 \text{ g/cm}^3$$

2.- PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO

$$B / (B - C) = 2,71 \text{ g/cm}^3$$

3.- PESO ESPECÍFICO APARENTE

$$A / (A - C) = 2,76 \text{ g/cm}^3$$

4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

$$100 \times (B - A) / A = 0,99 \%$$



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

B.-AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado : *Piedra chancada huso 67*

Muestra: N° *M-2*

Procedencia : *Jicamarca*

Norma: N.T.P. 400.022

Peso de la muestra: **5 000 g**

Fecha: **20/10/006**

Hecho Por: **P. García**

Descripción	Símbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	B	5 000,00	g
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		3 772,60	g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA		619,4	g
PESO DEL MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	C	3 153,20	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	4 948,40	g

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA

$$A / (B - C) = 2,68 \text{ g/cm}^3$$

2.- PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO

$$B / (B - C) = 2,71 \text{ g/cm}^3$$

3.- PESO ESPECÍFICO APARENTE

$$A / (A - C) = 2,76 \text{ g/cm}^3$$

4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

$$100 \times (B - A) / A = 1,04 \%$$



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

B.-AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado : *Piedra chancada huso 67*

Muestra: N° *M-3*

Procedencia : *Jicamarca*

Norma: N.T.P. 400.022

Peso de la muestra: **5 000 g**

Fecha: **20/10/006**

Hecho Por: **P. García**

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	B	5 000,00	g
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		3 774,50	g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA		618,20	g
PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	C	3 156,30	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	4 953,10	g

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA

$$A / (B - C) = 2,69 \text{ g/cm}^3$$

2.- PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO

$$B / (B - C) = 2,71 \text{ g/cm}^3$$

3.- PESO ESPECÍFICO APARENTE

$$A / (A - C) = 2,76 \text{ g/cm}^3$$

4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

$$100 \times (B - A) / A = 0,95 \%$$



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

B.-AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado : *Piedra chancada huso 5*

Muestra: N° *M-1*

Procedencia : *Jicamarca*

Norma: N.T.P. 400.022

Peso de la muestra: **5 000 g**

Fecha: **20/10/2006**

Hecho Por: **P. García**

Descripción	Símbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	B	5 000,00	g
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		3 827,25	g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA		619,35	g
PESO DEL MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	C	3 207,90	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	4 971,60	g

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA

$$A / (B - C) = 2,77 \text{ g/cm}^3$$

2.- PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO

$$B / (B - C) = 2,79 \text{ g/cm}^3$$

3.- PESO ESPECÍFICO APARENTE

$$A / (A - C) = 2,82 \text{ g/cm}^3$$

4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

$$100 \times (B - A) / A = 0,57 \%$$



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

B.-AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado : *Piedra chancada huso 5*

Muestra: N° *M-2*

Procedencia : *Jicamarca*

Norma: N.T.P. 400.022

Peso de la muestra: **5 000 g**

Fecha: **20/10/006**

Hecho Por: **P. García**

Descripción	Símbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	B	5 000,00	g
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		3 822,45	g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA		619,35	g
PESO DEL MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	C	3 203,10	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	4 970,90	g

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA

$$A / (B - C) = 2,77 \text{ g/cm}^3$$

2.- PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO

$$B / (B - C) = 2,78 \text{ g/cm}^3$$

3.- PESO ESPECÍFICO APARENTE

$$A / (A - C) = 2,81 \text{ g/cm}^3$$

4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

$$100 \times (B - A) / A = 0,59 \%$$



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

B.-AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado : *Piedra chancada huso 5*

Muestra: N° *M-3*

Procedencia : *Jicamarca*

Norma: N.T.P. 400.022

Peso de la muestra: **5 000 g**

Fecha: **20/10/006**

Hecho Por: **P. García**

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	B	5 000,00	g
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		3 824,30	g
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA		619,35	g
PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	C	3 204,95	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	4 969,40	g

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA

$$A / (B - C) = 2,77 \text{ g/cm}^3$$

2.- PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO

$$B / (B - C) = 2,79 \text{ g/cm}^3$$

3.- PESO ESPECÍFICO APARENTE

$$A / (A - C) = 2,82 \text{ g/cm}^3$$

4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

$$100 \times (B - A) / A = 0,62 \%$$



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado : **AGREGADO GRUESO HUSO 67**

Norma:N.T.P. 400.022

Procedencia : **Jicamarca**

Peso de la muestra : **5 000 g**

ENSAYO	FÓRMULA	UNIDAD	M-1	M-2	M-3	PROMEDIO
PESO ESPECÍFICO DE MASA	$A / (V - W)$	g/cm ³	2,68	2,68	2,69	2,68
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	$500 / (V - W)$	g/cm ³	2,71	2,71	2,71	2,71
PESO ESPECÍFICO APARENTE	$A / (V - W) - (500 - A)$	g/cm ³	2,76	2,76	2,76	2,76
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	$100 \times (500 - A) / A$	%	0,99	1,04	0,95	0,99

Tipo de agregado : **AGREGADO GRUESO HUSO 5**

Norma:N.T.P. 400.022

Procedencia : **Jicamarca**

Peso de la muestra : **5000 gr.**

ENSAYO	FÓRMULA	UNIDAD	M-1	M-2	M-3	PROMEDIO
PESO ESPECÍFICO DE MASA	$A / (V - W)$	g/cm ³	2,77	2,77	2,77	2,77
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	$500 / (V - W)$	g/cm ³	2,79	2,78	2,79	2,79
PESO ESPECÍFICO APARENTE	$A / (V - W) - (500 - A)$	g/cm ³	2,82	2,81	2,82	2,82
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	$100 \times (500 - A) / A$	%	0,57	0,59	0,62	0,59

2.7.8 PESO UNITARIO

El peso unitario del agregado grueso, al igual que el agregado fino, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en el recipiente, dividida entre su volumen, expresado en kg/m^3 . Es una característica importante del concreto, porque es índice de propiedades que a su vez influyen decisivamente en el empleo que se le da. El valor del peso unitario para agregados normales oscila entre 1 500 y 1 700 kg/m^3 .

La norma N.T.P. 400.017 reconoce dos formas: suelto y compactado.

- I. Peso unitario suelto :

Cuando el agregado seco se coloca con cuidado en un contenedor de diámetro y profundidad prescritas que depende del tamaño máximo del agregado hasta que rebose y después es nivelado haciendo rodar una varilla por encima. Luego se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1\,000}{W_a}$$

$$P.U.S = f \times W_s$$

- II. Peso unitario compactado:

Cuando el contenedor se llena en tres etapas, se apisona cada tercio del volumen 25 veces con una varilla compactadora de punta redondeada de 5/8" de diámetro, y se remueve de nuevo lo que sobresalga. Luego se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1\,000}{W_a}$$

$$P.U.C = f \times W_c$$



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Tipo de Agregado: PIEDRA HUSO 67

Norma: NTP 400.017

Procedencia : JICAMARCA

Fecha : 21/08/2006

A.- PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		19,46	19,64	19,56		kg
PESO DEL RECIPIENTE		5,58	5,58	5,58		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	13,88	14,06	13,98		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		14,82	14,82	14,82		kg
PESO DEL AGUA	Wa	9,24	9,24	9,24		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	108	108,03	108,03		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 500	1 519	1 510	1 510	kg/ m ³

$$PUS = f \times Ws$$

A.- PESO UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		20,68	20,82	20,84		kg
PESO DEL RECIPIENTE		5,58	5,58	5,58		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	15,1	15,24	15,26		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		14,82	14,82	14,82		kg
PESO DEL AGUA	Wa	9,24	9,24	9,24		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	108	108,03	108,03		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 631	1 646	1 649	1 642	kg/ m ³



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Tipo de Agregado: PIEDRA HUSO 67 Norma: NTP 400.017

Procedencia : JICAMARCA Fecha : 24/08/2006

A.- PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		19,58	19,46	19,44		kg
PESO DEL RECIPIENTE		5,58	5,58	5,58		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	14	13,88	13,86		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		14,82	14,82	14,82		kg
PESO DEL AGUA	Wa	9,24	9,24	9,24		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	108,03	108,03	108,03		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 512	1 500	1 497	1 503	kg/ m ³

$$PUS = f \times Ws$$

A.- PESO UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		20,56	20,58	20,54		kg
PESO DEL RECIPIENTE		5,58	5,58	5,58		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	14,98	15	14,96		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		14,82	14,82	14,82		kg
PESO DEL AGUA	Wa	9,24	9,24	9,24		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	108,03	108,03	108,03		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 618	1 621	1 616	1 618	kg/ m ³



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Tipo de Agregado: PIEDRA HUSO 67 Norma: NTP 400.017

Procedencia : JICAMARCA Fecha : 24/08/2006

A.- PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		19,6	19,5	19,5		kg
PESO DEL RECIPIENTE		5,58	5,58	5,58		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	14,02	13,92	13,92		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		14,82	14,82	14,82		kg
PESO DEL AGUA	Wa	9,24	9,24	9,24		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	108,03	108,03	108,03		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 515	1 504	1 504	1 507	kg/ m ³

$$PUS = f \times Ws$$

A.- PESO UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		20,62	20,56	20,54		kg
PESO DEL RECIPIENTE		5,58	5,58	5,58		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	15,04	14,98	14,96		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		14,82	14,82	14,82		kg
PESO DEL AGUA	Wa	9,24	9,24	9,24		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	108,03	108,03	108,03		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 625	1 618	1 616	1 620	kg/ m ³



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (RESUMEN)

Tipo de Agregado: PIEDRA HUSO 67

Norma: NTP 400.017

Procedencia : JICAMARCA

A.- PESO UNITARIO SUELTO

	M -1 kg/m3	M -2 kg/m3	M -3 kg/m3	PROM kg/m3
MUESTRA 1	1 500	1 519	1 510	1 510
MUESTRA 2	1 512	1 500	1 497	1 503
MUESTRA 3	1 515	1 504	1 504	1 507
				1 507

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

	M -1 kg/m3	M -2 kg/m3	M -3 kg/m3	PROM kg/m3
MUESTRA 1	1 631	1 646	1 649	1 642
MUESTRA 2	1 618	1 621	1 616	1 618
MUESTRA 3	1 625	1 618	1 616	1 620
				1 627



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Tipo de Agregado: PIEDRA HUSO 5

Norma: NTP 400.017

Procedencia : JICAMARCA

Fecha : 24/08/2006

A.- PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		18,7	18,8	18,6		kg
PESO DEL RECIPIENTE		5,59	5,59	5,59		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	13,11	13,21	13,01		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		14,70	14,70	14,70		kg
PESO DEL AGUA	Wa	9,11	9,11	9,11		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	109,55	109,55	109,55		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 436	1 447	1 425	1 436	kg/ m ³

$$PUS = f \times Ws$$

A.- PESO UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		19,9	20	19,94		kg
PESO DEL RECIPIENTE		5,59	5,59	5,59		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	14,31	14,41	14,35		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		14,70	14,70	14,70		kg
PESO DEL AGUA	Wa	9,11	9,11	9,11		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	109,55	109,55	109,55		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 568	1 579	1 572	1 573	kg/ m ³



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Tipo de Agregado: PIEDRA HUSO 5 Norma: NTP 400.017

Procedencia : JICAMARCA Fecha :

A.- PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		26,1	26	26,1		kg
PESO DEL RECIPIENTE		5,94	5,94	5,94		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	20,16	20,06	20,16		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		20,04	20,04	20,04		kg
PESO DEL AGUA	Wa	14,10	14,10	14,10		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	70,80	70,80	70,80		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 427	1 420	1 427	1 425	kg/ m ³

$$PUS = f \times Ws$$

A.- PESO UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		27,9	27,8	28,1		kg
PESO DEL RECIPIENTE		5,94	5,94	5,94		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	21,96	21,86	22,16		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		20,04	20,04	20,04		kg
PESO DEL AGUA	Wa	14,10	14,10	14,10		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	70,80	70,80	70,80		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 555	1 548	1 569	1 557	kg/ m ³



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Tipo de Agregado: PIEDRA HUSO 5 Norma: NTP 400.017

Procedencia : JICAMARCA Fecha :

A.- PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		25,6	25,7	25,7		kg
PESO DEL RECIPIENTE		5,94	5,94	5,94		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	19,66	19,76	19,76		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		20,04	20,04	20,04		kg
PESO DEL AGUA	Wa	14,10	14,10	14,10		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	70,80	70,80	70,80		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 392	1 399	1 399	1 397	kg/ m ³

$$PUS = f \times Ws$$

A.- PESO UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD				UND
		M-1	M-2	M-3	PROM	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		28,26	28,24	28,28		kg
PESO DEL RECIPIENTE		5,94	5,94	5,94		kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	22,32	22,30	22,34		kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		20,04	20,04	20,04		kg
PESO DEL AGUA	Wa	14,10	14,10	14,10		kg
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	70,80	70,80	70,80		m ⁻³
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1 580	1 579	1 582	1 580	kg/ m ³



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (RESUMEN)

Tipo de Agregado: PIEDRA HUSO 5

Norma: NTP 400.017

Procedencia : JICAMARCA

A.- PESO UNITARIO SUELTO

	M -1 kg/m ³	M -2 kg/m ³	M -3 kg/m ³	PROM kg/m ³
MUESTRA 1	1 436	1 447	1 425	1 436
MUESTRA 2	1 427	1 420	1 427	1 425
MUESTRA 3	1 392	1 399	1 399	1 397
				1 419

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

	M -1 kg/m ³	M -2 kg/m ³	M -3 kg/m ³	PROM kg/m ³
MUESTRA 1	1 568	1 579	1 572	1 573
MUESTRA 2	1 555	1 548	1 569	1 557
MUESTRA 3	1 580	1 579	1 582	1 580
				1 570

2.7.9 CONTENIDO DE HUMEDAD

Se define como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%). Es una característica importante que se debe de tomar en cuenta porque altera la cantidad de agua en el concreto y nos permite efectuar las correcciones necesarias en el proporcionamiento de la mezclas de diseño.

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra humeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

Contenido de humedad del agregado grueso.

Norma : N.T.P. 339.185

Tipo de agregado : Piedra chancada

Procedencia : Jicamarca

Peso de la muestra : 5 000 g.



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

A.- AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado : **Piedra 67**
Procedencia : **Jicamarca**
Peso de la muestra: **5 000 g**

Muestra : **M-1**
Fecha : **22/08/2006**
Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA	P1	5 000,0	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	P2	4 979,0	g
CONTENIDO DE AGUA	(P1-P2)	21,0	g
CONTENIDO DE HUMEDAD	H	0,42	%

Tipo de agregado : **Piedra 67**
Procedencia : **Jicamarca**
Peso de la muestra: **5 000 g**

Muestra : **M-2**
Fecha : **10/08/2006**
Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA	P1	5 000,0	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	P2	4 978,5	g
CONTENIDO DE AGUA	(P1-P2)	21,5	g
CONTENIDO DE HUMEDAD	H	0,43	%

Tipo de agregado : **Piedra 67**
Procedencia : **Jicamarca**
Peso de la muestra: **5 000 g**

Muestra : **M-3**
Fecha : **10/08/2006**
Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA	P1	5 000,0	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	P2	4 980,0	g
CONTENIDO DE AGUA	(P1-P2)	20,0	g
CONTENIDO DE HUMEDAD	H	0,40	%

CONTENIDO DE HUMEDAD

$$H = 100(P1 - P2) / P1$$

RESUMEN

MUESTRA	Contenido de Humedad (%)
M - 1	0,42
M - 2	0,43
M - 3	0,40
PROMEDIO	0,42



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

A.- AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado : **Piedra 5**
Procedencia : **Jicamarca**
Peso de la muestra: **5 000 g**

Muestra : **M-1**
Fecha : **22/08/2006**
Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA	P1	5 000,0	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	P2	4 992,6	g
CONTENIDO DE AGUA	(P1-P2)	7,4	g
CONTENIDO DE HUMEDAD	H	0,15	%

Tipo de agregado : **Piedra 5**
Procedencia : **Jicamarca**
Peso de la muestra: **5 000 g**

Muestra : **M-2**
Fecha : **10/08/2006**
Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA	P1	5 000,0	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	P2	4 993,2	g
CONTENIDO DE AGUA	(P1-P2)	6,8	g
CONTENIDO DE HUMEDAD	H	0,14	%

Tipo de agregado : **Piedra 5**
Procedencia : **Jicamarca**
Peso de la muestra: **5 000 g**

Muestra : **M-3**
Fecha : **10/08/2006**
Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA	P1	5 000,0	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	P2	4 993,8	g
CONTENIDO DE AGUA	(P1-P2)	6,2	g
CONTENIDO DE HUMEDAD	H	0,12	%

CONTENIDO DE HUMEDAD

$$H = 100(P1 - P2) / P1$$

RESUMEN

MUESTRA	Contenido de Humedad (%)
M - 1	0,15
M - 2	0,14
M - 3	0,12
PROMEDIO	0,14

2.7.10 PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N° 200.

Consiste en determinar la cantidad de finos que se presenta en el agregado grueso, material que puede ser perjudicial para el concreto. Se calcula dividiendo el peso del material que pasa la malla N° 200 y el peso de la muestra, así como se muestra a continuación.

$$\% \text{ que pasa la malla N}^\circ 200 = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de la muestra lavada y secada}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MATERIAL QUE PASA MALLA N° 200

B.- AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado : **Piedra huso 67**
Procedencia : **Jicamarca**
Peso de la muestra: **5 000 g**

Muestra : **M-1**
Fecha : **22/08/2006**
Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA	P1	5 000,0	g
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	4 971,1	g
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200	(P1-P2)	28,9	g
% QUE PASA LA MALLA N°200	A	0,58	%

Tipo de agregado : **Piedra huso 67**
Procedencia : **Jicamarca**
Peso de la muestra: **5 000 g**

Muestra : **M-2**
Fecha : **22/08/2006**
Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA	P1	5 000,0	g
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	4 973,9	g
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200	(P1-P2)	26,1	g
% QUE PASA LA MALLA N°200	A	0,52	%

Tipo de agregado : **Piedra huso 67**
Procedencia : **Jicamarca**
Peso de la muestra: **5 000 g**

Muestra : **M-3**
Fecha : **22/08/2006**
Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA	P1	4 000,0	g
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	3 976,5	g
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200	(P1-P2)	23,5	g
% QUE PASA LA MALLA N°200	A	0,59	%

PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N°200

$$A = 100(P1 - P2) / P1$$

RESUMEN

MUESTRA	% que pasa la maya N° 200
M - 1	0,58
M - 2	0,52
M - 3	0,59
PROMEDIO	0,56



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

MATERIAL QUE PASA MALLA N° 200

C.- AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado : **Piedra huso 5** Muestra : **M-1**
Procedencia : **Jicamarca** Fecha : **15/08/2006**
Peso de la muestra: **2500 g** Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA	P1	2 500,0	g
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	2 490,7	g
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200	(P1-P2)	9,3	g
% QUE PASA LA MALLA N°200	A	0,37	%

Tipo de agregado : **Piedra huso 5** Muestra : **M-2**
Procedencia : **Jicamarca** Fecha : **22/08/2006**
Peso de la muestra: **2500 g** Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA	P1	2 500,0	g
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	2 488,6	g
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200	(P1-P2)	11,4	g
% QUE PASA LA MALLA N°200	A	0,46	%

Tipo de agregado : **Piedra huso 5** Muestra : **M-3**
Procedencia : **Jicamarca** Fecha : **22/08/2006**
Peso de la muestra: **2500 g** Hecho Por:

Descripción	Simbolo	Cantidad	Unidad
PESO DE LA MUESTRA	P1	2 500,0	g
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	2 489,6	g
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200	(P1-P2)	10,4	g
% QUE PASA LA MALLA N°200	A	0,42	%

PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N°200

$$A = 100(P1 - P2) / P1$$

RESUMEN

MUESTRA	% que pasa la maya N° 200
M - 1	0,37
M - 2	0,46
M - 3	0,42
PROMEDIO	0,41

CAPITULO III.

DISEÑO DE MEZCLA

Se puede decir que las propiedades del concreto se estudian principalmente con el propósito de seleccionar los ingredientes adecuados de mezcla.

El diseño impone dos criterios para esta selección: resistencia del concreto y su durabilidad. Es importante agregar un requisito implícito en el sentido de que la trabajabilidad debe ser la apropiada para las condiciones del vaciado. El diseño de mezcla es el proceso de escoger los materiales adecuados del concreto para determinar las cantidades relativas de los mismos, con el objeto de producir un concreto tan económico como sea posible, concreto con cierto mínimo de propiedades, especialmente resistencia, durabilidad y una consistencia requerida.

El costo de hacer concreto, igual que cualquier otro tipo de actividad de construcción, se compone del costo de los materiales, del equipo y de la mano de obra. La variación en el costo del material surge del hecho de que el cemento es varias veces más caro que el agregado, de manera que, al seleccionar las proporciones de la mezcla, es deseable evitar un alto contenido de cemento.

Existen en la actualidad una serie de métodos de diseño de mezclas que con mayor o menor refinamiento establecen tablas y/o gráficos para estimar cantidades de agua de amasado en función del tamaño máximo, geometría del agregado, así como el asentamiento, relaciones agua/cemento a usar, siendo estas referidas a resistencias en compresión determinadas experimentalmente, las proporciones en que deben intervenir la piedra y la arena en base a gradaciones y consideraciones teóricas y/o prácticas etc.

3.1 EL PROCESO DE SELECCIÓN DE LA MEZCLA

Una determinación exacta de las proporciones de la mezcla por medio de tablas o de datos de computadora generalmente no es posible, los materiales utilizados son esencialmente variables y muchas de sus propiedades no se pueden estimar

cuantitativamente con exactitud. Por ejemplo, la granulometría, forma y textura del agregado no se puede definir de una manera plenamente satisfactoria.

Por lo tanto, no es sorprendente que para obtener una mezcla satisfactoria no solo tengamos que calcular o estimar las proporciones de los materiales disponibles sino también hacer mezclas de prueba. Se verifican las propiedades de esta y se hacen ajustes en las proporciones; se hacen mezclas de prueba en el laboratorio hasta que se obtiene una mezcla definitiva.

Las pruebas de laboratorio no siempre nos garantizan que los resultados obtenidos sean los mismos que los que se obtendrán en obra.

Otros factores, tales como los efectos del manejo, transporte, retraso en el vaciado y variaciones pequeñas en las condiciones del clima pueden también influir en las propiedades del concreto en obra, pero estos son generalmente secundarios y no necesitan más que ajustes menores en las proporciones de la mezcla durante el proceso de la obra.

3.2 FACTORES PARA LA SELECCIÓN DE LAS PROPORCIONES DE LA MEZCLA

3.2.1 RESISTENCIA

La resistencia a la compresión es una de las dos propiedades importantes del concreto ya en su estado de servicio: siendo la otra la durabilidad.

La resistencia tiene importancia tanto por si mismo como también en la medida en que influye en otras propiedades deseables del concreto endurecido.

3.2.2 DURABILIDAD

En más de una ocasión, se ha afirmado que la selección de las proporciones de la mezcla debe no solo satisfacer los requerimientos de resistencia sino también asegurar durabilidad adecuada.

El contenido de cemento como tal no controla la durabilidad: lo hace solo en la medida en que influye en la relación agua/cemento, la cual, a su vez, influye en la resistencia. Por otra parte, considerando que la confianza en el contenido mínimo de cemento, se deberá recordar que, aunque se expresa en kilogramos por metro cúbico de concreto, la durabilidad depende grandemente de las propiedades de la pasta de cemento hidratado.

3.2.3 TRABAJABILIDAD

La trabajabilidad es un factor esencial en la etapa del transporte y vaciado del concreto. Esta se considera deseable dependiendo de dos factores. El primero es el tamaño mínimo de la sección que se va a hacer de concreto y la cantidad y espaciamiento del acero de refuerzo; segundo es el método de compactación que se va a emplear.

La selección de proporciones de la mezcla que no permiten la trabajabilidad apropiada, anula totalmente el propósito del proporcionamiento racional de la mezcla.

3.3 COMBINACIÓN DEL AGREGADO GLOBAL

El hacer una mezcla proporcional del agregado fino y grueso tiene como propósito el realizar una mezcla de concreto en la cual se necesite la cantidad necesaria y no exceder para obtener los requerimientos y propiedades que se necesita que tenga el concreto.

Estos agregados debidamente proporcionados se le denominan "Agregado

Global" y a su gradación correspondiente se le llama "Granulometría Total".

Para ello es deseable que la granulometría total de las partículas del agregado sea tal que el volumen de vacíos o espacios entre partículas sea mínima.

Para esto nos basaremos en determinar los porcentajes adecuados de la combinación de agregados, teniendo en cuenta el peso unitario compactado del material para diferentes proporciones entre material fino y grueso.

3.3.1 DENSIDAD MÁXIMA DEL AGREGADO COMBINADO

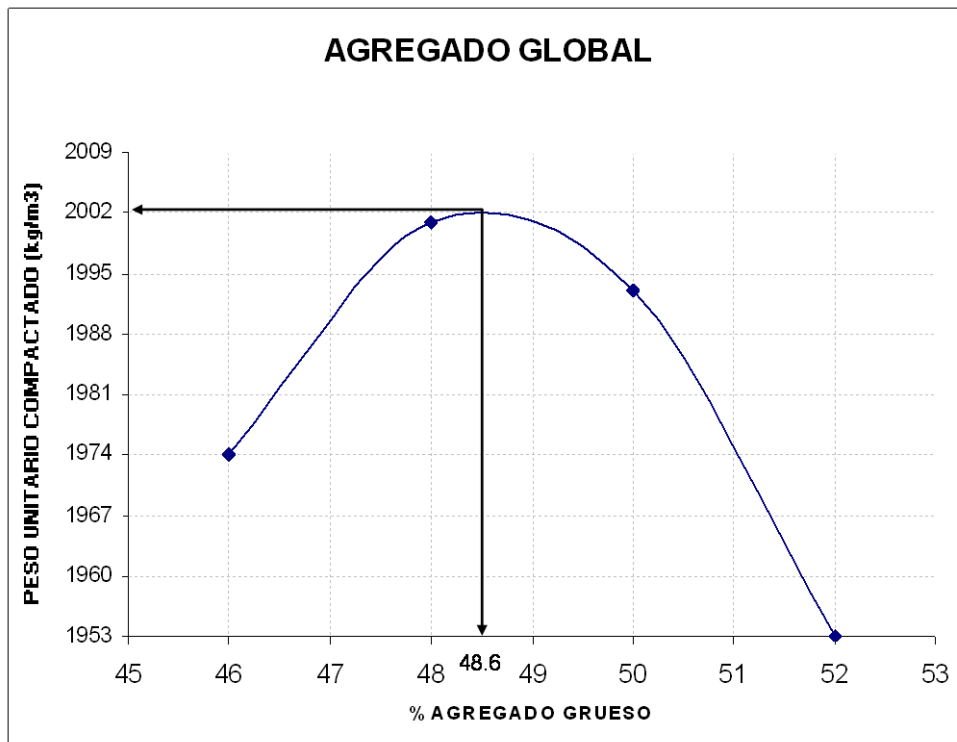
Consiste en determinar los porcentajes de combinación tanto del agregado grueso y agregado fino dentro de la mezcla de agregado global, que produzca el mínimo volumen de vacíos.

Para obtener este ensayo de máxima densidad, se realiza pesando diversas proporciones de agregado fino y grueso mezclados al estado seco y compactado.

Hallamos el Peso Unitario Compactado para cada combinación siguiendo la norma ASTM C 29, plotamos una curva y observamos el porcentaje de agregado fino para el cual el peso unitario compactado es el máximo.

Los valores obtenidos fueron los siguientes:

AGREGADO GRUESO %	AGREGADO FINO %	P.U.C. (kg/m ³)
52	48	1 953,0
50	50	1 993,0
48	52	2 001,0
46	54	1 974,5



3.3.2 MÁXIMA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PARA LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

La combinación de los agregados obtenida mediante el método de máxima densidad del agregado global es una buena aproximación; pero no representa la combinación ideal, puesto que en esta mezcla los únicos materiales que intervienen son los agregados fino y grueso, independientemente de los otros componentes del concreto.

Para la óptima combinación de agregados, determinamos el porcentaje de combinación del agregado fino obtenida con el método de máxima densidad del agregado global, a este porcentaje se le toma los extremos y con los porcentajes de agregado fino resultantes, se hacen los diseños de mezcla respectivos; estos diseños deberán de ser hechos para una misma relación agua/cemento.

El porcentaje de combinación óptima será aquel porcentaje para el cual se obtiene la mayor resistencia a la compresión a los 7 días de curado.

En nuestro caso, la combinación de agregados que nos da la máxima densidad es la correspondiente al 48,6% del agregado grueso. En consecuencia, diseñaremos las mezclas respectivas para los porcentajes de:

AGREGADO GRUESO%	AGREGADO FINO %
45	55
48,6	51,4
50	50

Con las combinaciones anteriores de agregados en diferentes porcentajes y para una misma relación $a/c=0,55$ se procede a diseñar mezclas con las cuales se procederá a llenar tres probetas por diseño y luego de curadas, se ensaya a compresión a los 7 días eligiendo así la combinación en la cual se obtenga la mayor resistencia.

Se hicieron los diseños de mezclas, se vaciaron las probetas con concreto y se realizaron los ensayos de compresión.

**COMBINACIÓN ÓPTIMA DE LOS AGREGADOS
ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS
CONCRETO DE RELACIÓN A/C = 0,55**

AGREGADO GRUESO %	PROBETA	ALTURA(cm)	DIÁMETRO(cm)	CARGA (kg)	AREA(cm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
45,0%	D-1	30,01	15,01	27828	176,95	157,26	147,1
	D-2	30,01	15,02	25845	177,19	145,86	
	D-3	30,02	15,02	24480	177,19	138,16	
48,6%	D-1	29,99	15,01	26773	176,95	151,30	144,3
	D-2	30,04	15,01	25268	176,95	142,80	
	D-3	30,01	15,02	24611	177,19	138,90	
50,0%	D-1	30,02	15,04	26387	177,66	148,53	153,2
	D-2	30,03	15,03	27116	177,42	152,83	
	D-3	30,01	15,02	28056	177,19	158,34	

En este cuadro se observa que la máxima resistencia obtenida entre las tres combinaciones fue la del 50% de agregado grueso y 50% de agregado fino. Con estas proporciones se realizarán los diseños de mezcla.

3.4 DISEÑO DEL CONCRETO PARA CADA RELACIÓN AGUA/CEMENTO

Como ya habíamos anticipado en el primer capítulo el concreto que usaremos será un concreto en el cual se le incluirá como parte del diseño un aditivo tipo D.

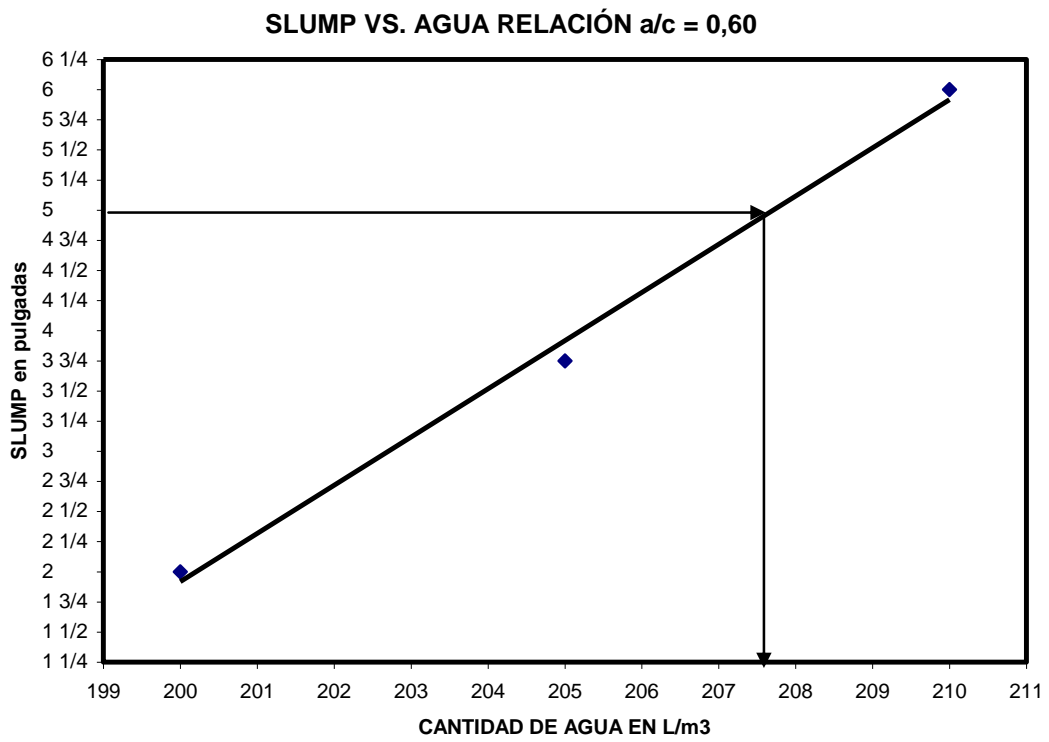
Al tener que ser el aditivo una constante se realizaron una serie de diseños de mezclas con distintas cantidades de volumen de aditivo entre 4 y 6cc por kilogramo de material cementante, y reduciendo el agua entre 5% al 10%, obteniendo la mejor consistencia agregando 4cc por kg. de material cementante y con 6% de reducción de agua, se obtuvo una mezcla muy uniforme, sin segregación de material, y de muy buena consistencia.

Luego de esto se busco el agua de diseño más apropiada para cada relación agua/cemento, en total fueron tres diseños por relación.

Se diseñará con un slump de 5" con la finalidad de que al incluir las fibras sintéticas en la mezcla se obtengan valores de asentamientos no menores a 3".

Concreto Relación a/c = 0,60

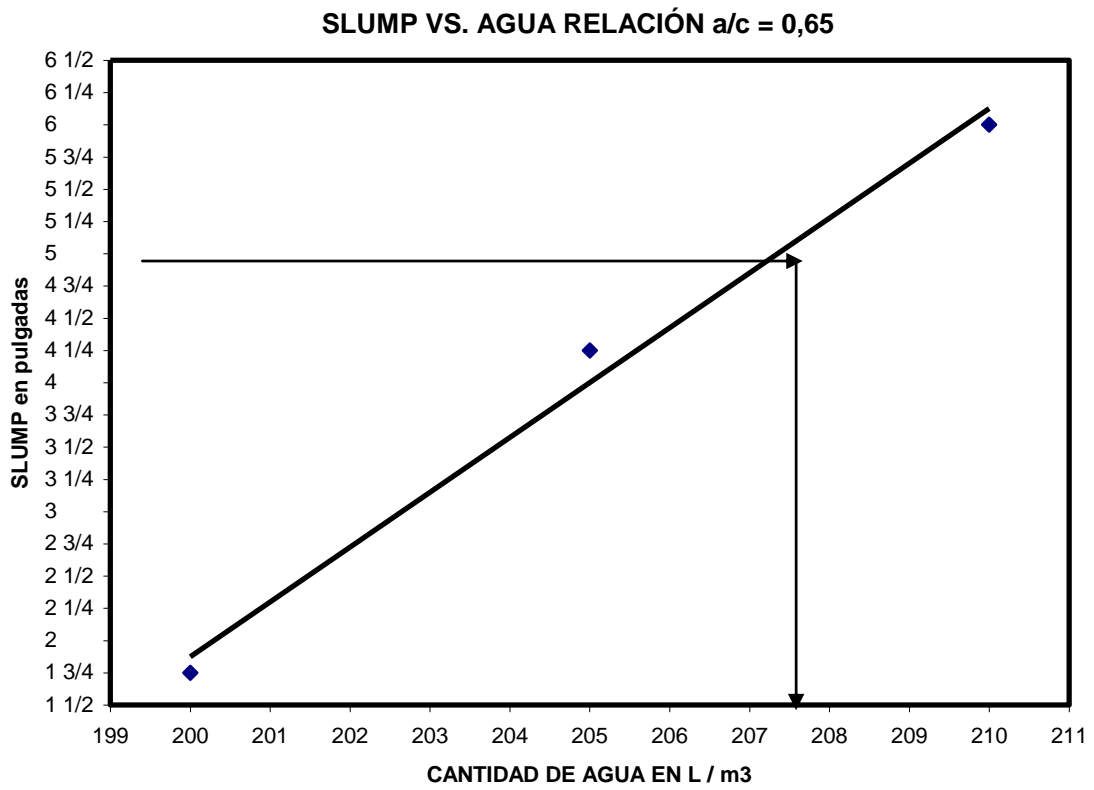
AGUA (L)	SLUMP (")
210	6
205	3 3/4
200	2



Cantidad de agua Óptima inicial=	207,7
---	--------------

Concreto Relación a/c = 0,65

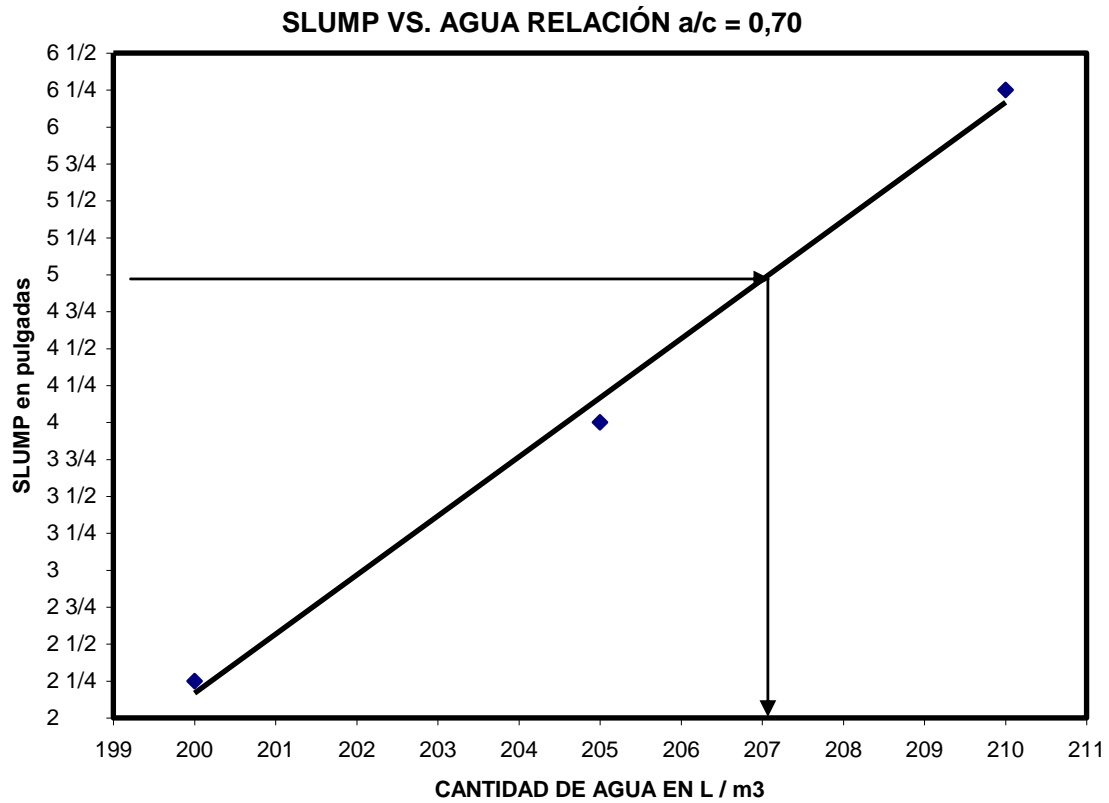
AGUA (L)	SLUMP (")
210	6
205	4 1/4
200	1 3/4



Cantidad de agua Óptima inicial=	207,4
-------------------------------------	-------

Concreto Relación a/c = 0,70

AGUA (L)	SLUMP (")
210	6 1/4
205	4
200	2 1/4



Cantidad de agua	207,1
Óptima inicial=	



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**Diseño de Mezclas por la
Combinación del Agregado Global (Diseño Patrón)**

Descripción	Ag. Fino	Ag. Grueso	
	Arena	Piedra 67	Piedra 5
Peso Específico de Masa (kg/m ³)	2 640	2 680	2 770
% de Participación de los Agregados	50%	70%	30%
% de Participación del Agregado Global	50%	50%	
Contenido de Humedad	2,29%	0,63%	0,14%
Porcentaje de Absorción	1,40%	0,99%	0,59%
Peso Específico del Cemento Tipo I	3,11		
Rango de asentamiento	3" - 5"		
T.M.N.	1"		
Agua de Diseño Inicial para 0,60; 0,65 y 0,70 (L)	207,7	207,4	207,1
Aire atrapado	2,5	%	
Aditivo Poliheed 770R (Tipo D)	4	cc/kg de cemento	
Aditivo Poliheed 770R (Tipo D)	0,33	% del cemento	
Peso Específico de la Fibra	0,9		
Cantidad de Fibra	0	kg por m ³ de concreto	

Pesos Secos

Relación a/c	0,6	0,65	0,7
Cemento	325	300	278
Agua de diseño	195,2	195,0	194,7
Agregado fino	889,46	900,77	910,52
Agregado Grueso (P67)	632,05	640,09	647,02
Agregado Grueso (P5)	279,98	283,54	286,61

Pesos en Obra por Metro Cúbico

Relación a/c	0,6	0,65	0,7
Cemento (kg)	325	300	278
Agua Efectiva (L)	190,86	190,52	190,19
Agregado fino (kg)	909,83	921,40	931,37
Agregado Grueso (P67) (kg)	636,04	644,13	651,10
Agregado Grueso (P5) (kg)	280,37	283,94	287,01
Fibra Fibemesh (g)	0	0	0
Poliheed 770R (ml)	1 302	1 200	1 112



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**Diseño de Mezclas por la
Combinación del Agregado Global (600 g FS)**

Descripción	Ag. Fino	Ag. Grueso	
	Arena	Piedra 67	Piedra 5
Peso Específico de Masa (kg/m ³)	2 640	2 680	2 770
% de Participación de los Agregados	50%	70%	30%
% de Participación del Agregado Global	50%	50%	
Contenido de Humedad	2,29%	0,63%	0,14%
Porcentaje de Absorción	1,40%	0,99%	0,59%
Peso Específico del Cemento Tipo I	3,11		
Rango de asentamiento	3" - 5"		
T.M.N.	1"		
Agua de Diseño Inicial para 0,60; 0,65 y 0,70 (L)	207,7	207,4	207,1
Aire atrapado	2,5	%	
Aditivo Poliheed 770R (Tipo D)	4	cc/kg de cemento	
Aditivo Poliheed 770R (Tipo D)	0,33	% del cemento	
Peso Específico de la Fibra	0,9		
Cantidad de Fibra	0,6	kg por m ³ de concreto	

Pesos Secos

Relación a/c	0,6	0,65	0,7
Cemento	325	300	278
Agua de diseño	195,2	195,0	194,7
Agregado fino	888,58	899,89	909,64
Agregado Grueso (P67)	631,43	639,47	646,40
Agregado Grueso (P5)	279,70	283,26	286,33

Pesos en Obra por Metro Cúbico

Relación a/c	0,6	0,65	0,7
Cemento (kg)	325	300	278
Agua Efectiva (L)	190,86	190,52	190,19
Agregado fino (kg)	908,93	920,50	930,47
Agregado Grueso (P67) (kg)	635,41	643,50	650,47
Agregado Grueso (P5) (kg)	280,09	283,66	286,73
Fibra Fibemesh (g)	600	600	600
Poliheed 770R (ml)	1 302	1 200	1 112



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**Diseño de Mezclas por la
Combinación del Agregado Global (700 g FS)**

Descripción	Ag. Fino	Ag. Grueso	
	Arena	Piedra 67	Piedra 5
Peso Específico de Masa (kg/m ³)	2 640	2 680	2 770
% de Participación de los Agregados	50%	70%	30%
% de Participación del Agregado Global	50%	50%	
Contenido de Humedad	2,29%	0,63%	0,14%
Porcentaje de Absorción	1,40%	0,99%	0,59%
Peso Específico del Cemento Tipo I	3,11		
Rango de asentamiento	3" - 5"		
T.M.N.	1"		
Agua de Diseño Inicial para 0,60; 0,65 y 0,70 (L)	207,7	207,4	207,1
Aire atrapado	2,5	%	
Aditivo Poliheed 770R (Tipo D)	4	cc/kg de cemento	
Aditivo Poliheed 770R (Tipo D)	0,33	% del cemento	
Peso Específico de la Fibra	0,9		
Cantidad de Fibra	0,7	kg por m ³ de concreto	

Pesos Secos

Relación a/c	0,6	0,65	0,7
Cemento	325	300	278
Agua de diseño	195,2	195,0	194,7
Agregado fino	888,43	899,75	909,50
Agregado Grueso (P67)	631,32	639,36	646,29
Agregado Grueso (P5)	279,65	283,22	286,28

Pesos en Obra por Metro Cúbico

Relación a/c	0,6	0,65	0,7
Cemento (kg)	325	300	278
Agua Efectiva (L)	190,86	190,52	190,19
Agregado fino (kg)	908,78	920,35	930,32
Agregado Grueso (P67) (kg)	635,30	643,39	650,37
Agregado Grueso (P5) (kg)	280,05	283,61	286,69
Fibra Fibemesh (g)	700	700	700
Poliheed 770R (ml)	1 302	1 200	1 112



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**Diseño de Mezclas por la
Combinación del Agregado Global (800 g FS)**

Descripción	Ag. Fino	Ag. Grueso	
	Arena	Piedra 67	Piedra 5
Peso Específico de Masa (kg/m ³)	2 640	2 680	2 770
% de Participación de los Agregados	50%	70%	30%
% de Participación del Agregado Global	50%	50%	
Contenido de Humedad	2,29%	0,63%	0,14%
Porcentaje de Absorción	1,40%	0,99%	0,59%
Peso Específico del Cemento Tipo I	3,11		
Rango de asentamiento	3" - 5"		
T.M.N.	1"		
Agua de Diseño Inicial para 0,60; 0,65 y 0,70 (L)	207,7	207,4	207,1
Aire atrapado	2,5	%	
Aditivo Poliheed 770R (Tipo D)	4	cc/kg de cemento	
Aditivo Poliheed 770R (Tipo D)	0,33	% del cemento	
Peso Específico de la Fibra	0,9		
Cantidad de Fibra	0,8	kg por m ³ de concreto	

Pesos Secos

Relación a/c	0,6	0,65	0,7
Cemento	325	300	278
Agua de diseño	195,2	195,0	194,7
Agregado fino	888,28	899,60	909,35
Agregado Grueso (P67)	631,22	639,26	646,19
Agregado Grueso (P5)	279,61	283,17	286,24

Pesos en Obra por Metro Cúbico

Relación a/c	0,6	0,65	0,7
Cemento (kg)	325	300	278
Agua Efectiva (L)	190,86	190,53	190,20
Agregado fino (kg)	908,63	920,20	930,17
Agregado Grueso (P67) (kg)	635,20	643,29	650,26
Agregado Grueso (P5) (kg)	280,00	283,57	286,64
Fibra Fibemesh (g)	800	800	800
Poliheed 770R (ml)	1 302	1 200	1 112



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**Diseño de Mezclas por la
Combinación del Agregado Global (900 g FS)**

Descripción	Ag. Fino	Ag. Grueso	
	Arena	Piedra 67	Piedra 5
Peso Específico de Masa (kg/m ³)	2 640	2 680	2 770
% de Participación de los Agregados	50%	70%	30%
% de Participación del Agregado Global	50%	50%	
Contenido de Humedad	2,29%	0,63%	0,14%
Porcentaje de Absorción	1,40%	0,99%	0,59%
Peso Específico del Cemento Tipo I	3,11		
Rango de asentamiento	3" - 5"		
T.M.N.	1"		
Agua de Diseño Inicial para 0,60; 0,65 y 0,70 (L)	207,7	207,4	207,1
Aire atrapado	2,5	%	
Aditivo Poliheed 770R (Tipo D)	4	cc/kg de cemento	
Aditivo Poliheed 770R (Tipo D)	0,33	% del cemento	
Peso Específico de la Fibra	0,9		
Cantidad de Fibra	0,9	kg por m ³ de concreto	

Pesos Secos

Relación a/c	0,6	0,65	0,7
Cemento	325	300	278
Agua de diseño	195,2	195,0	194,7
Agregado fino	888,14	899,45	909,20
Agregado Grueso (P67)	631,12	639,16	646,09
Agregado Grueso (P5)	279,56	283,12	286,19

Pesos en Obra por Metro Cúbico

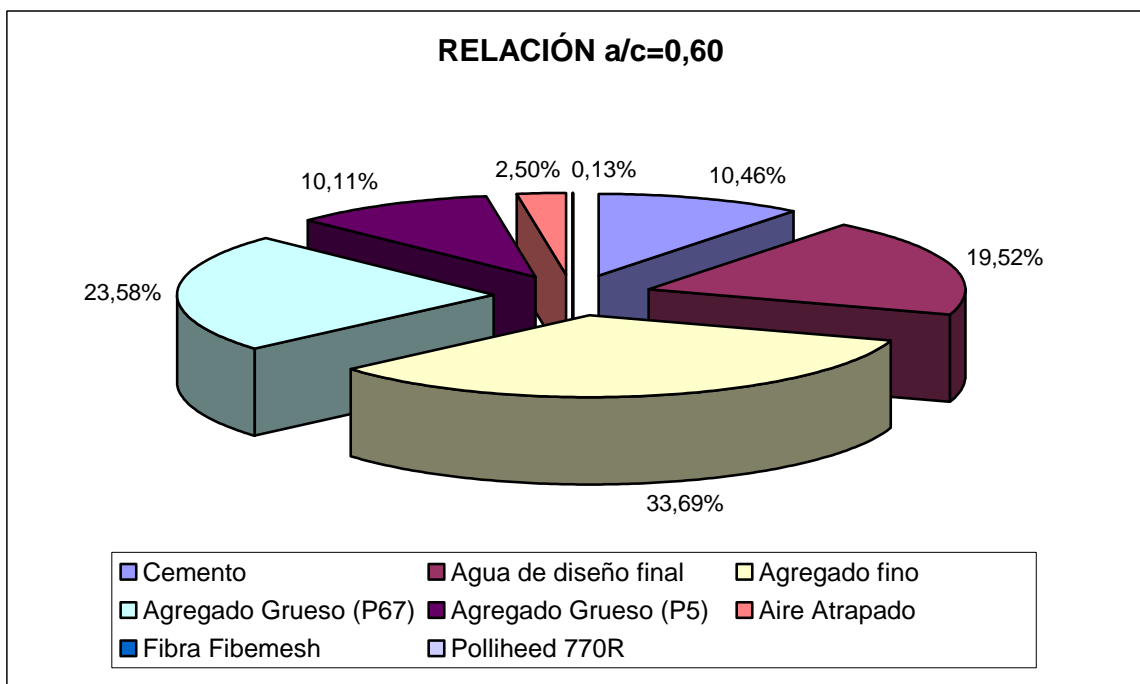
Relación a/c	0,6	0,65	0,7
Cemento (kg)	325	300	278
Agua Efectiva (L)	190,86	190,53	190,20
Agregado fino (kg)	908,48	920,05	930,02
Agregado Grueso (P67) (kg)	635,09	643,18	650,16
Agregado Grueso (P5) (kg)	279,95	283,52	286,59
Fibra Fibemesh (g)	900	900	900
Poliheed 770R (ml)	1 302	1 200	1 112



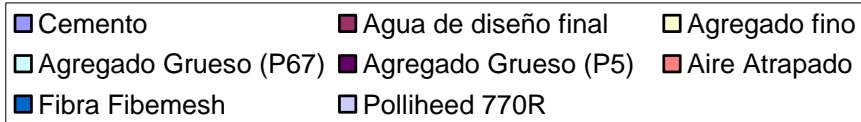
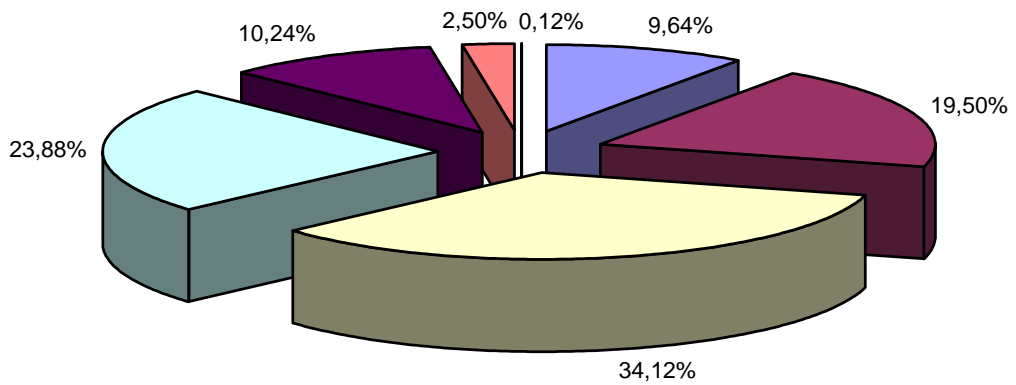
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**PARTICIPACIÓN DE MATERIALES EN PORCENTAJES DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS
PARA CADA DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN**

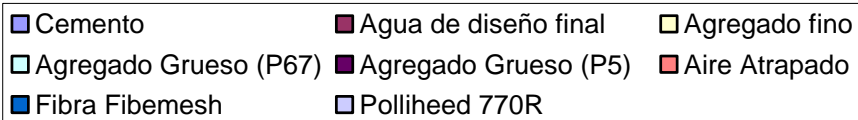
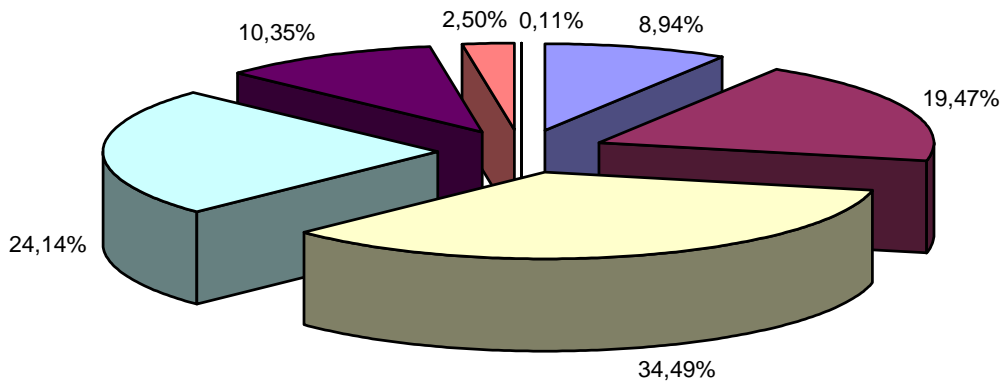
Relación a/c	0,6	0,65	0,7
Cemento	10,46%	9,64%	8,94%
Agua de diseño final	19,52%	19,50%	19,47%
Agregado fino	33,69%	34,12%	34,49%
Agregado Grueso (P67)	23,58%	23,88%	24,14%
Agregado Grueso (P5)	10,11%	10,24%	10,35%
Aire Atrapado	2,50%	2,50%	2,50%
Fibra Fibemesh	0,00%	0,00%	0,00%
Poliheed 770R	0,13%	0,12%	0,11%



RELACIÓN a/c=0,65



RELACIÓN a/c=0,70



CAPÍTULO IV.

CONCRETO FRESCO

4.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

4.1.1 TRABAJABILIDAD

Se define la trabajabilidad a la facilidad con la cual una cantidad determinada de materiales puede ser mezclada para formar el concreto; y luego éste puede ser, para condiciones dadas de obra, manipulado, transportado y colocado con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad.

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

La trabajabilidad del concreto está determinada, entre otros factores, por las características, granulometría, y proporción de los agregados fino y grueso, por cuanto dichos factores regulan la cantidad de agua necesaria para producir un concreto trabajable.

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

4.1.2 CONSISTENCIA

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

La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. Una mezcla trabajable para pavimentos puede tener una alta consistencia que la hace difícil de trabajar en columnas o placas. Inversamente, una mezcla cuya consistencia la hace adecuada para vigas o columnas puede ser excesivamente trabajable para estructuras masivas.

La consistencia de una mezcla es función de su contenido de agua y de la granulometría y características físicas del agregado, las que determinan la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia determinada.

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

4.1.3 SEGREGACIÓN

La segregación es definida como la descomposición mecánica del concreto fresco en sus partes constituyentes cuando el agregado grueso tiende a separarse del mortero.

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

4.1.4 EXUDACIÓN

La exudación es definida como la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación de los sólidos. El proceso se inicia momentos después que el concreto ha sido colocado y consolidado en los encofrados y continua hasta que se inicia el fraguado de la mezcla, se obtiene máxima consolidación de sólidos, o se produce la ligazón de las partículas.

4.1.5 COHESIVIDAD

Se define a la cohesividad como aquella propiedad del concreto fresco gracias a la cual es posible controlar el peligro de segregación durante la etapa de colocación de la mezcla, al mismo tiempo que contribuye a prevenir la aspereza de la misma y facilitar su manejo durante el proceso de compactación del concreto.

4.2 ENSAYOS DE CONCRETO FRESCO

4.2.1 PESO UNITARIO

Este ensayo nos permite determinar el peso por unidad de volumen del concreto fresco es decir el peso unitario del concreto recién mezclado. Es una base para determinar el rendimiento de la mezcla, el contenido de cemento, así como el contenido de aire.

El peso unitario del concreto fresco nos permite formar un juicio inmediato de la calidad de la composición granulométrica y de la compactación del concreto, siendo un importante medio de control del concreto.

La Norma ASTM C 138-63, nos da el procedimiento para el calculo del peso unitario del concreto fresco, consiste en llenar un recipiente de peso y volumen conocido y que esta de acuerdo al tamaño máximo del agregado grueso según la siguiente tabla.

CAPACIDAD EN (pie ³)	DIÁMETRO INTERIOR (pulg)	ALTURA INTERIOR (pulg)	ESPEJOR DEL METAL MEDIDA U.S	TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO (pulg)
1/2	10	11	N°10 al N°12	Hasta 2"
1	14	13	N°10 al N°12	Más de 2"

Se llena en tres capas, compactadas cada capa con 25 golpes uniformemente distribuidos, hasta llegar a la tercera capa y enrasar de tal modo que el recipiente se encuentre completamente lleno con concreto fresco.

El peso unitario del concreto se calcula multiplicando el peso del concreto por el factor K del recipiente empleado.

Para este caso nuestro agregado grueso tuvo un tamaño máximo de 1 1/2" por lo que se procedió a utilizar el recipiente de 1/2 pie³ de capacidad.



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**CUADRO COMPARATIVO DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO
NORMA ASTM C138-63**

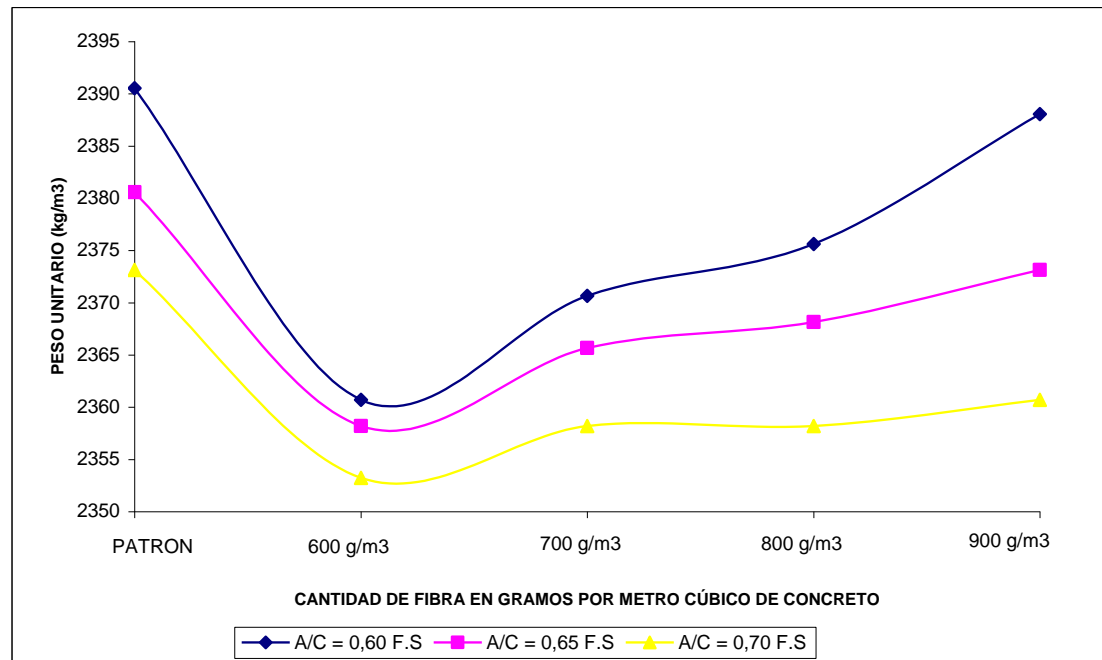


FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**GRÁFICO PESO UNITARIO DEL CONCRETO VS DOSIFICACIÓN DE FIBRA SINTÉTICA
NORMA ASTM C 138-63**

RELAC. A/C	PATRÓN (kg/m ³)
0,60	2 391
0,65	2 381
0,70	2 373



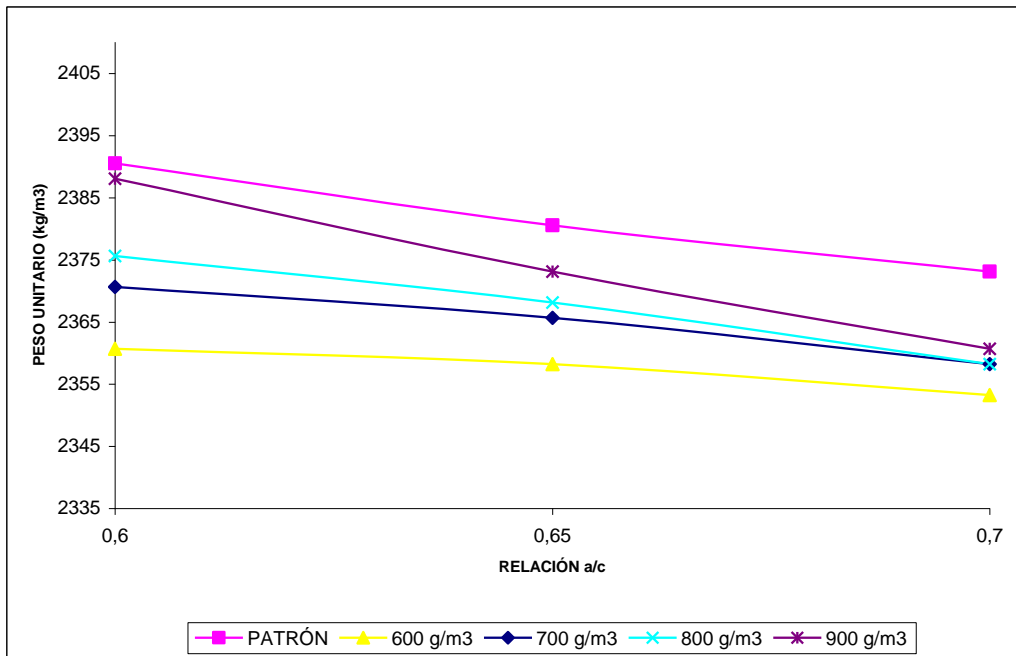
CUADRO DE RESULTADOS

P.U. (kg/m ³)	0,6	0,65	0,7
PATRÓN	2391	2381	2373
F.S. 600 g/m ³	2361	2358	2353
F.S. 700 g/m ³	2371	2366	2358
F.S. 800 g/m ³	2376	2368	2358
F.S. 900 g/m ³	2388	2373	2361



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

GRÁFICO PESO UNITARIO DEL CONCRETO VS RELACIÓN A/C
NORMA ASTM C 138-63



CUADRO DE RESULTADOS

P.U. (kg/m ³)	0,6	0,65	0,7
PATRÓN	2391	2381	2373
F.S. 600 g/m ³	2361	2358	2353
F.S. 700 g/m ³	2371	2366	2358
F.S. 800 g/m ³	2376	2368	2358
F.S. 900 g/m ³	2388	2373	2361

4.2.2 ENSAYO RENDIMIENTO

Esta dada por la cantidad de concreto, en metros cúbicos, de un diseño específico que se puede preparar con una bolsa de cemento.

Entonces

$$R = \frac{V}{N^{\circ}} \quad (\text{m}^3/\text{bolsa})$$

Donde: R = Rendimiento en m³/bolsa.

V= Volumen de Concreto, en m³.

N^o= Numero de bolsas.

$$V = \frac{[(N \times Pc) + Pf + Pg + Pa]}{Pu}$$

Donde: Pc = Peso de una bolsa de cemento, en kg.

Pf = Peso total del agregado fino

Pg = Peso total del agregado grueso

Pa = Peso del agua

Pu = Peso unitario del concreto



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Rendimiento (Concreto Patrón)

Relación a/c	unid	0,6	0,65	0,7
P _c	kg	325,40	299,93	278,11
P _a	kg	190,86	190,52	190,19
P _f	kg	908,93	920,50	930,47
P _{g₆₇}	kg	635,41	643,50	650,47
P _{g₅}	kg	280,09	283,66	286,73
P _{fs}	kg	0,00	0,00	0,00
P _{ad}	kg	1,56	1,44	1,33
Peso real				
	kg/m ³	2 342,24	2 339,55	2 337,31
Peso unitario				
	kg/m ³	2 390,55	2 380,60	2 373,13
Nº bolsas				
	bol	7,66	7,06	6,54
Volumen de concreto				
	m ³	0,979 8	0,982 8	0,984 9
Rendimiento				
	m ³ /bolsa	0,128 0	0,139 3	0,150 5

$$V = \frac{[P_c + P_a + P_f + P_{g_5} + P_{g_{67}} + P_{fs} + P_{ad}]}{P_u}$$

$$N^\circ = \frac{P_c}{P_{bol}}$$

$$R = \frac{V}{N^\circ}$$

- P_c = Peso total Del Concreto (kg)
 P_a = Peso total del Agua (kg)
 P_f = Peso total del Agregado fino (kg)
 P_{g₆₇} = Peso total de la piedra huso 67 (kg)
 P_{g₅} = Peso total de la piedra huso 5 (kg)
 P_{fs} = Peso total de la fibra sintética (kg)
 P_{ad} = Peso total del aditivo (kg)
 P_{bol} = Peso de una bolsa de cemento (42,5 kg)
 N^o = N^o de bolsas de cemento
 V = Volumen de Concreto (m³)
 R = Rendimiento (m³/bolsa)



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Rendimiento (600 g FS)

Relación a/c	unid	0,6	0,65	0,7
P _c	kg	325,40	299,93	278,11
P _a	kg	190,86	190,52	190,19
P _f	kg	908,93	920,50	930,47
P _{g₆₇}	kg	635,41	643,50	650,47
P _{g₅}	kg	280,09	283,66	286,73
P _{fs}	kg	0,60	0,60	0,60
P _{ad}	kg	1,56	1,44	1,33
Resumen de Datos				
Peso real	kg/m ³	2 342,84	2 340,15	2 337,91
Peso unitario	kg/m ³	2 360,70	2 358,21	2 353,23
Nº bolsas	bol	7,66	7,06	6,54
Volumen de concreto	m³	0,992 4	0,992 3	0,993 5
Rendimiento	m³/bolsa	0,129 6	0,140 6	0,151 8

$$V = \frac{[P_c + P_a + P_f + P_{g_5} + P_{g_{67}} + P_{fs} + P_{ad}]}{P_u}$$

$$N^\circ = \frac{P_c}{P_{bol}}$$

$$R = \frac{V}{N^\circ}$$

- P_c = Peso total Del Concreto (kg)
- P_a = Peso total del Agua (kg)
- P_f = Peso total del Agregado fino (kg)
- P_{g₆₇} = Peso total de la piedra huso 67 (kg)
- P_{g₅} = Peso total de la piedra huso 5 (kg)
- P_{fs} = Peso total de la fibra sintética (kg)
- P_{ad} = Peso total del aditivo (kg)
- P_{bol} = Peso de una bolsa de cemento (42,5 kg)
- Nº = Nº de bolsas de cemento
- V = Volumen de Concreto (m³)
- R = Rendimiento (m³/bolsa)



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Rendimiento (700 g FS)

Relación a/c	unid	0,6	0,65	0,7
P _c	kg	325,40	299,93	278,11
P _a	kg	190,86	190,52	190,19
P _f	kg	908,93	920,50	930,47
P _{g₆₇}	kg	635,41	643,50	650,47
P _{g₅}	kg	280,09	283,66	286,73
P _{fs}	kg	0,70	0,70	0,70
P _{ad}	kg	1,56	1,44	1,33
Peso real				
	kg/m ³	2 342,94	2 340,25	2 338,01
Peso unitario				
	kg/m ³	2 370,65	2 365,67	2 358,21
Nº bolsas				
	bol	7,66	7,06	6,54
Volumen de concreto				
	m ³	0,988 3	0,989 3	0,991 4
Rendimiento				
	m ³ /bolsa	0,129 1	0,140 2	0,151 5

$$V = \frac{[P_c + P_a + P_f + P_{g_5} + P_{g_{67}} + P_{fs} + P_{ad}]}{P_u}$$

$$N^\circ = \frac{P_c}{P_{bol}}$$

$$R = \frac{V}{N^\circ}$$

- P_c = Peso total Del Concreto (kg)
 P_a = Peso total del Agua (kg)
 P_f = Peso total del Agregado fino (kg)
 P_{g₆₇} = Peso total de la piedra huso 67 (kg)
 P_{g₅} = Peso total de la piedra huso 5 (kg)
 P_{fs} = Peso total de la fibra sintética (kg)
 P_{ad} = Peso total del aditivo (kg)
 P_{bol} = Peso de una bolsa de cemento (42,5 kg)
 N^o = N^o de bolsas de cemento
 V = Volumen de Concreto (m³)
 R = Rendimiento (m³/bolsa)



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Rendimiento (800 g FS)

Relación a/c	unid	0,6	0,65	0,7
P _c	kg	325,40	299,93	278,11
P _a	kg	190,86	190,52	190,19
P _f	kg	908,93	920,50	930,47
P _{g₆₇}	kg	635,41	643,50	650,47
P _{g₅}	kg	280,09	283,66	286,73
P _{fs}	kg	0,80	0,80	0,80
P _{ad}	kg	1,56	1,44	1,33
Peso real				
	kg/m ³	2 343,04	2 340,35	2 338,11
Peso unitario				
	kg/m ³	2 375,62	2 368,16	2 358,21
Nº bolsas				
	bol	7,66	7,06	6,54
Volumen de concreto				
	m ³	0,986 3	0,988 3	0,991 5
Rendimiento				
	m ³ /bolsa	0,128 8	0,140 0	0,151 5

$$V = \frac{[P_c + P_a + P_f + P_{g_5} + P_{g_{67}} + P_{fs} + P_{ad}]}{P_u}$$

$$N^\circ = \frac{P_c}{P_{bol}}$$

$$R = \frac{V}{N^\circ}$$

- P_c = Peso total Del Concreto (kg)
 P_a = Peso total del Agua (kg)
 P_f = Peso total del Agregado fino (kg)
 P_{g₆₇} = Peso total de la piedra huso 67 (kg)
 P_{g₅} = Peso total de la piedra huso 5 (kg)
 P_{fs} = Peso total de la fibra sintética (kg)
 P_{ad} = Peso total del aditivo (kg)
 P_{bol} = Peso de una bolsa de cemento (42,5 kg)
 N^o = N^o de bolsas de cemento
 V = Volumen de Concreto (m³)
 R = Rendimiento (m³/bolsa)



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Rendimiento (900 g FS)

Relación a/c	unid	0,6	0,65	0,7
P _c	kg	325,40	299,93	278,11
P _a	kg	190,86	190,52	190,19
P _f	kg	908,93	920,50	930,47
P _{g₆₇}	kg	635,41	643,50	650,47
P _{g₅}	kg	280,09	283,66	286,73
P _{fs}	kg	0,90	0,90	0,90
P _{ad}	kg	1,56	1,44	1,33
Peso real				
	kg/m ³	2 343,14	2 340,45	2 338,21
Peso unitario				
	kg/m ³	2 388,06	2 373,13	2 360,70
Nº bolsas				
	bol	7,66	7,06	6,54
Volumen de concreto				
	m ³	0,981 2	0,986 2	0,990 5
Rendimiento				
	m ³ /bolsa	0,128 2	0,139 7	0,151 4

$$V = \frac{[P_c + P_a + P_f + P_{g_5} + P_{g_{67}} + P_{fs} + P_{ad}]}{P_u}$$

$$N^\circ = \frac{P_c}{P_{bol}}$$

$$R = \frac{V}{N^\circ}$$

- P_c = Peso total Del Concreto (kg)
 P_a = Peso total del Agua (kg)
 P_f = Peso total del Agregado fino (kg)
 P_{g₆₇} = Peso total de la piedra huso 67 (kg)
 P_{g₅} = Peso total de la piedra huso 5 (kg)
 P_{fs} = Peso total de la fibra sintética (kg)
 P_{ad} = Peso total del aditivo (kg)
 P_{bol} = Peso de una bolsa de cemento (42,5 kg)
 N^o = N^o de bolsas de cemento
 V = Volumen de Concreto (m³)
 R = Rendimiento (m³/bolsa)



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**CUADRO COMPARATIVO DEL RENDIMIENTO DEL CONCRETO
NORMA N.T.P 339.046**

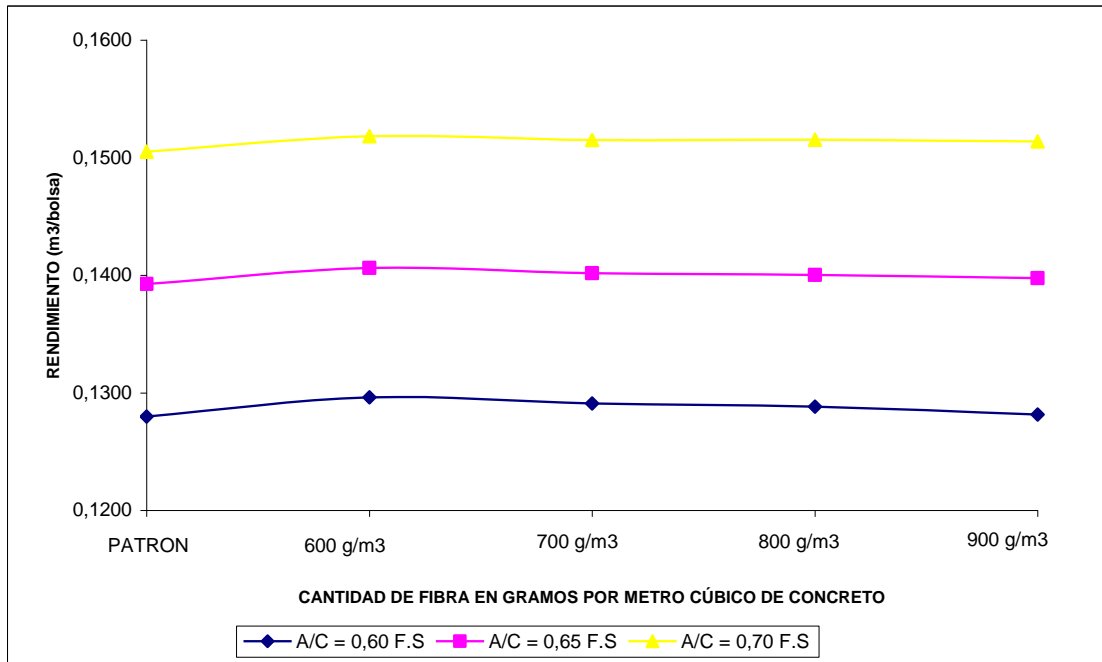
RELAC. A/C	PATRÓN (m3/bolsa)	FIBRA 600 (g/m3)		FIBRA 700 (g/m3)		FIBRA 800 (g/m3)		FIBRA 900 (g/m3)	
		RENDIMIENTO (m3/bolsa)	INCREMENTO (%)	RENDIMIENTO (m3/bolsa)	INCREMENTO (%)	RENDIMIENTO (m3/bolsa)	INCREMENTO (%)	RENDIMIENTO (m3/bolsa)	INCREMENTO (%)
0,60	0,128 0	0,129 6	101,29%	0,129 1	100,87%	0,128 8	100,66%	0,128 2	100,14%
0,65	0,139 3	0,140 6	100,98%	0,140 2	100,66%	0,140 0	100,56%	0,139 7	100,35%
0,70	0,150 5	0,151 8	100,87%	0,151 5	100,66%	0,151 5	100,67%	0,151 4	100,57%



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**GRÁFICO RENDIMIENTO DEL CONCRETO VS DOSIFICACIÓN DE FIBRA SINTÉTICA
NORMA N.T.P 339.046**



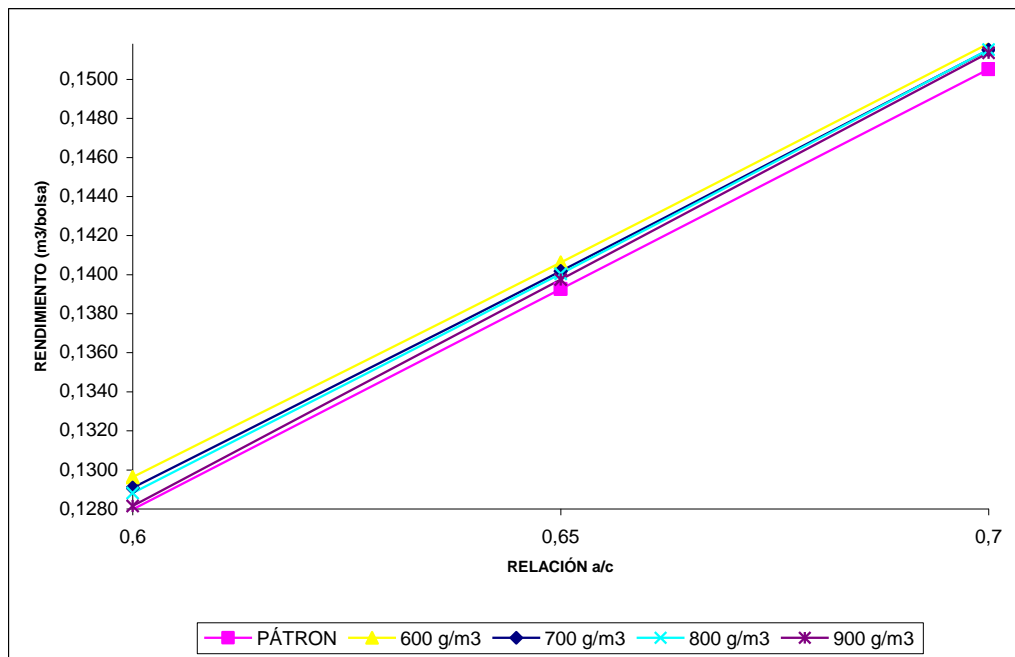
CUADRO DE RESULTADOS

RENDIMIENTO (m³/bolsa)	0,6	0,65	0,7
PATRÓN	0,128 0	0,139 3	0,150 5
F.S. 600 g/m³	0,129 6	0,140 6	0,151 8
F.S. 700 g/m³	0,129 1	0,140 2	0,151 5
F.S. 800 g/m³	0,128 8	0,140 0	0,151 5
F.S. 900 g/m³	0,128 2	0,139 7	0,151 4



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

GRÁFICO RENDIMIENTO DEL CONCRETO VS RELACIÓN A/C
NORMA N.T.P 339.046



CUADRO DE RESULTADOS

RENDIMIENTO (m³/bolsa)	0,6	0,65	0,7
PATRÓN	0,128 0	0,139 3	0,150 5
F.S. 600 g/m3	0,129 6	0,140 6	0,151 8
F.S. 700 g/m3	0,129 1	0,140 2	0,151 5
F.S. 800 g/m3	0,128 8	0,140 0	0,151 5
F.S. 900 g/m3	0,128 2	0,139 7	0,151 4

4.2.3 ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE

El objeto de este ensayo es determinar el contenido de aire atrapado en una mezcla fresca, con cualquier tipo de agregado.

El control del contenido de aire en el concreto fresco es esencial para mantener la calidad deseada.

El aire presente en los vacíos de la pasta de un concreto puede tener su origen en las siguientes causas:

- Aire original en los espacios de cemento y agregados pero después depositados en la pasta antes de endurecer.
- Aire originalmente presente en los espacios ínter granulares del cemento y agregados.
- Aire originalmente disuelto en el agua de la mezcla.
- Aire incorporado en el concreto durante los procesos de mezcla y colocación.

Para los ensayos de contenido de aire se realizó mediante el equipo de contenido de aire cuyas características son las siguientes:

TECNOTEST – MODENA – ITALY

Luftporengehalt

DIN 1048

ASTM C 231

BS 1881

Inhalt 8C



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

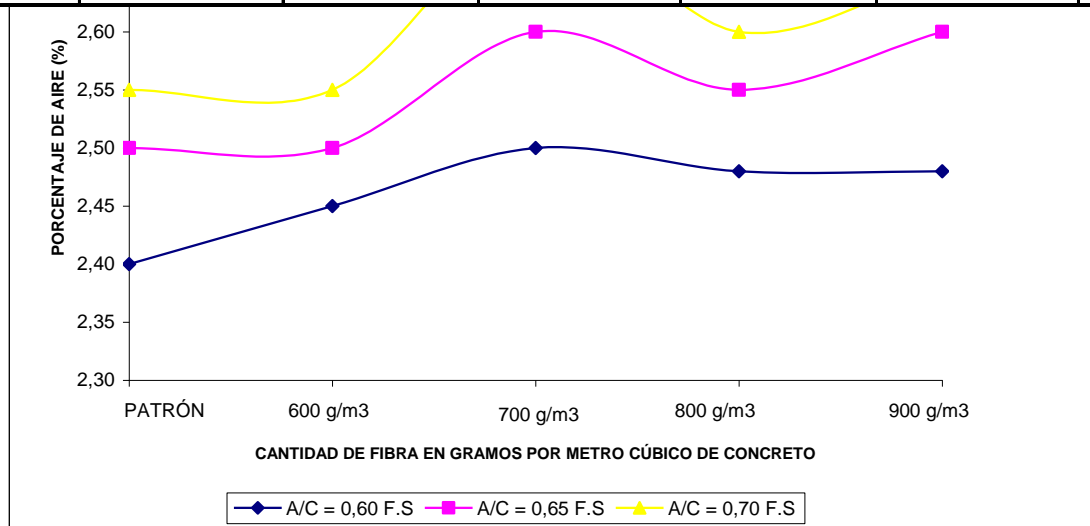
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
CUADRO COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO
NORMA ASTM C 231-91

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

RELAC . A/C	PATRÓN (%)	FIBRA 600 (g/m ³)		FIBRA 700 (g/m ³)		FIBRA 800 (g/m ³)		FIBRA 900 (g/m ³)	
		CONTENIDO DE AIRE (%)	INCREMENTO (%)	CONTENIDO DE AIRE (%)	INCREMENTO (%)	CONTENIDO DE AIRE (%)	INCREMENTO (%)	CONTENIDO DE AIRE (%)	INCREMENTO (%)
0,60	2,40	2,45	102,08	2,50	104,17	2,48	103,33	2,48	103,33
0,65	2,50	2,50	100,00	2,60	104,00	2,55	102,00	2,60	104,00
0,70	2,55	2,55	100,00	2,70	105,88	2,60	101,96	2,65	103,92

RESULTADOS

AIRE (%)	0,6	0,65	0,7
PATRÓN	2,40	2,50	2,55
F.S. 600 g/m ³	2,45	2,50	2,55
F.S. 700 g/m ³	2,50	2,60	2,70
F.S. 800 g/m ³	2,48	2,55	2,60
F.S. 900 g/m ³	2,48	2,60	2,65

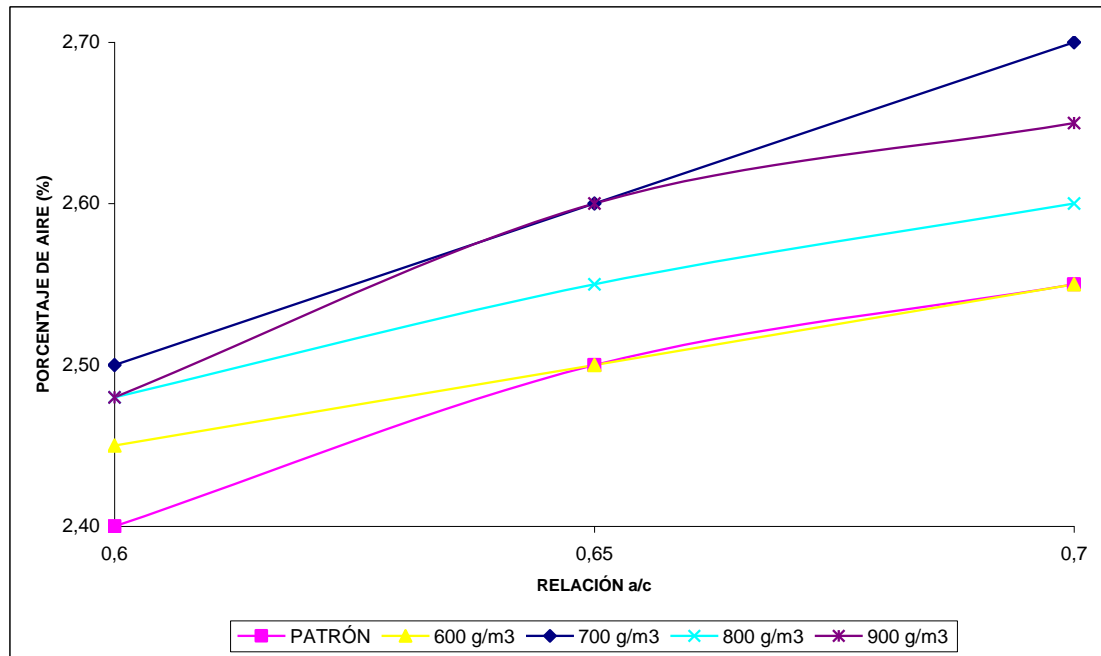




FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

GRÁFICO CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO VS RELACIÓN A/C
NORMA ASTM C 231-91



CUADRO DE RESULTADOS

CONT. DE AIRE (%)	0,6	0,65	0,7
PATRÓN	2,40	2,50	2,55
F.S. 600 g/m3	2,45	2,50	2,55
F.S. 700 g/m3	2,50	2,60	2,70
F.S. 800 g/m3	2,48	2,55	2,60
F.S. 900 g/m3	2,48	2,60	2,65

4.2.4 ENSAYO DE EXUDACIÓN

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

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

Este ensayo se mide con facilidad, según la norma ASTM C 232, se coloca la muestra de concreto en un molde y recolectando con una pipeta el agua superficial que va subiendo a la superficie, tomándose nota de los tiempos de ocurrencia hasta que la pasta endurezca lo suficiente y ya no exude.

Las fórmulas a ser usadas según la N.T.P. 339.077 se presentan a continuación.

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde:

C: Masa del agua en la muestra de ensayo, en L

w: Agua efectiva, en L

W: Cantidad total de materiales, en kg.

S: Peso del concreto, en kg.

V: Volumen final exudado, en L



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO DE EXUDACIÓN

Relación a/c Código Mezcla
 Norma
 Tanda Hecho por:

Peso del recipiente	5,94 kg
Peso del recipiente + Peso del concreto	34,76 kg
Peso del concreto	28,83 kg
Radio del recipiente	12,25 cm

Tiempo horas	INTERVALO (min)	VOLUMEN Vt(ml)	VOL. ACUM. (ml)	V (ml/cm2)
11:10	inicio	0,0	0,0	
11:20	00:10	0,2	0,2	0,0004
11:30	00:10	2,1	2,3	0,0049
11:40	00:10	5,4	7,7	0,0163
11:50	00:10	9,6	17,3	0,0367
12:20	00:30	21,5	38,8	0,0823
12:50	00:30	26,0	64,8	0,1375
13:20	00:30	30,8	95,6	0,2028
13:50	00:30	22,6	118,2	0,2507
14:20	00:30	16,8	135,0	0,2864
14:50	00:30	12,5	147,5	0,3129
15:20	00:30	8,2	155,7	0,3303
15:50	00:30	4,1	159,8	0,3390
16:20	00:30	2,6	162,4	0,3445
16:50	00:30	0,0	162,4	0,3445

Materiales	Peso kg
Cemento	4,61
Agua	2,76
Arena	12,39
Piedra 67	8,80
Piedra 5	3,48
Fibermesh	0,00
Poliheed 770 R	0,02
Total	32,1

$$C = \frac{w}{W} S \quad Exudación = \frac{D}{C} 100$$

V1	ml	162,40	C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en g
A	cm2	471,44	W = Masa total de la tanda, en kg
V	ml/cm2	0,34	w = Agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados), en kg
w	ml	2,76	S = Masa de la muestra, en g.
W	kg	32,07	
S	kg	28,83	
C	ml	2483,98	
D	ml	162,40	

Exudación =



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO DE EXUDACIÓN

Relación a/c	0,60	Código Mezcla	P-002
Norma	NTP 339.077		
Tanda	1	Hecho por:	P. Garcia

Peso del recipiente	5,94 kg
Peso del recipiente + Peso del concreto	35,16 kg
Peso del concreto	29,23 kg
Radio del recipiente	12,25 cm

Tiempo horas	INTERVALO (min)	VOLUMEN Vt(ml)	VOL. ACUM. (ml)	V (ml/cm2)
11:30	inicio	0,0	0,0	
11:40	00:10	0,1	0,1	0,0002
11:50	00:10	2,6	2,7	0,0057
12:00	00:10	7,2	9,9	0,0210
12:10	00:10	8,6	18,5	0,0392
12:40	00:30	17,2	35,7	0,0757
13:10	00:30	20,5	56,2	0,1192
13:40	00:30	25,8	82,0	0,1739
14:10	00:30	29,6	111,6	0,2367
14:40	00:30	20,2	131,8	0,2796
15:10	00:30	13,4	145,2	0,3080
15:40	00:30	5,2	150,4	0,3190
16:10	00:30	1,5	151,9	0,3222
16:40	00:30	0,0	151,9	0,3222

Materiales	Peso kg
Cemento	4,61
Agua	2,76
Arena	12,56
Piedra 67	8,93
Piedra 5	3,53
Fibermesh	0,01
Poliheed 770 R	0,02
Total	32,4

$$C = \frac{w}{W} S \quad \text{Exudación} = \frac{D}{C} 100$$

V1	ml	151,90
A	cm2	471,44
V	ml/cm2	0,32
w	ml	2,76
W	kg	32,42
S	kg	29,23
C	ml	2491,09
D	ml	151,90

C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en g
W = Masa total de la tanda, en kg
w = Agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados), en kg
S = Masa de la muestra, en g.

Exudación = **6,10%**



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO DE EXUDACIÓN

Relación a/c	0,60	Código Mezcla	P-003
Norma	NTP 339.077		
Tanda	1	Hecho por:	P. Garcia

Peso del recipiente	11,20 kg
Peso del recipiente + Peso del concreto	36,40 kg
Peso del concreto	25,20 kg
Radio del recipiente	12,25 cm

Tiempo horas	INTERVALO (min)	VOLUMEN Vt(ml)	VOL. ACUM. (ml)	V (ml/cm ²)
13:10	inicio	0,0	0,0	
13:20	00:10	0,9	0,9	0,0018
13:30	00:10	1,0	1,9	0,0039
13:40	00:10	5,2	7,1	0,0150
13:50	00:10	7,4	14,5	0,0307
14:20	00:30	15,8	30,3	0,0642
14:50	00:30	19,5	49,8	0,1055
15:20	00:30	28,2	78,0	0,1653
15:50	00:30	16,0	94,0	0,1993
16:20	00:30	11,2	105,2	0,2230
16:50	00:30	9,4	114,6	0,2430
17:20	00:30	5,5	120,1	0,2546
17:50	00:30	3,2	123,3	0,2614
18:20	00:30	0,0	123,3	0,2614

Materiales	Peso kg
Cemento	4,11
Agua	2,47
Arena	11,05
Piedra 67	7,85
Piedra 5	3,48
Fibermesh	0,01
Poliheed 770 R	0,02
Total	29,0

$$C = \frac{w}{W} S \quad \text{Exudación} = \frac{D}{C} 100$$

V1	ml	123,25
A	cm ²	471,44
V	ml/cm ²	0,26
w	ml	2,47
W	kg	28,99
S	kg	25,20
C	ml	2144,74
D	ml	123,25

C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en g
W = Masa total de la tanda, en kg
w = Agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados), en kg
S = Masa de la muestra, en g.

Exudación = **5,75%**



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO DE EXUDACIÓN

Relación a/c	0,60	Código Mezcla	P-004
Norma	NTP 339.077		
Tanda	1	Hecho por:	P. Garcia

Peso del recipiente	11,20 kg
Peso del recipiente + Peso del concreto	36,40 kg
Peso del concreto	25,20 kg
Radio del recipiente	12,25 cm

Tiempo horas	INTERVALO (min)	VOLUMEN Vt(ml)	VOL. ACUM. (ml)	V (ml/cm2)
17:40	inicio	0,0	0,0	
17:50	00:10	0,4	0,4	0,0008
18:00	00:10	1,5	1,9	0,0040
18:10	00:10	4,5	6,4	0,0136
18:20	00:10	10,0	16,4	0,0348
18:50	00:30	14,5	30,9	0,0655
19:20	00:30	15,6	46,5	0,0986
19:50	00:30	19,4	65,9	0,1398
20:20	00:30	13,2	79,1	0,1678
20:50	00:30	10,6	89,7	0,1903
21:20	00:30	8,2	97,9	0,2077
21:50	00:30	6,4	104,3	0,2212
22:20	00:30	2,6	106,9	0,2268
22:50	00:30	0,0	106,9	0,2268

Materiales	Peso kg
Cemento	4,61
Agua	2,76
Arena	12,56
Piedra 67	8,92
Piedra 5	3,95
Fibermesh	0,01
Poliheed 770 R	0,02
Total	32,8

$$C = \frac{w}{W} S \quad \text{Exudación} = \frac{D}{C} 100$$

V1	ml	106,90
A	cm2	471,44
V	ml/cm2	0,23
w	ml	2,76
W	kg	32,84
S	kg	25,20
C	ml	2120,65
D	ml	106,90

C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en g
W = Masa total de la tanda, en kg
w = Agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados), en kg
S = Masa de la muestra, en g.

Exudación = 5,04%



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO DE EXUDACIÓN

Relación a/c	0,60	Código Mezcla	P-005
Norma	NTP 339.077		
Tanda	1	Hecho por:	P. Garcia

Peso del recipiente	5,94 kg
Peso del recipiente + Peso del concreto	36,84 kg
Peso del concreto	30,91 kg
Radio del recipiente	12,25 cm

Tiempo horas	INTERVALO (min)	VOLUMEN Vt(ml)	VOL. ACUM. (ml)	V (ml/cm ²)
10:15	inicio	0,0	0,0	
10:25	00:10	0,7	0,7	0,0014
10:35	00:10	6,8	7,5	0,0158
10:45	00:10	9,1	16,6	0,0351
10:55	00:10	10,0	26,6	0,0563
11:25	00:30	16,4	43,0	0,0911
11:55	00:30	18,6	61,6	0,1306
12:25	00:30	22,8	84,4	0,1789
12:55	00:30	15,2	99,6	0,2112
13:25	00:30	7,6	107,2	0,2273
13:55	00:30	3,0	110,2	0,2336
14:25	00:30	1,8	112,0	0,2375
14:55	00:30	1,5	113,5	0,2406
15:25	00:30	0,0	113,5	0,2406

Materiales	Peso kg
Cemento	4,61
Agua	2,76
Arena	12,37
Piedra 67	8,79
Piedra 5	3,89
Fibermesh	0,01
Poliheed 770 R	0,02
Total	32,5

$$C = \frac{w}{W} S \quad \text{Exudación} = \frac{D}{C} 100$$

V1	ml	113,45
A	cm ²	471,44
V	ml/cm ²	0,24
w	ml	2,76
W	kg	32,46
S	kg	30,91
C	ml	2630,94
D	ml	113,45

C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en g
W = Masa total de la tanda, en kg
w = Agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados), en kg
S = Masa de la muestra, en g.

Exudación = 4,31%



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO DE EXUDACIÓN

Relación a/c	0,65	Código Mezcla	P-006
Norma	NTP 339.077		
Tanda	Nº 5	Hecho por:	P. Garcia

Peso del recipiente	11,20 kg
Peso del recipiente + Peso del concreto	36,81 kg
Peso del concreto	25,61 kg
Radio del recipiente	12,25 cm

Tiempo horas	INTERVALO (min)	VOLUMEN Vt(ml)	VOL. ACUM. (ml)	V (ml/cm2)
11:10	inicio	0,0	0,0	
11:20	00:10	1,0	1,0	0,0021
11:30	00:10	3,3	4,3	0,0091
11:40	00:10	7,0	11,3	0,0240
11:50	00:10	9,0	20,3	0,0431
12:20	00:30	15,4	35,7	0,0757
12:50	00:30	18,0	53,7	0,1139
13:20	00:30	18,2	71,9	0,1525
13:50	00:30	30,8	102,7	0,2178
14:20	00:30	19,0	121,7	0,2581
14:50	00:30	13,8	135,5	0,2874
15:20	00:30	13,0	148,5	0,3150
15:50	00:30	9,5	158,0	0,3351
16:20	00:30	3,0	161,0	0,3415
16:50	00:30	1,0	162,0	0,3436
17:20	00:30	0,5	162,5	0,3447

Materiales	Peso kg
Cemento	3,80
Agua	2,47
Arena	11,20
Piedra 67	7,96
Piedra 5	3,53
Fibermesh	0,00
Poliheed 770 R	0,02
Total	29,0

$$C = \frac{w}{W} S \quad Exudación = \frac{D}{C} 100$$

V1	ml	162,50
A	cm2	471,44
V	ml/cm2	0,34
w	ml	2,47
W	kg	28,96
S	kg	25,61
C	ml	2181,74
D	ml	162,50

C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en g
W = Masa total de la tanda, en kg
w = Agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados), en kg
S = Masa de la muestra, en g.

Exudación =	7,45%
-------------	--------------



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO DE EXUDACIÓN

Relación a/c Código Mezcla
 Norma
 Tanda Hecho por:

Peso del recipiente	5,94 kg
Peso del recipiente + Peso del concreto	35,16 kg
Peso del concreto	29,23 kg
Radio del recipiente	12,25 cm

Tiempo horas	INTERVALO (min)	VOLUMEN Vt(ml)	VOL. ACUM. (ml)	V (ml/cm2)
12:30	inicio	0,0	0,0	
12:40	00:10	0,3	0,3	0,0006
12:50	00:10	4,6	4,9	0,0104
13:00	00:10	8,0	12,9	0,0274
13:10	00:10	12,6	25,5	0,0541
13:40	00:30	18,5	44,0	0,0933
14:10	00:30	19,6	63,6	0,1349
14:40	00:30	20,8	84,4	0,1790
15:10	00:30	26,4	110,8	0,2350
15:40	00:30	16,2	127,0	0,2694
16:10	00:30	12,5	139,5	0,2959
16:40	00:30	9,4	148,9	0,3158
17:10	00:30	5,8	154,7	0,3281
17:40	00:30	3,5	158,2	0,3356
18:10	00:30	0,0	158,2	0,3356

Materiales	Peso kg
Cemento	4,25
Agua	2,76
Arena	12,53
Piedra 67	8,90
Piedra 5	3,94
Fibermesh	0,01
Poliheed 770 R	0,02
Total	32,4

$$C = \frac{w}{W} S \quad Exudación = \frac{D}{C} 100$$

V1	ml	158,20	C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en g
A	cm2	471,44	W = Masa total de la tanda, en kg
V	ml/cm2	0,34	w = Agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados), en kg
w	ml	2,76	S = Masa de la muestra, en g.
W	kg	32,42	
S	kg	29,23	
C	ml	2490,96	
D	ml	158,20	



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO DE EXUDACIÓN

Relación a/c	0,65	Código Mezcla	P-008
Norma	NTP 339.077		
Tanda	1	Hecho por:	P. Garcia

Peso del recipiente	11,20 kg
Peso del recipiente + Peso del concreto	38,52 kg
Peso del concreto	27,32 kg
Radio del recipiente	12,25 cm

Tiempo horas	INTERVALO (min)	VOLUMEN Vt(ml)	VOL. ACUM. (ml)	V (ml/cm2)
09:50	inicio	0,0	0,0	
10:00	00:10	0,2	0,2	0,0004
10:10	00:10	3,6	3,8	0,0081
10:20	00:10	7,0	10,8	0,0229
10:30	00:10	12,2	23,0	0,0488
11:00	00:30	18,4	41,4	0,0878
11:30	00:30	20,5	61,9	0,1313
12:00	00:30	23,8	85,7	0,1818
12:30	00:30	16,4	102,1	0,2166
13:00	00:30	11,5	113,6	0,2410
13:30	00:30	9,0	122,6	0,2601
14:00	00:30	6,8	129,4	0,2745
14:30	00:30	3,2	132,6	0,2813
15:00	00:30	1,5	134,1	0,2844
15:30	00:30	0,0	134,1	0,2844

Materiales	Peso kg
Cemento	3,80
Agua	2,47
Arena	11,19
Piedra 67	7,95
Piedra 5	3,52
Fibermesh	0,01
Poliheed 770 R	0,02
Total	28,9

$$C = \frac{w}{W} S$$

$$Exudación = \frac{D}{C} 100$$

V1	ml	134,10
A	cm2	471,44
V	ml/cm2	0,28
w	ml	2,47
W	kg	28,95
S	kg	27,32
C	ml	2328,78
D	ml	134,10

C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en g

W = Masa total de la tanda, en kg

w = Agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados), en kg

S = Masa de la muestra, en g.

Exudación = **5,76%**



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO DE EXUDACIÓN

Relación a/c	0,65	Código Mezcla	P-009
Norma	NTP 339.077		
Tanda	1	Hecho por:	P. Garcia

Peso del recipiente	5,94 kg
Peso del recipiente + Peso del concreto	35,56 kg
Peso del concreto	29,63 kg
Radio del recipiente	12,25 cm

Tiempo horas	INTERVALO (min)	VOLUMEN Vt(ml)	VOL. ACUM. (ml)	V (ml/cm2)
10:30	inicio	0,0	0,0	
10:40	00:10	0,2	0,2	0,0004
10:50	00:10	6,0	6,2	0,0132
11:00	00:10	7,0	13,2	0,0280
11:10	00:10	8,7	21,9	0,0465
11:40	00:30	16,4	38,3	0,0812
12:10	00:30	20,2	58,5	0,1241
12:40	00:30	28,0	86,5	0,1835
13:10	00:30	18,6	105,1	0,2229
13:40	00:30	15,5	120,6	0,2558
14:10	00:30	11,8	132,4	0,2808
14:40	00:30	9,0	141,4	0,2999
15:10	00:30	5,0	146,4	0,3105
15:40	00:30	2,0	148,4	0,3148
16:10	00:30	0,0	148,4	0,3148

Materiales	Peso kg
Cemento	4,25
Agua	2,76
Arena	12,53
Piedra 67	8,90
Piedra 5	3,94
Fibermesh	0,01
Poliheed 770 R	0,02
Total	32,4

$$C = \frac{w}{W} S \quad \text{Exudación} = \frac{D}{C} 100$$

V1	ml	148,40	C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en g
A	cm2	471,44	W = Masa total de la tanda, en kg
V	ml/cm2	0,31	w = Agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados), en kg
w	ml	2,76	S = Masa de la muestra, en g.
W	kg	32,42	
S	kg	29,63	
C	ml	2525,47	
D	ml	148,40	

Exudación = **5,88%**



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO DE EXUDACIÓN

Relación a/c	0,65	Código Mezcla	P-010
Norma	NTP 339.077	Hecho por:	P. Garcia
Tanda	1		

Peso del recipiente	5,94 kg
Peso del recipiente + Peso del concreto	36,68 kg
Peso del concreto	30,75 kg
Radio del recipiente	12,25 cm

Tiempo horas	INTERVALO (min)	VOLUMEN Vt(ml)	VOL. ACUM. (ml)	V (ml/cm2)
11:00	inicio	0,0	0,0	
11:10	00:10	1,2	1,2	0,0025
11:20	00:10	4,0	5,2	0,0110
11:30	00:10	7,6	12,8	0,0272
11:40	00:10	9,8	22,6	0,0479
12:10	00:30	15,6	38,2	0,0810
12:40	00:30	18,5	56,7	0,1203
13:10	00:30	23,4	80,1	0,1699
13:40	00:30	16,5	96,6	0,2049
14:10	00:30	13,0	109,6	0,2325
14:40	00:30	10,2	119,8	0,2541
15:10	00:30	8,8	128,6	0,2728
15:40	00:30	6,2	134,8	0,2859
16:10	00:30	4,4	139,2	0,2953
16:40	00:30	2,0	141,2	0,2995
17:10	00:30	1,0	142,2	0,3016
17:10	00:30	0,0	142,2	0,3016

Materiales	Peso kg
Cemento	4,25
Agua	2,76
Arena	12,52
Piedra 67	8,90
Piedra 5	3,94
Fibermesh	0,01
Poliheed 770 R	0,02
Total	32,4

$$C = \frac{w}{W} S \quad \text{Exudación} = \frac{D}{C} 100$$

V1	ml	142,20	C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en g
A	cm2	471,44	W = Masa total de la tanda, en kg
V	ml/cm2	0,30	w = Agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados), en kg
w	ml	2,76	S = Masa de la muestra, en g.
W	kg	32,42	
S	kg	30,75	
C	ml	2621,17	
D	ml	142,20	

Exudación = 5,43%



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO DE EXUDACIÓN

Relación a/c Código Mezcla
 Norma
 Tanda Hecho por:

Peso del recipiente	11,20 kg
Peso del recipiente + Peso del concreto	37,78 kg
Peso del concreto	26,58 kg
Radio del recipiente	12,25 cm

Tiempo horas	INTERVALO (min)	VOLUMEN Vt(ml)	VOL. ACUM. (ml)	V (ml/cm2)
09:20	inicio	0,0	0,0	
09:30	00:10	3,0	3,0	0,0064
09:40	00:10	5,0	8,0	0,0170
09:50	00:10	7,0	15,0	0,0318
10:00	00:10	16,4	31,4	0,0666
10:30	00:30	17,5	48,9	0,1037
11:00	00:30	20,4	69,3	0,1470
11:30	00:30	26,8	96,1	0,2038
12:00	00:30	18,6	114,7	0,2433
12:30	00:30	15,2	129,9	0,2755
13:00	00:30	14,6	144,5	0,3065
13:30	00:30	12,6	157,1	0,3332
14:00	00:30	10,0	167,1	0,3544
14:30	00:30	3,0	170,1	0,3608
15:00	00:30	2,5	172,6	0,3661
15:30	00:30	1,0	173,6	0,3682
15:30	00:30	0,0	173,6	0,3682

Materiales	Peso kg
Cemento	3,80
Agua	2,47
Arena	11,20
Piedra 67	7,96
Piedra 5	3,53
Fibermesh	0,00
Poliheed 770 R	0,02
Total	29,0

$$C = \frac{w}{W} S \quad Exudación = \frac{D}{C} 100$$

V1 ml 173,60
 A cm2 471,44
 V ml/cm2 0,37
 w ml 2,47
 W kg 28,96
 S kg 26,58
 C ml 2264,38
 D ml 173,60

C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en g
 W = Masa total de la tanda, en kg
 w = Agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados), en kg
 S = Masa de la muestra, en g.

Exudación =



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO DE EXUDACIÓN

Relación a/c Código Mezcla
 Norma
 Tanda Hecho por:

Peso del recipiente	5,94 kg
Peso del recipiente + Peso del concreto	36,42 kg
Peso del concreto	30,49 kg
Radio del recipiente	12,25 cm

Tiempo horas	INTERVALO (min)	VOLUMEN Vt(ml)	VOL. ACUM. (ml)	V (ml/cm2)
10:00	inicio	0,0	0,0	
10:10	00:10	5,0	5,0	0,0106
10:20	00:10	15,0	20,0	0,0424
10:30	00:10	15,0	35,0	0,0742
10:40	00:10	17,0	52,0	0,1103
11:10	00:30	25,0	77,0	0,1633
11:40	00:30	20,0	97,0	0,2058
12:10	00:30	18,5	115,5	0,2450
12:40	00:30	17,5	133,0	0,2821
13:10	00:30	15,0	148,0	0,3139
13:40	00:30	15,0	163,0	0,3458
14:10	00:30	12,0	175,0	0,3712
14:40	00:30	7,8	182,8	0,3878
15:10	00:30	3,2	186,0	0,3945
15:40	00:30	0,0	186,0	0,3945

Materiales	Peso kg
Cemento	3,95
Agua	2,76
Arena	12,66
Piedra 67	9,00
Piedra 5	3,99
Fibermesh	0,01
Poliheed 770 R	0,02
Total	32,4

$$C = \frac{w}{W} S \quad \text{Exudación} = \frac{D}{C} 100$$

V1	ml	186,00	C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en g
A	cm2	471,44	W = Masa total de la tanda, en kg
V	ml/cm2	0,39	w = Agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados), en kg
w	ml	2,76	S = Masa de la muestra, en g.
W	kg	32,38	
S	kg	30,49	
C	ml	2601,63	
D	ml	186,00	

Exudación =



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO DE EXUDACIÓN

Relación a/c Código Mezcla
 Norma
 Tanda Hecho por:

Peso del recipiente	11,20 kg
Peso del recipiente + Peso del concreto	36,82 kg
Peso del concreto	25,62 kg
Radio del recipiente	12,25 cm

Tiempo horas	INTERVALO (min)	VOLUMEN Vt(ml)	VOL. ACUM. (ml)	V (ml/cm2)
15:10	inicio	0,0	0,0	
15:20	00:10	0,2	0,2	0,0004
15:30	00:10	6,0	6,2	0,0132
15:40	00:10	8,8	15,0	0,0318
15:50	00:10	10,0	25,0	0,0530
16:20	00:30	18,7	43,7	0,0927
16:50	00:30	20,7	64,4	0,1366
17:20	00:30	26,0	90,4	0,1918
17:50	00:30	16,5	106,9	0,2268
18:20	00:30	16,0	122,9	0,2607
18:50	00:30	8,0	130,9	0,2777
19:20	00:30	7,2	138,1	0,2929
19:50	00:30	5,4	143,5	0,3044
20:20	00:30	1,5	145,0	0,3076
20:50	00:30	0,0	145,0	0,3076

Materiales	Peso kg
Cemento	3,53
Agua	2,47
Arena	11,30
Piedra 67	8,03
Piedra 5	3,56
Fibermesh	0,01
Poliheed 770 R	0,02
Total	28,9

$$C = \frac{w}{W} S \quad \text{Exudación} = \frac{D}{C} 100$$

V1	ml	145,00	C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en g
A	cm2	471,44	W = Masa total de la tanda, en kg
V	ml/cm2	0,31	w = Agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados), en kg
w	ml	2,47	S = Masa de la muestra, en g.
W	kg	28,91	
S	kg	25,62	
C	ml	2186,62	
D	ml	145,00	

Exudación =



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO DE EXUDACIÓN

Relación a/c	0,70	Código Mezcla	P-014
Norma	NTP 339.077		
Tanda	1	Hecho por:	P. Garcia

Peso del recipiente	5,94 kg
Peso del recipiente + Peso del concreto	35,42 kg
Peso del concreto	29,49 kg
Radio del recipiente	12,25 cm

Tiempo horas	INTERVALO (min)	VOLUMEN Vt(ml)	VOL. ACUM. (ml)	V (ml/cm2)
09:30	inicio	0,0	0,0	
09:40	00:10	0,2	0,2	0,0004
09:50	00:10	4,5	4,7	0,0100
10:00	00:10	4,8	9,5	0,0202
10:10	00:10	4,8	14,3	0,0303
10:40	00:30	15,8	30,1	0,0638
11:10	00:30	18,0	48,1	0,1020
11:40	00:30	19,2	67,3	0,1428
12:10	00:30	29,5	96,8	0,2053
12:40	00:30	21,8	118,6	0,2516
13:10	00:30	16,0	134,6	0,2855
13:40	00:30	10,5	145,1	0,3078
14:10	00:30	8,5	153,6	0,3258
14:40	00:30	5,0	158,6	0,3364
15:10	00:30	0,0	158,6	0,3364

Materiales	Peso kg
Cemento	3,95
Agua	2,76
Arena	12,66
Piedra 67	8,99
Piedra 5	3,98
Fibermesh	0,01
Poliheed 770 R	0,02
Total	32,4

$$C = \frac{w}{W} S$$

$$Exudación = \frac{D}{C} 100$$

V1	ml	158,60
A	cm2	471,44
V	ml/cm2	0,34
w	ml	2,76
W	kg	32,38
S	kg	29,49
C	ml	2516,71
D	ml	158,60

C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en g
W = Masa total de la tanda, en kg
w = Agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados), en kg
S = Masa de la muestra, en g.

Exudación = **6,30%**



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
ENSAYO DE EXUDACIÓN

Relación a/c Código Mezcla
 Norma
 Tanda Hecho por:

Peso del recipiente	5,94 kg
Peso del recipiente + Peso del concreto	36,68 kg
Peso del concreto	30,75 kg
Radio del recipiente	12,25 cm

Tiempo horas	INTERVALO (min)	VOLUMEN Vt(ml)	VOL. ACUM. (ml)	V (ml/cm2)
10:10	inicio	0,0	0,0	
10:20	00:10	0,5	0,5	0,0011
10:30	00:10	9,0	9,5	0,0202
10:40	00:10	8,5	18,0	0,0382
10:50	00:10	11,0	29,0	0,0615
11:20	00:30	18,5	47,5	0,1008
11:50	00:30	21,8	69,3	0,1470
12:20	00:30	17,5	86,8	0,1841
12:50	00:30	15,8	102,6	0,2176
13:20	00:30	15,0	117,6	0,2495
13:50	00:30	12,0	129,6	0,2749
14:20	00:30	10,2	139,8	0,2965
14:50	00:30	5,3	145,1	0,3078
15:20	00:30	1,2	146,3	0,3103
15:50	00:30	0,0	146,3	0,3103

Materiales	Peso kg
Cemento	3,53
Agua	2,47
Arena	11,30
Piedra 67	8,03
Piedra 5	3,56
Fibermesh	0,01
Poliheed 770 R	0,02
Total	28,9

$$C = \frac{w}{W} S \quad \text{Exudación} = \frac{D}{C} 100$$

V1 ml 146,30
 A cm2 471,44
 V ml/cm2 0,31
 w ml 2,47
 W kg 28,91
 S kg 30,75
 C ml 2624,47
 D ml 146,30

C = Masa del agua en la muestra de ensayo, en g
 W = Masa total de la tanda, en kg
 w = Agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados), en kg
 S = Masa de la muestra, en g.



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

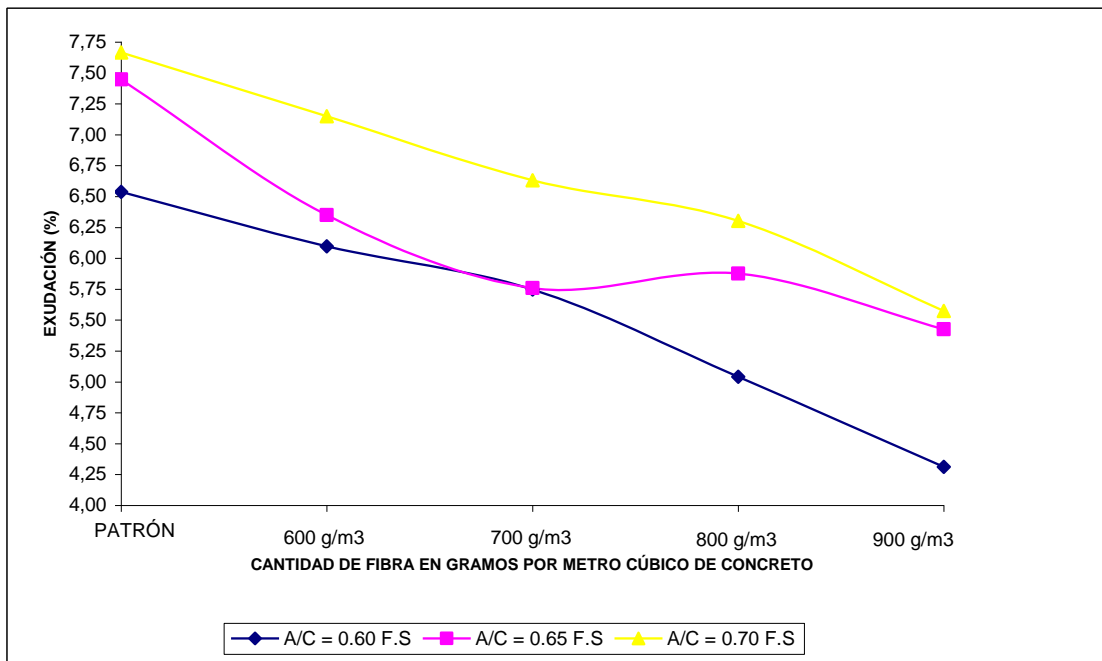
**CUADRO COMPARATIVO DE LA EXUDACIÓN DEL CONCRETO
NORMA NTP 339,077**

RELAC . A/C	PATRÓN (%)	FIBRA 600 (g/m3)		FIBRA 700 (g/m3)		FIBRA 800 (g/m3)		FIBRA 900 (g/m3)	
		EXUDACIÓN DEL CONCRETO %	INCREMENTO (%)	EXUDACIÓN DEL CONCRETO %	INCREMENTO (%)	EXUDACIÓN DEL CONCRETO %	INCREMENTO (%)	EXUDACIÓN DEL CONCRETO %	INCREMENTO (%)
0,60	6,54	6,10	93,27	5,75	87,90	5,04	77,10	4,31	65,96
0,65	7,45	6,35	85,27	5,76	77,31	5,88	78,89	5,43	72,84
0,70	7,67	7,15	93,25	6,63	86,50	6,30	82,20	5,57	72,71



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

GRÁFICO EXUDACIÓN DEL CONCRETO vs. DOSIFICACIÓN DE FIBRA SINTÉTICA
NORMA NTP 339,077



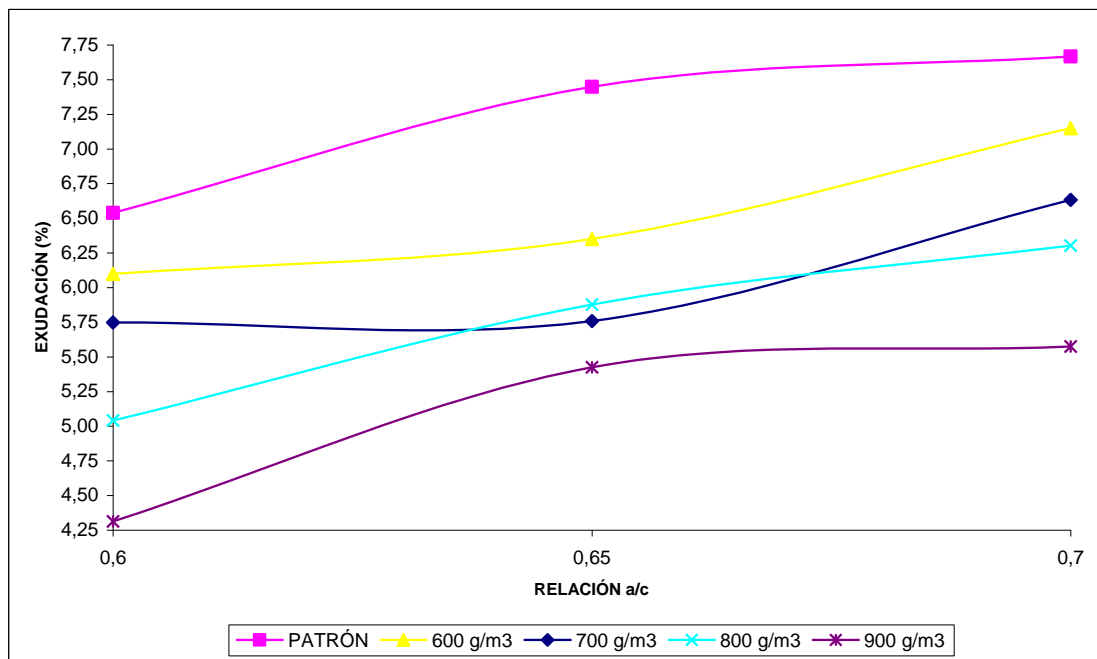
CUADRO DE RESULTADOS

EXUDACIÓN (%)	0,6	0,65	0,7
PATRÓN	6,54	7,45	7,67
F.S. 600 g/m³	6,10	6,35	7,15
F.S. 700 g/m³	5,75	5,76	6,63
F.S. 800 g/m³	5,04	5,88	6,30
F.S. 900 g/m³	4,31	5,43	5,57



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

GRÁFICO EXUDACIÓN DEL CONCRETO VS RELACIÓN A/C
NORMA NTP 339,077



CUADRO DE RESULTADOS

EXUDACIÓN (%)	0,6	0,65	0,7
PATRÓN	6,54	7,45	7,67
F.S. 600 g/m3	6,10	6,35	7,15
F.S. 700 g/m3	5,75	5,76	6,63
F.S. 800 g/m3	5,04	5,88	6,30
F.S. 900 g/m3	4,31	5,43	5,57

4.2.5 ENSAYO CONO DE ABRAMS (ASENTAMIENTO)

El ensayo de cono de Abrams proporciona información útil sobre la uniformidad de las mezclas y es una herramienta muy importante en el control de la calidad del concreto fresco. Las variaciones en el slump en varias mezclas de una misma dosificación indican que algún cambio ha ocurrido en las características físicas y granulométricas de los agregados, el contenido de aire, la temperatura, el uso de aditivos.

EQUIPOS Y ACCESORIOS

- Barra compactadora, recta de acero liso de 16mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 600mm (24") de largo, con un extremo redondeado con forma de punta semiesférica.
- Cono de Abrams, molde metálico con forma de tronco de cono hueco, con los dos círculos de las bases paralelos entre si y formando ángulo recto con el eje del cono. El diámetro de la base inferior es 20cm. y la base superior es de 10cm; en la base superior con un espesor mínimo de 1.5mm. y la altura del molde es de 30cm.

El molde está provisto de agarradores y aletas de pie.

PROCEDIMIENTO

- Se coloca el molde sobre una superficie plana, manteniéndolo inmóvil pisando las dos aletas del pie del cono.
- Se realiza el llenado del concreto en 3 capas de aproximadamente 1/3 del volumen del cono cada una de las capas y se compactan con 25 golpes, distribuyendo uniformemente los golpes en la sección transversal de cada capa.
- En la tercera y última capa se llena y se le deja un rebose de 1" y se compactan hasta llegar a los 25 golpes.
- Finalmente se retira el exceso de concreto de la parte superior del cono utilizando la varilla de acero o la plancha de albañil y enrasar. Se limpia el concreto derramado

en la base del cono y se levanta el mismo sin movimientos laterales o torsionales en un tiempo de 5 segundos moderadamente.

- Para terminar se coloca la varilla de acero horizontalmente a lo largo del molde invertido de manera que la varilla se extienda hasta el concreto. Se mide la distancia de la parte inferior de la varilla de acero al centro de la cara superior del concreto deformado.



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

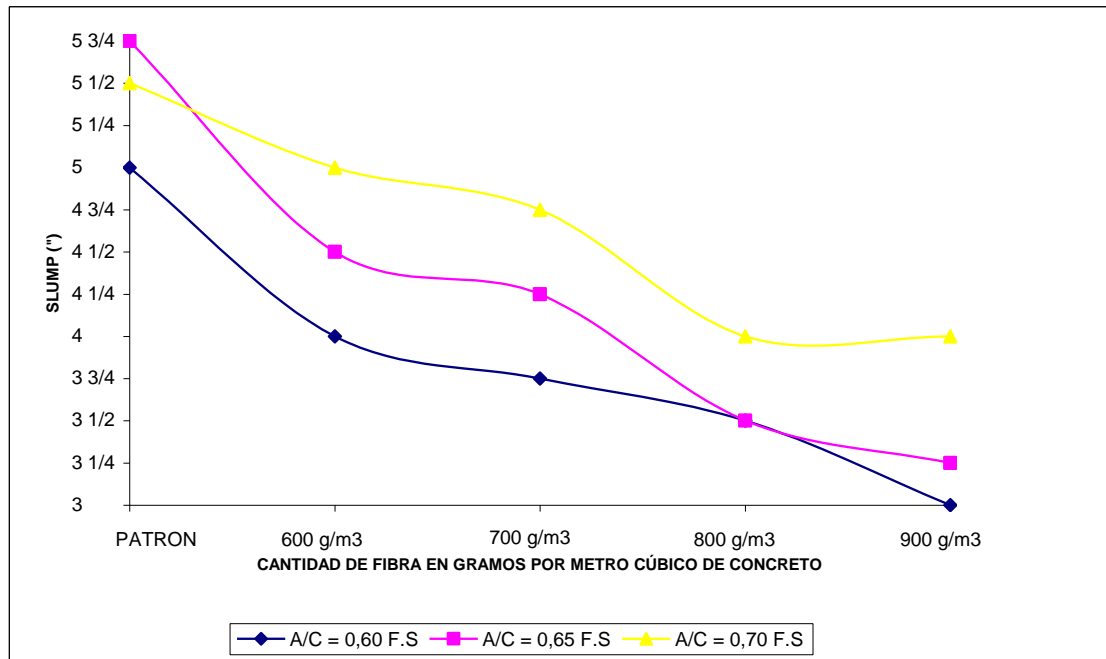
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
CUADRO COMPARATIVO DE ASENTAMIENTOS
NORMA ASTM C 143

RELAC . A/C	PATRÓN (")	FIBRA 600 (g/m3)		FIBRA 700 (g/m3)		FIBRA 800 (g/m3)		FIBRA 900 (g/m3)	
		SLUMP (")	INCREMENTO (%)	SLUMP (")	INCREMENTO (%)	SLUMP (")	INCREMENTO (%)	SLUMP (")	INCREMENTO (%)
0,60	5	4	80,00	3 3/4	75,00	3 1/2	70,00	3	60,00
0,65	5 3/4	4 1/2	78,26	4 1/4	73,91	3 1/2	60,87	3 1/4	56,52
0,70	5 1/2	5	90,91	4 3/4	86,36	4	72,73	4	72,73



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

GRÁFICO SLUMP DEL CONCRETO VS DOSIFICACIÓN DE FIBRA SINTÉTICA
NORMA ASTM C 143



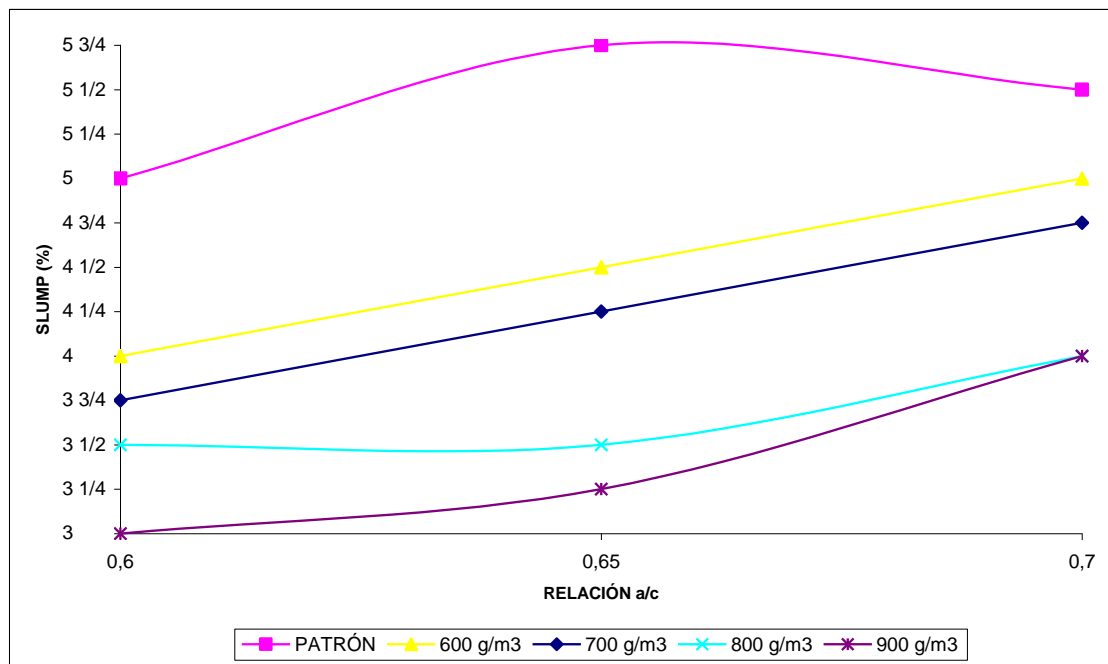
CUADRO DE RESULTADOS

SLUMP (")	0,6	0,65	0,7
PATRÓN	5	5 3/4	5 1/2
F.S. 600 g/m³	4	4 1/2	5
F.S. 700 g/m³	3 3/4	4 1/4	4 3/4
F.S. 800 g/m³	3 1/2	3 1/2	4
F.S. 900 g/m³	3	3 1/4	4



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

GRÁFICO SLUMP DEL CONCRETO VS RELACIÓN A/C
NORMA ASTM C 143



CUADRO DE RESULTADOS

SLUMP (")	0,6	0,65	0,7
PATRÓN	5	5 3/4	5 1/2
F.S. 600 g/m3	4	4 1/2	5
F.S. 700 g/m3	3 3/4	4 1/4	4 3/4
F.S. 800 g/m3	3 1/2	3 1/2	4
F.S. 900 g/m3	3	3 1/4	4

4.2.6 ENSAYO DE FISURACIÓN

Este ensayo nos permite determinar el grado de fisuración del concreto con las diferentes relaciones agua cemento, nos ayudara saber cual es la dosificación óptima de la fibra orgánica.

Equipos y Materiales

Se debe contar con un bogue, una pala, un cucharón, una espátula, un molde de 75 x 45 cm., un ventilador que genere una velocidad de 25 km/h, una cocina eléctrica capaz de mantener 30 grados de temperatura, una parrilla y un reflector., como en la foto siguiente (**foto 4.2.6.1**)

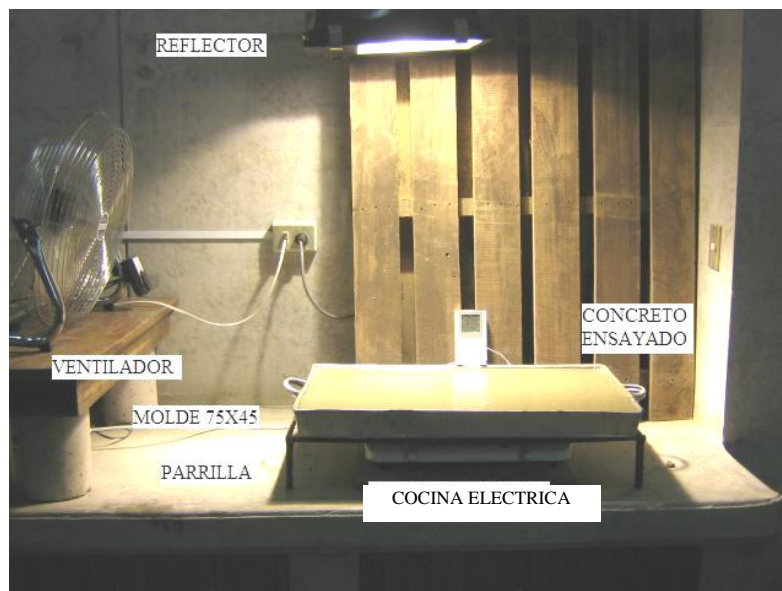


Foto 4.2.6.1

Para preparar la mezcla se debe calentar el agua a una temperatura de 60°C para obtener una mezcla de 30°C, se mezclara los agregados de la siguiente manera

1. Mezclar la piedra N°5 y N°67.
2. Agregar el agua de diseño para humedecer el agregado grueso.
3. Añadir el cemento Pórtland Tipo I, mezclar por 1 minuto o hasta que se forma la pasta
4. Agregar la arena y mezclar durante 2 minutos

5. Echar la fibra sintética y mezclar por 1.5 minutos hasta que la mezcla este uniforme.

Calentar la carretilla con agua caliente para que el calor no se pierda, se hace el ensayo de slump, se toma los datos de la temperatura del concreto, la temperatura del ambiente y la humedad del ambiente.

Se lleva la mezcla a la zona de ensayo de fisuración, se enrasa el concreto logrando una superficie lisa.

Se prende el ventilador, el reflector y la cocina, el molde deberá estar con la cocina prendida, las 2 primeras horas se tomarán los resultados después de las 24 horas con un fisurometro y una regla metálica.

Información Importante acerca del ensayo

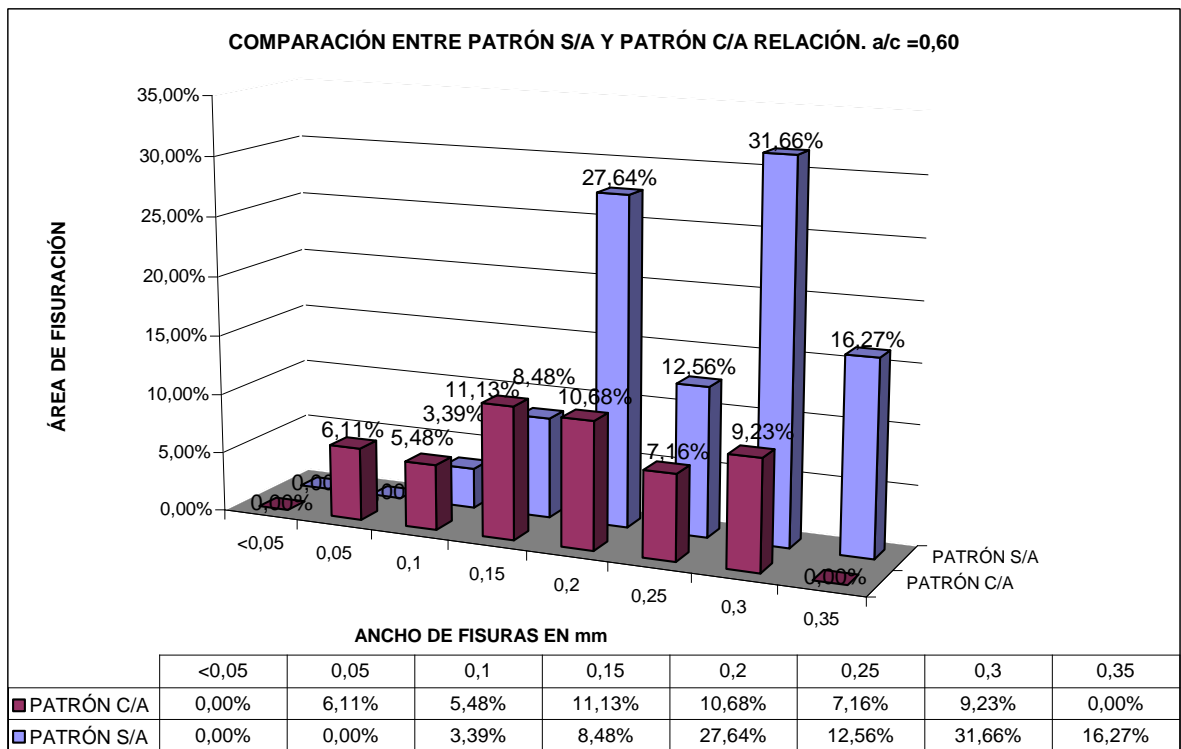
Para este ensayo se prepararon 15 moldes uno por cada diseño de mezcla en los cuales se observará el grado de efectividad para contrarrestar las fisuraciones por contracción plástica por secado.

Al ser los materiales con que se realizaron esta tesis, los mismos materiales usados por el Ing. Roy Montufar en su Proyecto de tesis “Utilización de Fibras Sintéticas y Fibras Orgánicas Como Inhibidor de Fisuras Causadas por Contracción Plástica”, con autorización del autor de ese proyecto, se tomaron los datos de fisuración de sus patrones para relaciones agua/cemento de 0,60; 0,65; 0,70; con el propósito de compararlas con los resultados obtenidos con el aditivo tipo D usado en esta tesis, y ver la efectividad que este aditivo junto con las fibras sintéticas tienen para optimizar la neutralización de las fisuras por contracción plástica por secado.

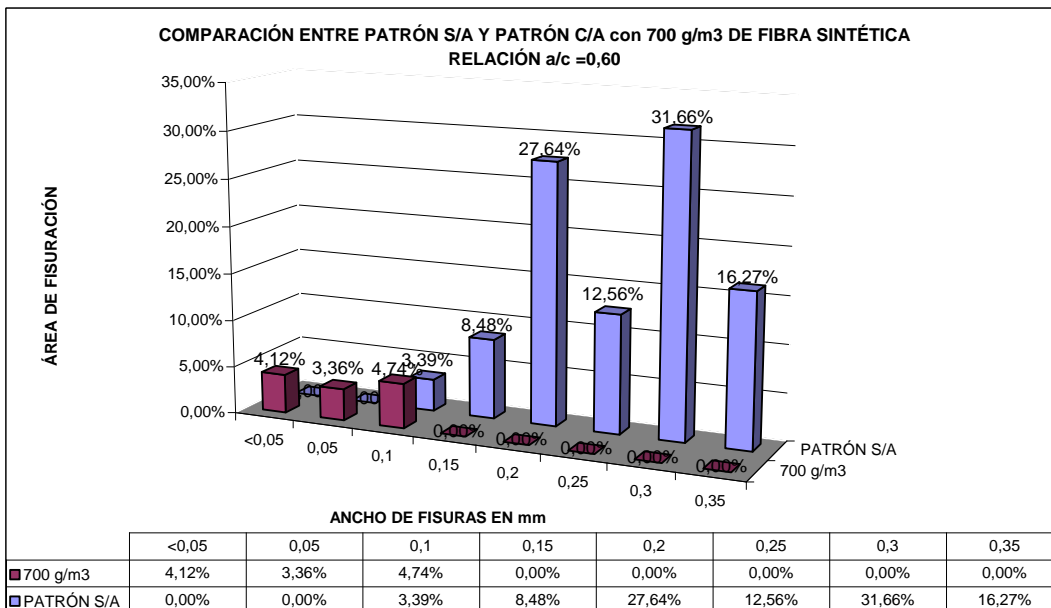
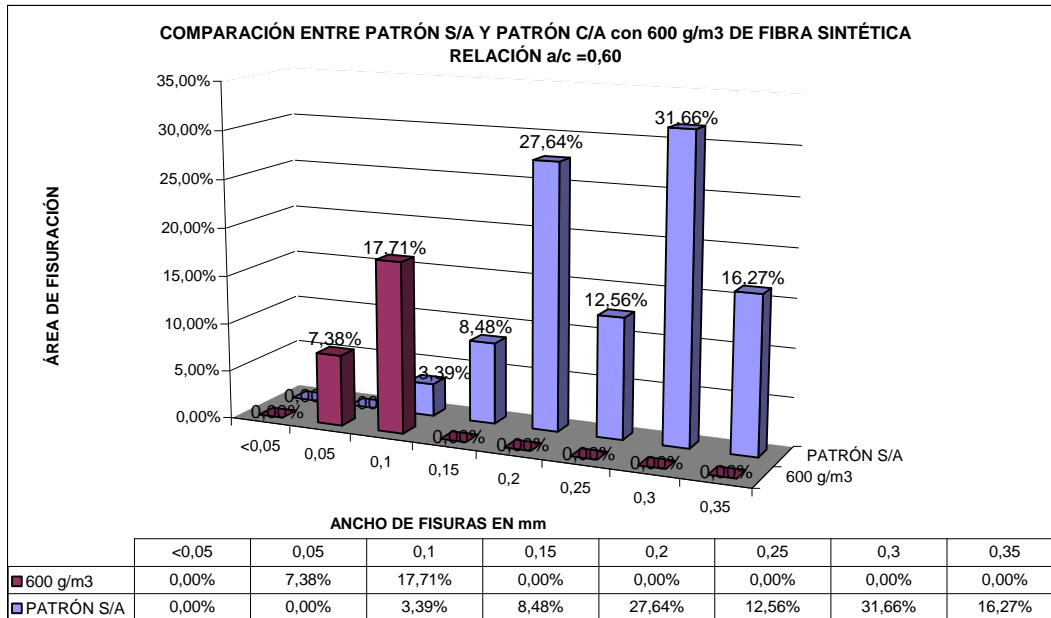


ÁREA DE FISURACIÓN EN % PARA RELACIONES a/c = 0,60

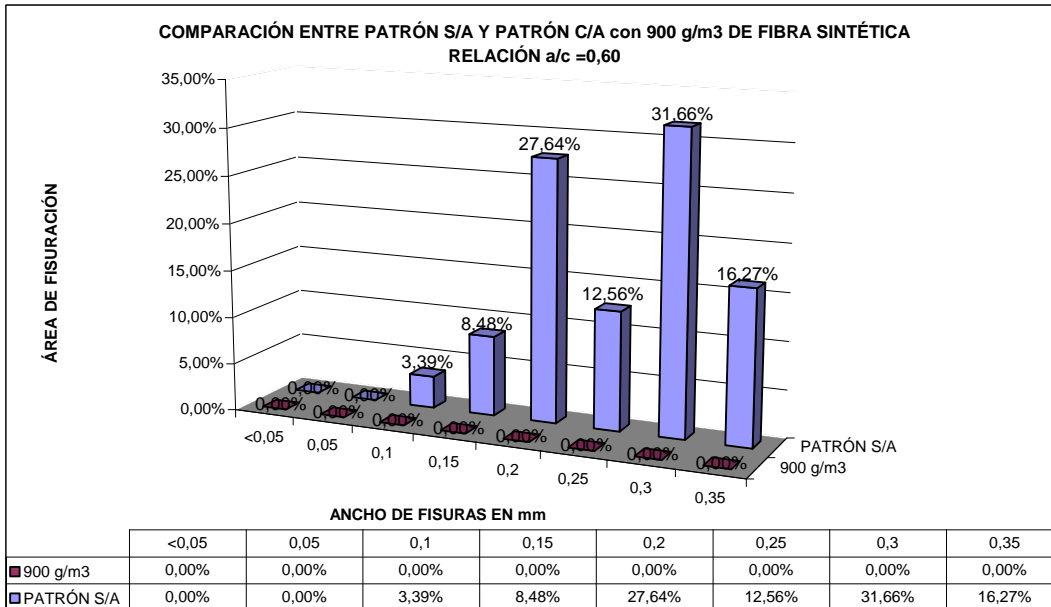
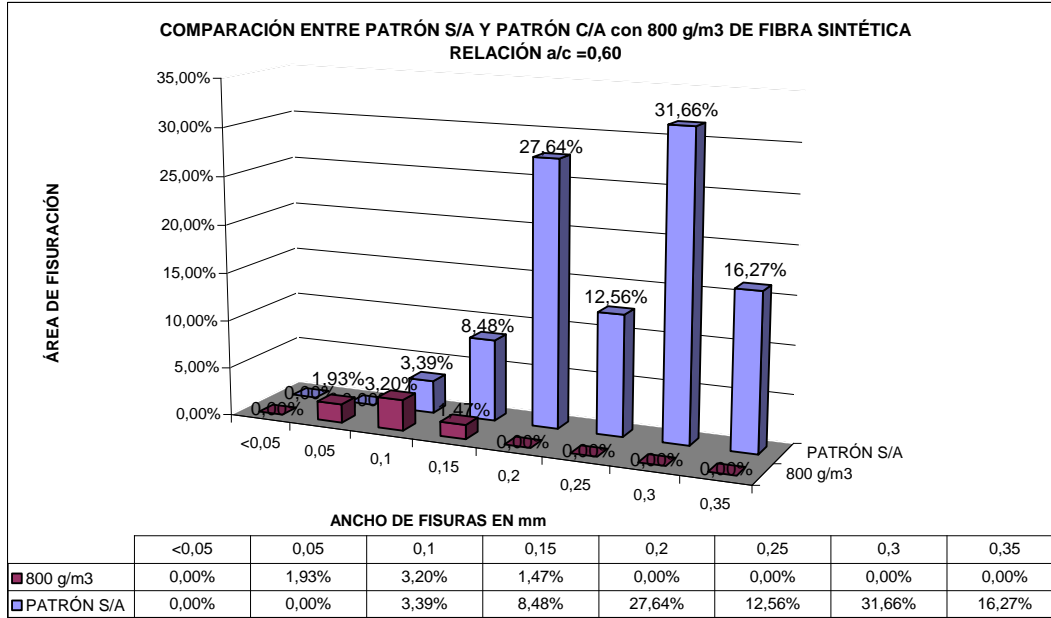
ANCHO DE FISURA	PATRÓN SIN ADITIVO	PATRÓN CON ADITIVO	600 g/m ³	700 g/m ³	800 g/m ³	900 g/m ³
<0,05	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0,05	0,00%	6,11%	7,38%	3,36%	1,93%	0,00%
0,1	3,39%	5,48%	17,71%	4,74%	3,20%	0,00%
0,15	8,48%	11,13%	0,00%	0,00%	1,47%	0,00%
0,2	27,64%	10,68%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0,25	12,56%	7,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0,3	31,66%	9,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0,35	16,27%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AREA TOTAL	100,00%	49,79%	25,09%	12,21%	6,61%	0,00%



GRÁFICOS ÁREAS DE FISURACIÓN EN % PARA RELACIONES a/c = 0,60



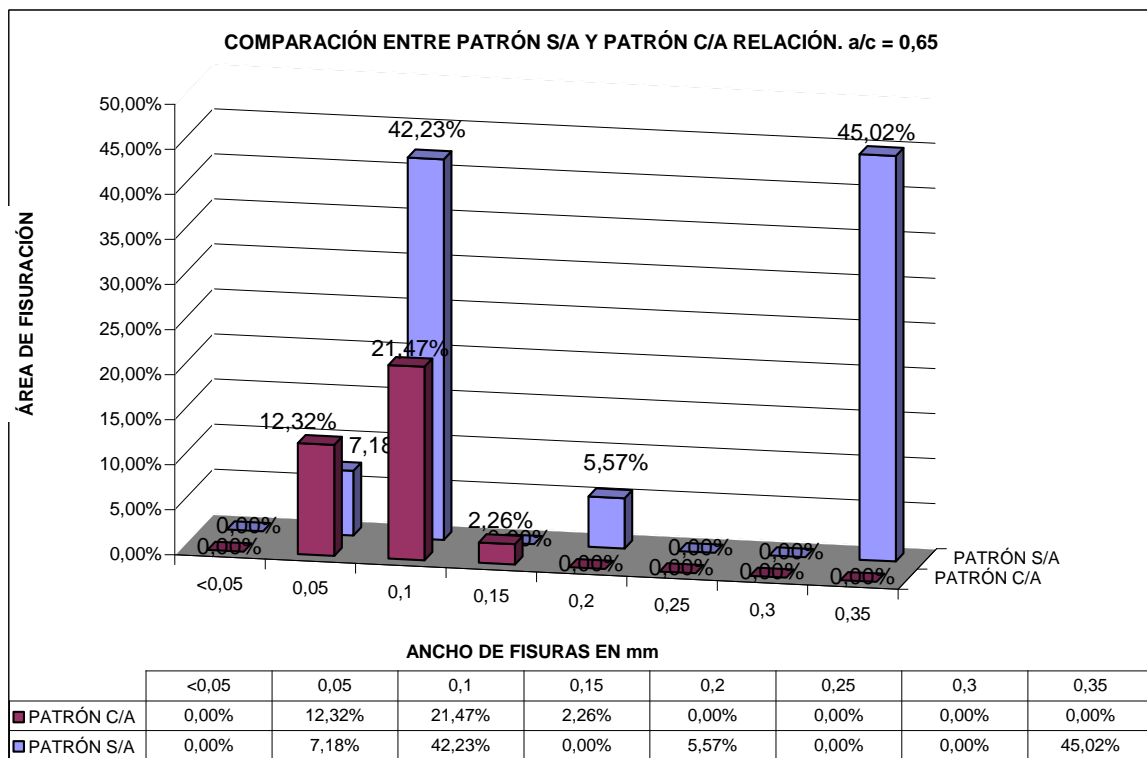
GRÁFICOS ÁREAS DE FISURACIÓN EN % PARA RELACIONES a/c = 0,60



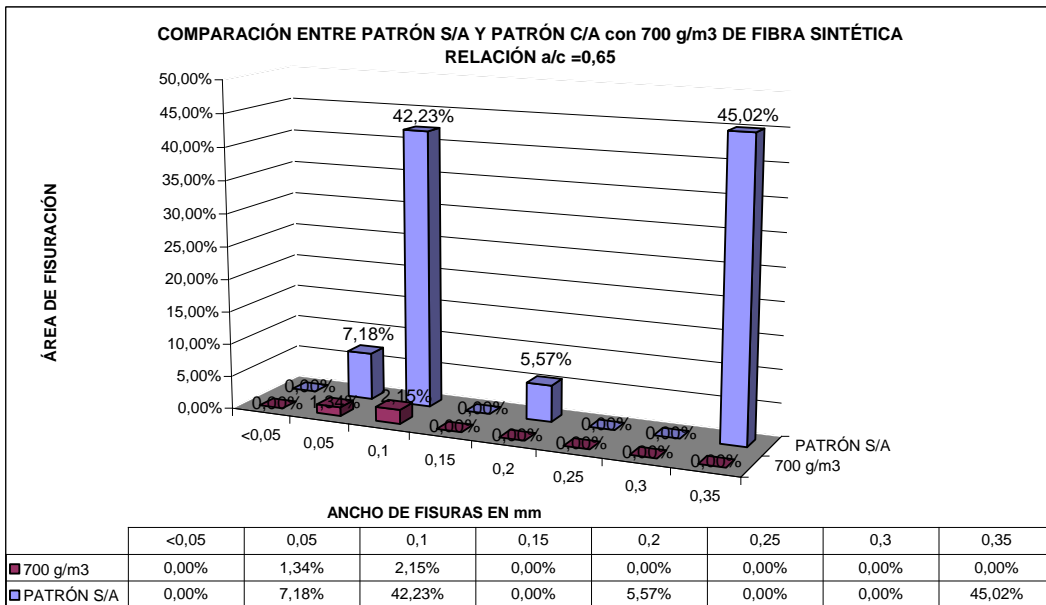
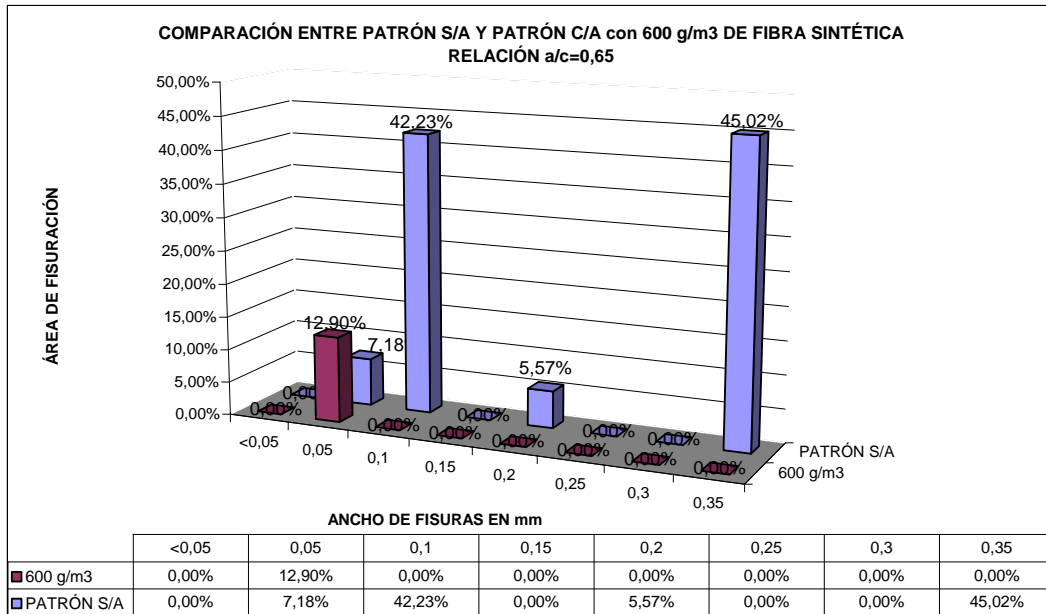


ÁREA DE FISURACIÓN EN % PARA RELACIONES $a/c = 0,65$

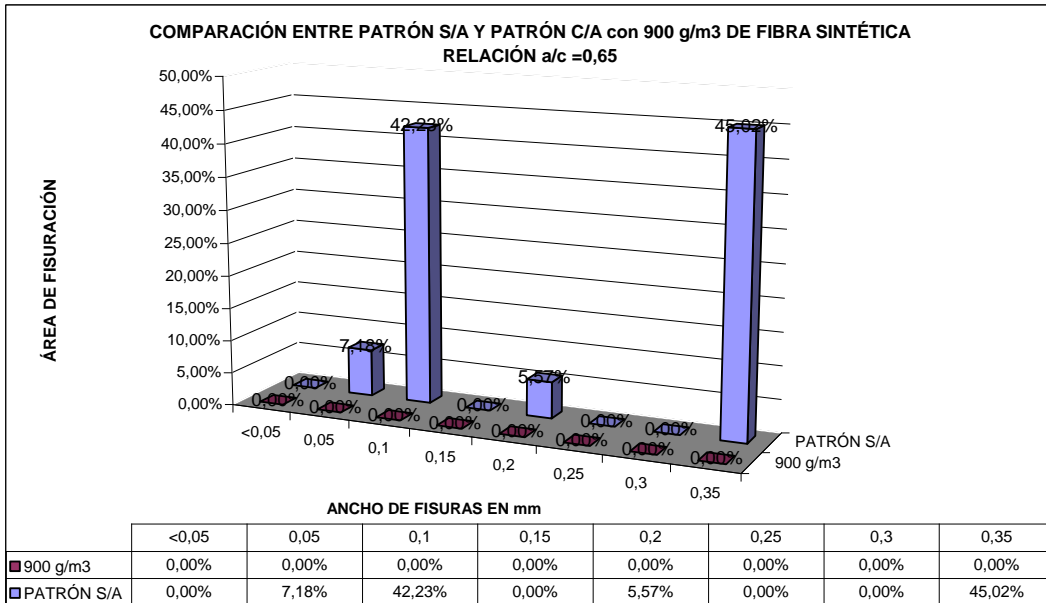
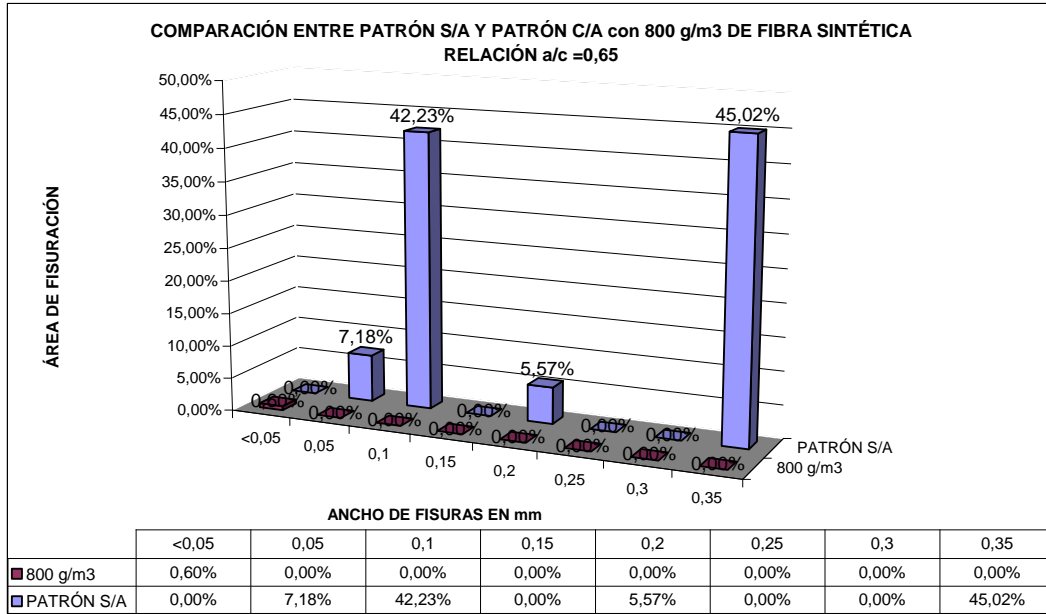
ANCHO DE FISURA	PATRÓN SIN ADITIVO	PATRÓN CON ADITIVO	600 g/m ³	700 g/m ³	800 g/m ³	900 g/m ³
<0,05	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0,05	7,18%	12,32%	12,90%	1,34%	0,00%	0,00%
0,1	42,23%	21,47%	0,00%	2,15%	0,00%	0,00%
0,15	0,00%	2,26%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0,2	5,57%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0,25	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0,3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0,35	45,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AREA TOTAL	100,00%	36,06%	12,90%	3,48%	0,60%	0,00%



GRÁFICOS ÁREAS DE FISURACIÓN EN % PARA RELACIONES a/c = 0,65



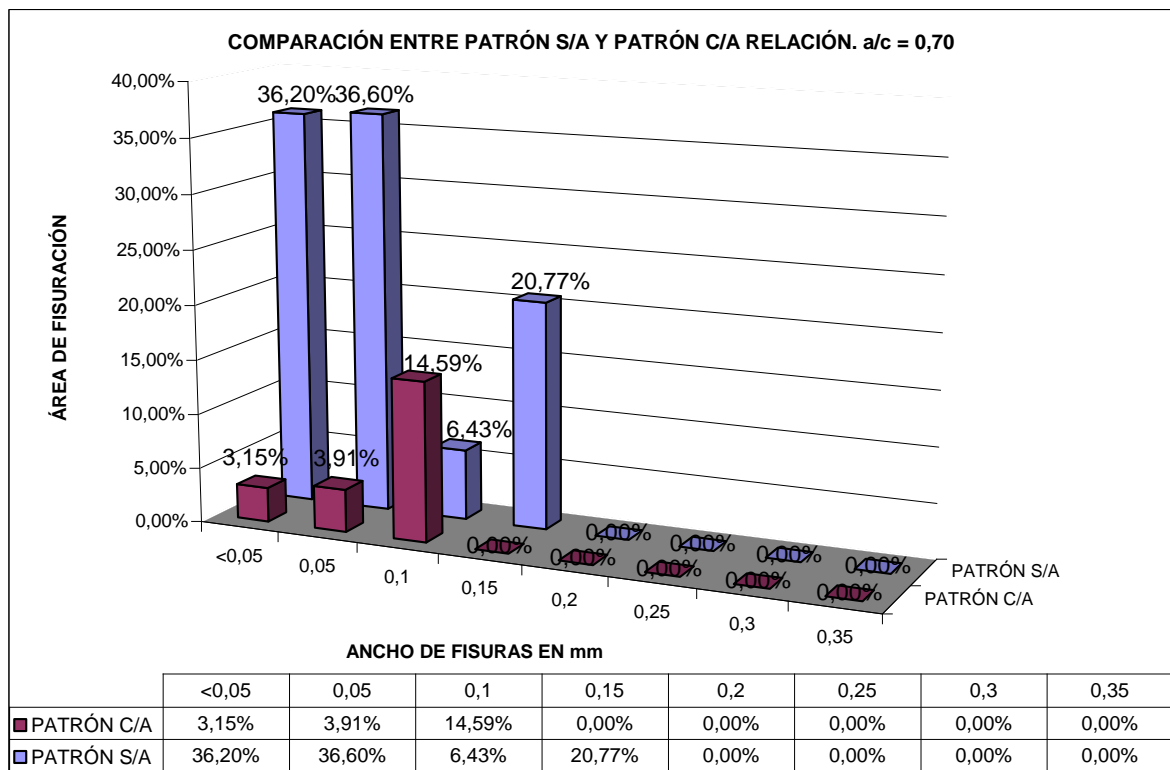
GRÁFICOS ÁREAS DE FISURACIÓN EN % PARA RELACIONES $a/c = 0,65$



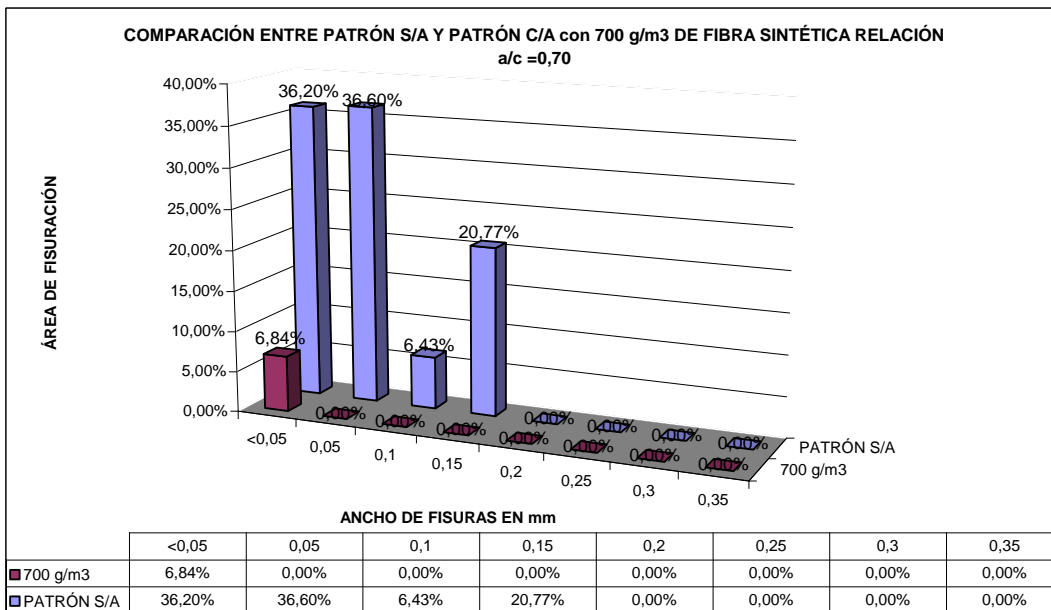
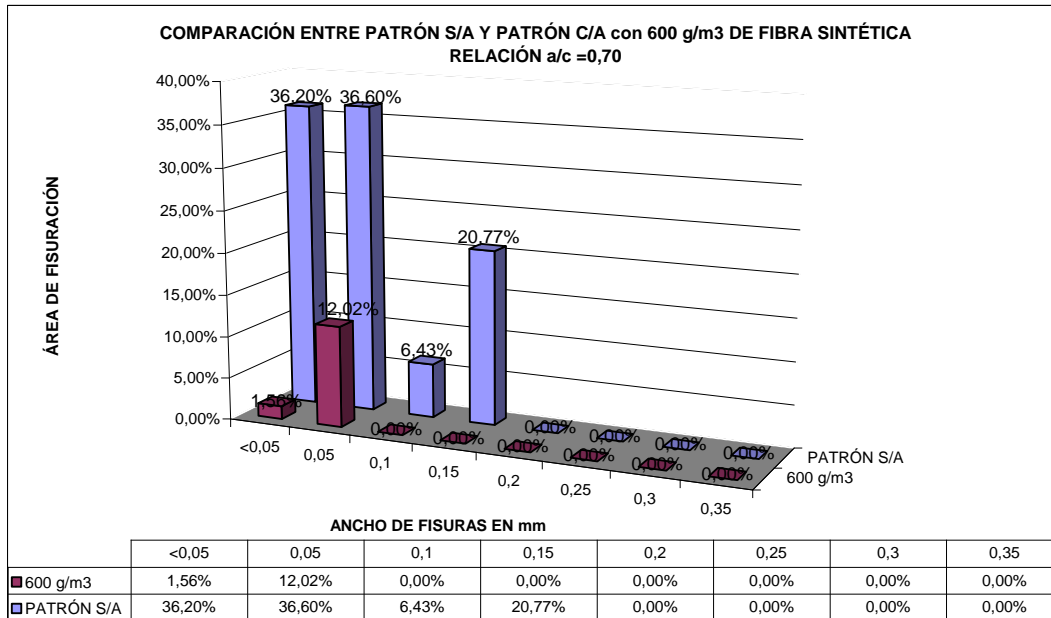


ÁREA DE FISURACIÓN EN % PARA RELACIONES $a/c = 0,70$

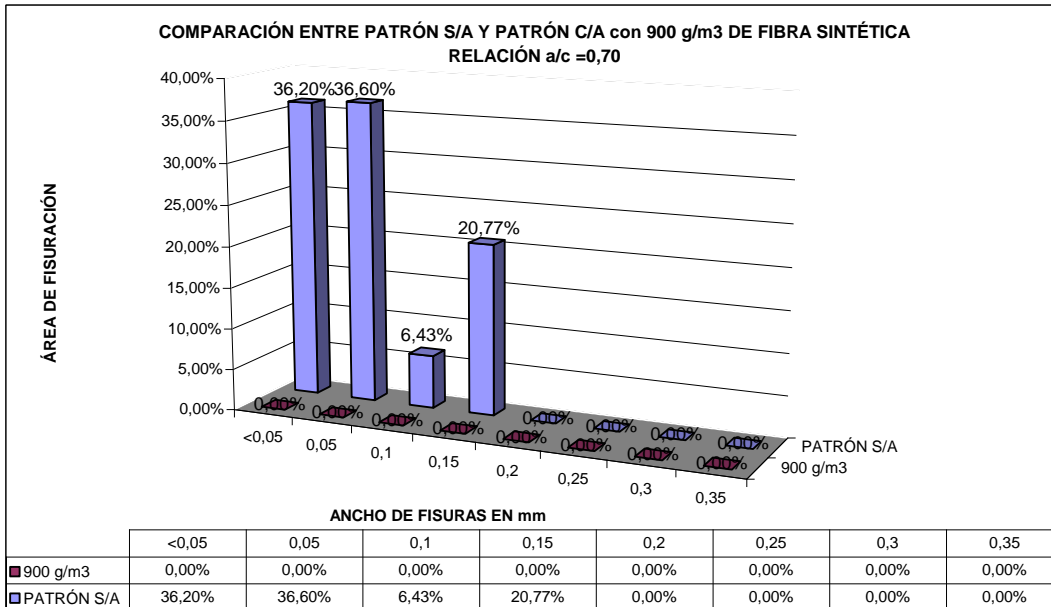
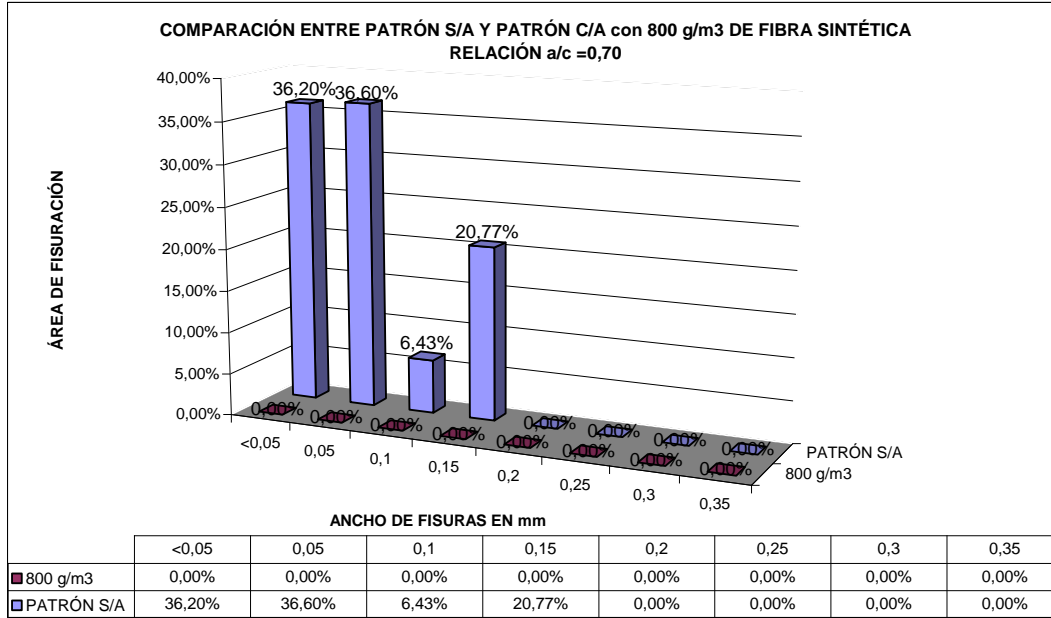
ANCHO DE FISURA	PATRÓN SIN ADITIVO	PATRÓN CON ADITIVO	600 g/m ³	700 g/m ³	800 g/m ³	900 g/m ³
<0,05	36,20%	3,15%	1,56%	6,84%	0,00%	0,00%
0,05	36,60%	3,91%	12,02%	0,00%	0,00%	0,00%
0,1	6,43%	14,59%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0,15	20,77%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0,2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0,25	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0,3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0,35	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AREA TOTAL	100,00%	21,65%	13,58%	6,84%	0,00%	0,00%



GRÁFICOS ÁREAS DE FISURACIÓN EN % PARA RELACIONES a/c = 0,70



GRÁFICOS ÁREAS DE FISURACIÓN EN % PARA RELACIONES a/c = 0,70



CAPÍTULO V.

CONCRETO ENDURECIDO

5.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

5.1.1 Elasticidad

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

El concreto es un material elástico, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga versus deformación en compresión, sin embargo, convencionalmente se acostumbra a definir un "Módulo de Elasticidad Estático" del concreto mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama

Los módulos de elasticidad normales oscilan entre 250,000 a 350,000 kg/cm² y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto y por ende la relación agua/cemento. Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de elasticidad mayores y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres.

5.1.2 Resistencia

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación agua/cemento en peso. La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a un elemento adicional constituido por la calidad de agregados, que complementan la estructura del concreto. Un factor indirecto pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegan a desarrollar

completamente las características resistentes del concreto. Los concretos normales usualmente tienen resistencias en compresión del orden de 100 a 400 kg/cm², habiéndose logrado optimizaciones de diseños sin aditivos que han permitido obtener resistencias del orden de 700 kg/cm². Tecnologías con empleo de los llamados polímeros, constituidos por aglomerantes sintéticos que se añaden a la mezcla, permiten obtener resistencias en compresión superiores a los 1,500 kg /cm²

5.1.3 Extensibilidad

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

Depende de la elasticidad y del denominado flujo plástico, constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo.

El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperable, estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes.

5.2 ENSAYO DE CONCRETO ENDURECIDO

5.2.1 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron de acuerdo a la

Norma ASTM C 39 que describe la forma de obtener la resistencia a la compresión de cilindros de prueba de concreto de 6" de diámetro por 12" de alto en moldes estándar de material metálico.

El vaciado se hizo en 3 capas, cada una de las cuales fue compactada con una varilla de 5/8" de diámetro mediante 25 golpes distribuidos uniformemente en el área de la

sección transversal del recipiente, en la tercera capa se enrasa hasta que este completamente lleno el recipiente.

Al día siguiente del vaciado se desmoldaron los cilindros de prueba a temperatura y humedad del ambiente, luego se llevaron a la cámara de curado, hasta el día de las pruebas respectivas.

El curado de los cilindros de prueba se lograba, sumergiéndolos en el agua con cal hidráulica contenida en los depósitos, con el objeto de que la reacción química del cemento y el agua, así como los demás componentes del concreto, continuara y de esta forma el concreto fuera ganando resistencia hasta el día del ensayo.

La resistencia a la compresión de testigos de concreto esta referida a la relación de la carga máxima aplicada por unidad de área del espécimen antes de la falla, la cual se produce por la zona mas débil generando internamente cohesión y fricción.

La resistencia a la compresión de la probeta se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{4G}{\pi d^2}$$

Donde:

R_c : Resistencia de rotura a la compresión, en kg/cm².

G : Carga máxima de rotura, en kg.

d : Diámetro de la probeta cilíndrica, en cm.

Información Importante acerca del ensayo

Para este ensayo se prepararon probetas para ser ensayadas a los 7, 14 y 28 días, tres probetas para cada edad. Para cada uno de los 15 diseños de mezcla se obtuvieron un total de 9 probetas.

Al ser los materiales con que se realizaron esta tesis, los mismos materiales usados por el Ing. Roy Montufar en su Proyecto de tesis “Utilización de Fibras Sintéticas y Fibras Orgánicas como Inhibidor de Fisuras Causadas por Contracción Plástica”, con permiso del autor de ese proyecto, se tomaron los datos de compresión de sus patrones para relaciones agua/cemento de 0,60; 0,65; 0,70 con el propósito de compararlas con los resultados obtenidos con el aditivo tipo D usado en esta tesis, y ver el incremento al cual ha llegado los resultados obtenidos.



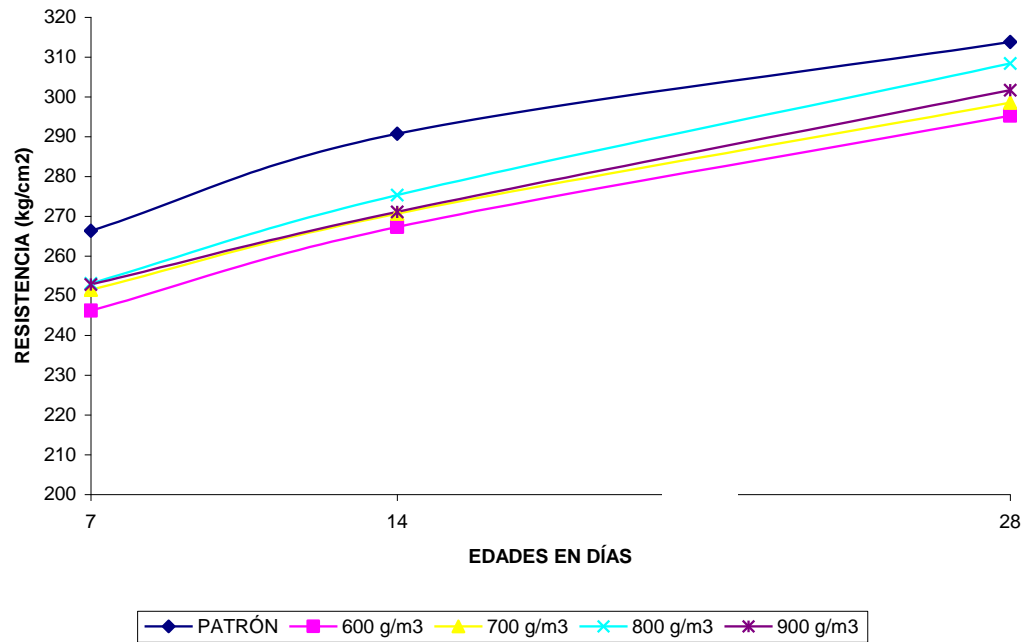
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
NORMA ASTM C 39

		INCR. CON REF. AL CONCRETO SIN ADITIVO			INCREMENTOS CON REFERENCIA AL CONCRETO CON ADITIVO							
RELAC. A/C = 0,60	EDAD días	PATRÓN S/A (kg/cm ²)	PATRÓN C/A (kg/cm ²)	INCR. %	FIBRA 600 (g/m ³)		FIBRA 700 (g/m ³)		FIBRA 800 (g/m ³)		FIBRA 900 (g/m ³)	
					RESISTENCIA (kg/cm ²)	INCR. (%)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	INCR. (%)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	INCR. (%)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	INCR. (%)
	7	200,0	266,3	133,2	246,2	92,5	251,5	94,4	253,1	95,0	252,8	94,9
	14	244,0	290,7	119,1	267,3	92,0	270,6	93,1	275,3	94,7	271,0	93,2
	28	290,0	313,8	108,2	295,3	94,1	298,5	95,1	308,4	98,3	301,7	96,2
RELAC. A/C = 0,65	EDAD días	PATRÓN (kg/cm ²)	PATRÓN (kg/cm ²)	INCR. %	FIBRA 600 (g/m ³)		FIBRA 700 (g/m ³)		FIBRA 800 (g/m ³)		FIBRA 900 (g/m ³)	
					RESISTENCIA (kg/cm ²)	INCR. (%)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	INCR. (%)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	INCR. (%)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	INCR. (%)
	7	158,0	241,8	153,0	235,8	97,5	230,7	95,4	228,2	94,4	232,9	96,3
	14	210,0	275,4	131,1	263,9	95,8	262,3	95,2	250,6	91,0	252,5	91,7
	28	254,0	295,9	116,5	289,5	97,8	285,8	96,6	278,3	94,1	275,8	93,2
RELAC. A/C = 0,70	EDAD días	PATRÓN (kg/cm ²)	PATRÓN (kg/cm ²)	INCR. %	FIBRA 600 (g/m ³)		FIBRA 700 (g/m ³)		FIBRA 800 (g/m ³)		FIBRA 900 (g/m ³)	
					RESISTENCIA (kg/cm ²)	INCR. (%)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	INCR. (%)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	INCR. (%)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	INCR. (%)
	7	142,0	225,0	158,5	199,4	88,6	211,3	93,9	218,7	97,2	217,7	96,8
	14	179,0	261,3	146,0	223,5	85,5	245,1	93,8	239,8	91,8	243,6	93,2
	28	210,0	282,9	134,7	248,4	87,8	267,7	94,6	264,1	93,4	273,6	96,7



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
CONCRETO A/C = 0,60 CON ADITIVO TIPO D Y FIBRA EN GRAMOS POR METRO CÚBICO DE CONCRETO



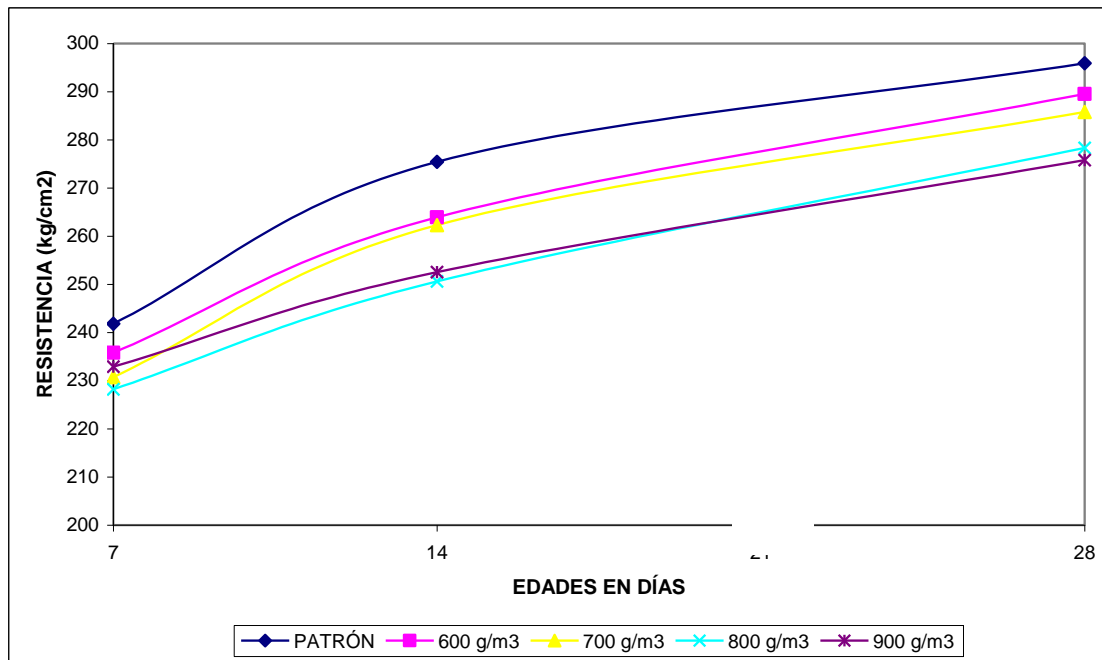
CUADRO DE RESULTADOS DE COMPRESIÓN
A/C = 0,60

COMPRESIÓN kg/cm ²	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
PATRÓN	200,0	244,0	290,0
F.S. 600 g/m ³	246,2	267,3	295,3
F.S. 700 g/m ³	251,5	270,6	298,5
F.S. 800 g/m ³	253,1	275,3	308,4
F.S. 900 g/m ³	252,8	271,0	301,7



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
CONCRETO A/C = 0,65 CON ADITIVO TIPO D Y FIBRA EN GRAMOS POR METRO CÚBICO DE CONCRETO



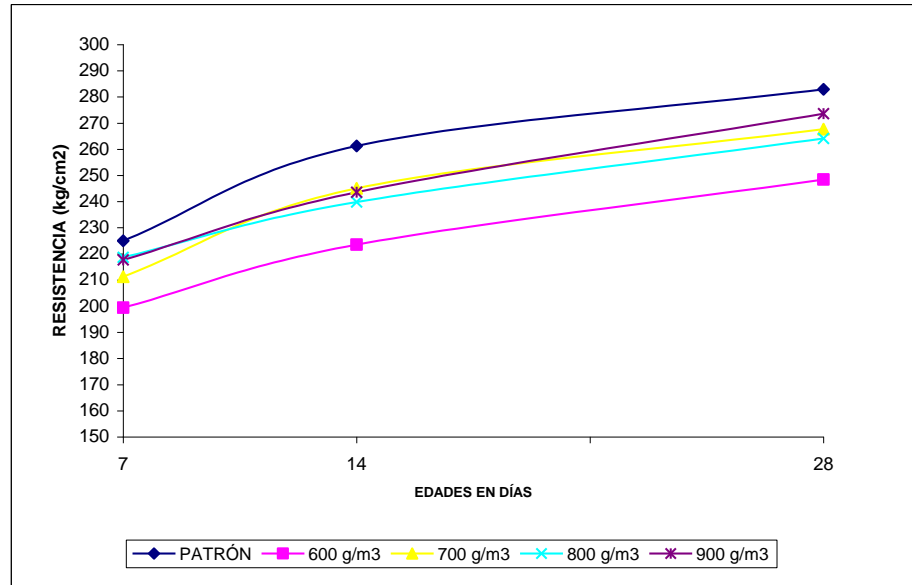
CUADRO DE RESULTADOS DE COMPRESIÓN
A/C = 0,65

COMPRESIÓN kg/cm ²	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
PATRÓN	158,0	210,0	254,0
F.S. 600 g/m ³	235,8	263,9	289,5
F.S. 700 g/m ³	230,7	262,3	285,8
F.S. 800 g/m ³	228,2	250,6	278,3
F.S. 900 g/m ³	232,9	252,5	275,8



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
CONCRETO A/C = 0,70 CON ADITIVO TIPO D Y FIBRA EN GRAMOS POR METRO CÚBICO DE CONCRETO



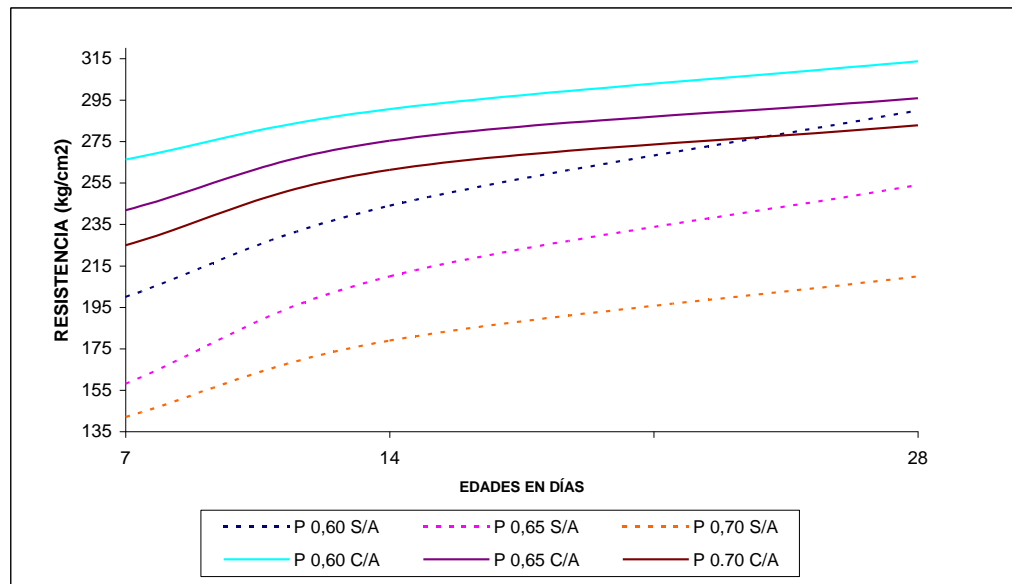
CUADRO DE RESULTADOS DE COMPRESIÓN
A/C = 0,70

COMPRESIÓN kg/cm ²	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
PATRÓN	142,0	179,0	210,0
F.S. 600 g/m ³	199,4	223,5	248,4
F.S. 700 g/m ³	211,3	245,1	267,7
F.S. 800 g/m ³	218,7	239,8	264,1
F.S. 900 g/m ³	217,7	243,6	273,6



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ENTRE UN CONCRETO SIN ADITIVO Y UN CONCRETO CON ADITIVO



CUADRO DE RESULTADOS DE COMPRESIÓN

COMPRESIÓN kg/cm2	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
P. 0,60 S/A	200	244	290
P. 0,65 S/A	158	210	254
P. 0,70 S/A	142	179	210
P. 0,60 C/A	266	291	314
P. 0,65 C/A	242	275	296
P. 0,70 C/A	225	261	283

5.2.2 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL

Este ensayo se efectúa sobre probetas estándar, determinando indirectamente la resistencia a la tracción del concreto por medio de la compresión al testigo a lo largo de su dimensión mayor.

La resistencia a la tracción por compresión diametral de la probeta se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$R_t = \frac{2P}{\pi L d}$$

Donde:

R_t : Esfuerzo de tracción indirecta.

P : Carga máxima indicada por la maquina de ensayo, en kg.

L : Longitud de la probeta, en cm.

d : Diámetro de la probeta, en cm.



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

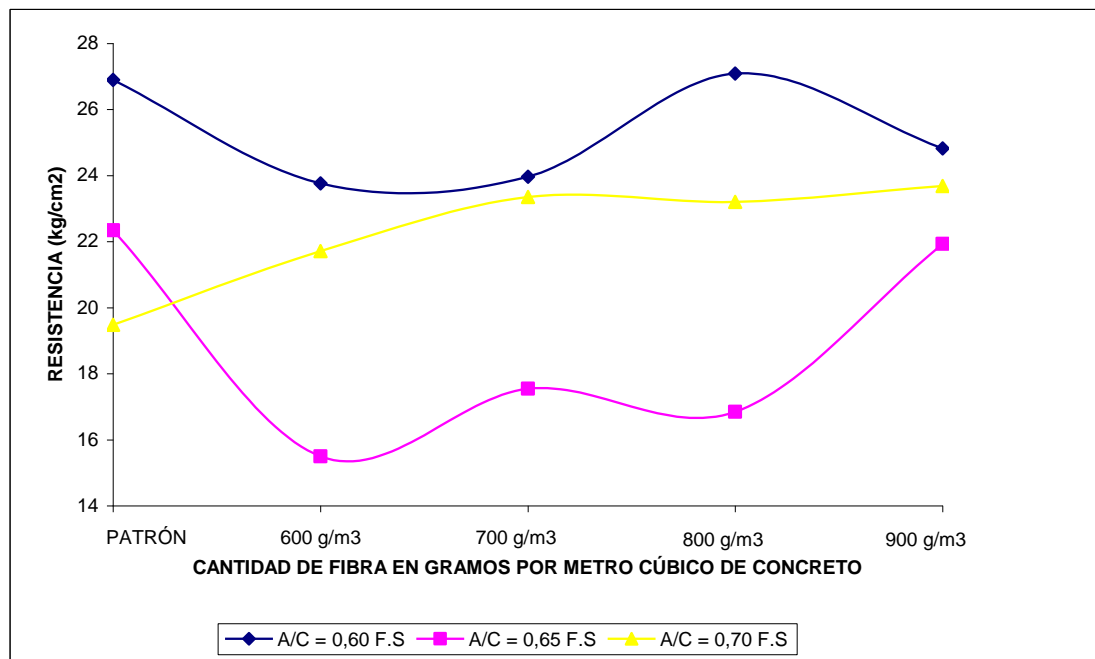
**CUADRO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
NORMA ASTM C 496 EDAD 28 DÍAS**

RELAC . A/C	PATRÓN (kg/cm ²)	FIBRA 600 (g/m ³)		FIBRA 700 (g/m ³)		FIBRA 800 (g/m ³)		FIBRA 900 (g/m ³)	
		TRACCIÓN (kg/cm ²)	INCREMENTO (%)	TRACCIÓN (kg/cm ²)	INCREMENTO (%)	TRACCIÓN (kg/cm ²)	INCREMENTO (%)	TRACCIÓN (kg/cm ²)	INCREMENTO (%)
0,60	26,90	23,77	88	23,96	89	27,09	101	24,82	92
0,65	22,35	15,50	69	17,55	79	16,85	75	21,93	98
0,70	19,48	21,72	111	23,35	120	23,20	119	23,69	122



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

GRÁFICO TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL VS DOSIFICACIÓN DE FIBRA SINTÉTICA
NORMA ASTM C 496 EDAD 28 DÍAS



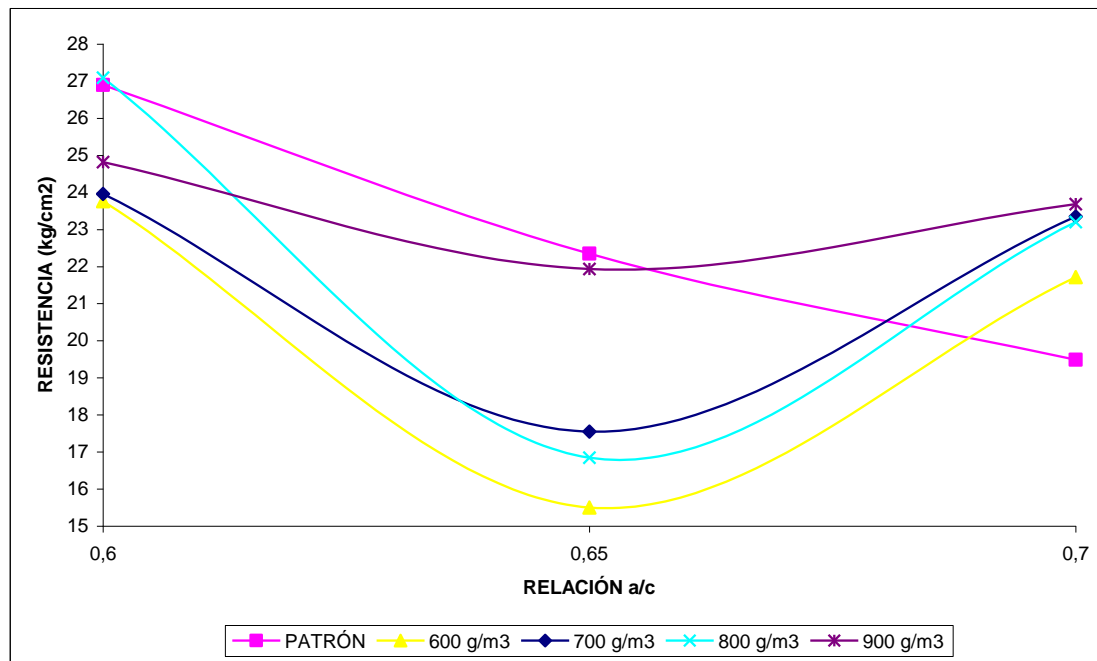
CUADRO DE RESULTADOS

TRACCIÓN (kg/cm²)	0,6	0,65	0,7
PATRÓN	26,90	22,35	19,48
F.S. 600 g/m³	23,77	15,50	21,72
F.S. 700 g/m³	23,96	17,55	23,35
F.S. 800 g/m³	27,09	16,85	23,20
F.S. 900 g/m³	24,82	21,93	23,69



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

GRÁFICO TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL VS RELACIÓN A/C
NORMA ASTM C 496 EDAD 28 DÍAS



CUADRO DE RESULTADOS

TRACCIÓN (kg/cm ²)	0,6	0,65	0,7
PATRÓN	26,90	22,35	19,48
F.S. 600 g/m ³	23,77	15,50	21,72
F.S. 700 g/m ³	23,96	17,55	23,35
F.S. 800 g/m ³	27,09	16,85	23,20
F.S. 900 g/m ³	24,82	21,93	23,69

5.2.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

La resistencia a la flexión del concreto se efectúa sobre vigas simplemente apoyadas, moldeadas con concreto o de probetas cortadas extraídas de concreto endurecido y ensayadas con cargas a los tercios de la luz.

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga a los tercios de la luz en una probeta de ensayo en forma de vigueta, hasta que la falla ocurra. El módulo de rotura, se calculará, según que la grieta se localice dentro del tercio medio o a una distancia de éste, no mayor del 5% de la luz libre.

El ensayo para determinar la resistencia a la flexión en vigas, esta especificado en la NTP 339.078 y ASTM C78.

Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

Donde:

M_r : Módulo de rotura en (kg/cm²)

P : Carga máxima aplicada registrada por la maquina de ensayo, en kg.

L : Luz efectiva de la viga, en cm.

b : Ancho promedio de la viga, en cm.

h : Altura promedio de la viga, en cm.

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de éste no mayor del 5% de la luz libre, el módulo de rotura se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = \frac{3Pa}{bh^2}$$

Donde:

a : Es la distancia entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga, en cm.

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de éste mayor del 5% de la luz libre, se rechaza el ensayo.

La edad de rotura de las vigas fue a los 28 días. Se ensayaron vigas para el concreto patrón y concretos con 600 g/m³, 700 g/m³, 800 g/m³ y 900 g/m³ de fibra Fibermesh , para las relaciones a/c = 0,60; 0,65 y 0.70.



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

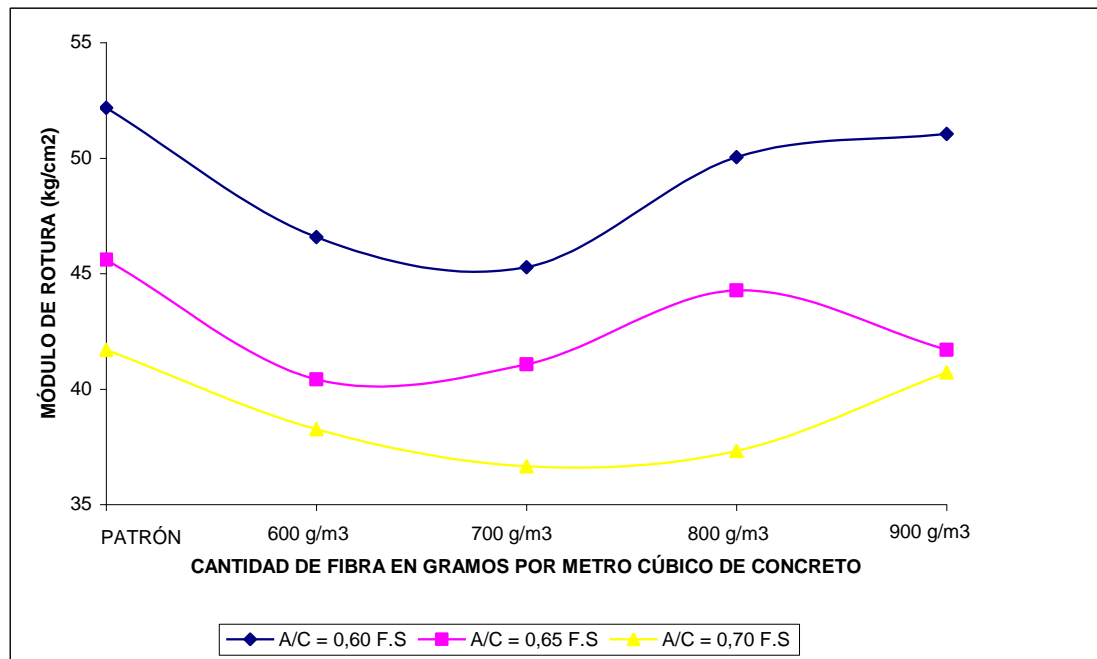
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
CUADRO COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ROTURA DEL CONCRETO
NORMA ASTM C78-02

RELAC . A/C	PATRÓN (kg/cm ²)	FIBRA 600 (g/m ³)		FIBRA 700 (g/m ³)		FIBRA 800 (g/m ³)		FIBRA 900 (g/m ³)	
		MÓDULO DE ROTURA (kg/cm ²)	INCREMENTO (%)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm ²)	INCREMENTO (%)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm ²)	INCREMENTO (%)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm ²)	INCREMENTO (%)
0,60	52,18	46,58	89	45,28	87	50,05	96	51,05	98
0,65	45,60	40,43	89	41,08	90	44,28	97	41,70	91
0,70	41,70	38,26	92	36,65	88	37,33	90	40,73	98



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

GRÁFICO MÓDULO DE ROTURA VS DOSIFICACIÓN DE FIBRA SINTÉTICA
NORMA ASTM C 78-02



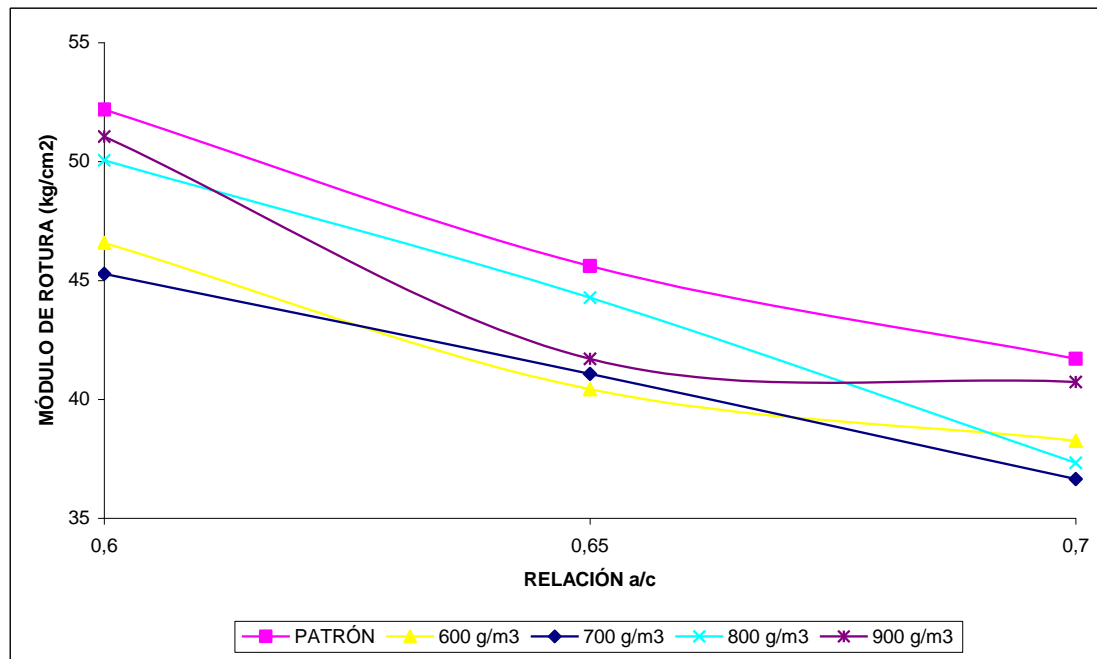
CUADRO DE RESULTADOS MÓDULO DE ROTURA
(kg/cm²)

MÓDULO DE ROTURA	0,6	0,65	0,7
PATRÓN	52,18	45,60	41,70
F.S. 600 g/m ³	46,58	40,43	38,26
F.S. 700 g/m ³	45,28	41,08	36,65
F.S. 800 g/m ³	50,05	44,28	37,33
F.S. 900 g/m ³	51,05	41,70	40,73



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

GRÁFICO MÓDULO DE ROTURA VS RELACIÓN A/C
NORMA ASTM C 78-02



CUADRO DE RESULTADOS MÓDULO DE ROTURA
(kg/cm²)

MÓDULO DE ROTURA	0,6	0,65	0,7
PATRÓN	52,18	45,60	41,70
F.S. 600 g/m ³	46,58	40,43	38,26
F.S. 700 g/m ³	45,28	41,08	36,65
F.S. 800 g/m ³	50,05	44,28	37,33
F.S. 900 g/m ³	51,05	41,70	40,73

5.2.4 ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD

Este ensayo sirve para determinar el Módulo de Elasticidad de especímenes de concreto endurecido en compresión

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

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

Los módulos de Elasticidad normales oscilan entre 250,000 a 350,000 kg/cm². y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto y por ende la relación agua/cemento. Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de elasticidad mayores y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres.

Equipos y Materiales

- a. **Máquina de Compresión.** Utilizada para realizar el ensayo de resistencia a la compresión
- b. **Compresómetro.** Utilizado para medir el Módulo de Elasticidad, Consta de dos de anillos, uno de los cuales está rígidamente sujeto al espécimen (B) y otro sujeto por dos puntos diametralmente opuestos, libre de rotación (C) En la circunferencia del anillo de rotación, en la mitad entre los dos puntos de soporte, hay una varilla pivote (A), que será usada para mantener la distancia constante entre los dos anillos.
La deformación es medida por un dispositivo usado directamente.
- c. **Especímenes de Ensayo.** Deberán estar sujetos a las condiciones de curado especificadas y ensayados a la edad para la cual la información de elasticidad es deseada.
Los especímenes deberán ser ensayados dentro de 1 hora después que se retiran de los tanques de curado.

Ejecución del Método.

- a. Medición. Medir dos diámetros perpendiculares entre si en la zona central de la probeta con una aproximación de 0.25 mm. Calcular el diámetro de la probeta promediando los dos diámetros medidos. Medir la longitud del espécimen moldeado incluyendo capas de refrentado con una aproximación de 2.5 mm.
- b. Mantenga constante, como sea posible, la temperatura y humedad durante la prueba, registre las fluctuaciones inusuales.
- c. Use un espécimen hermano para determinar su resistencia a la compresión, previamente al ensayo del Modulo de elasticidad, con lo cual se registrará su carga última a compresión.
- d. Coloque el espécimen con et equipo medidor de deformación ajustado, sobre el bloque inferior de la máquina de ensayo y cuidadosamente alinear los ejes del espécimen con el centro del bloque superior. Antes de aplicar alguna carga, retire las barras sujetadoras de los yugos. Anote las lecturas de los indicadores de deformación
- e. Cargar el espécimen por lo menos 2 veces. No registrar ningún dato durante la primera carga. Durante la primera carga que es principalmente para la fijación de los calibradores, observar el desempeño de los calibradores y corregir algún comportamiento irregular previamente a la segunda carga.
- f. Después de haber hecho las pruebas de fijación (sin registro) recién realizar el ensayo y obtener dos conjuntos de lecturas como sigue: Aplique la carga continuamente y sin choque, a una velocidad constante en un rango de $0,241 \pm 0,034$ Mpa/seg. ($2,45 \pm 0,35$ kg/cm²). Registre sin interrupción las lecturas de cargas aplicadas y la deformación longitudinal en el punto (1) cuando esfuerzo longitudinal es de 50 millonésimas y (2) cuando la carga aplicada es igual al 40% de la rotura. La deformación longitudinal se define como la deformación total dividida entre la longitud efectiva del calibrador.
- g. El Módulo de elasticidad y la resistencia pueden ser obtenidas de la misma carga previendo que los dispositivos de medición sean expandibles, removibles o adecuadamente protegidos. En este caso registrar varias lecturas y determinar el valor de deformación al 40% de la carga última por interpolación.
- h. Sí se tornan lecturas intermedias, dibujar los resultados de cada tres ensayos con la deformación longitudinal como abcisa y la resistencia a la compresión como ordenada

Cálculo.

- a. Se calcula el módulo de elasticidad con una aproximación de 50 000 psi. (344.74 MPa.) de la siguiente manera.

$$E = \frac{(S2 - S1)}{(e2 - 0.000050)}$$

Donde

E = Módulo de elasticidad en kg/cm².

S2 = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última kg/cm²

S1 = Esfuerzo correspondiente a una deformación longitudinal e1
de 0.000050mm/mm.

e2 = Deformación longitudinal producida por el esfuerzo S2



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

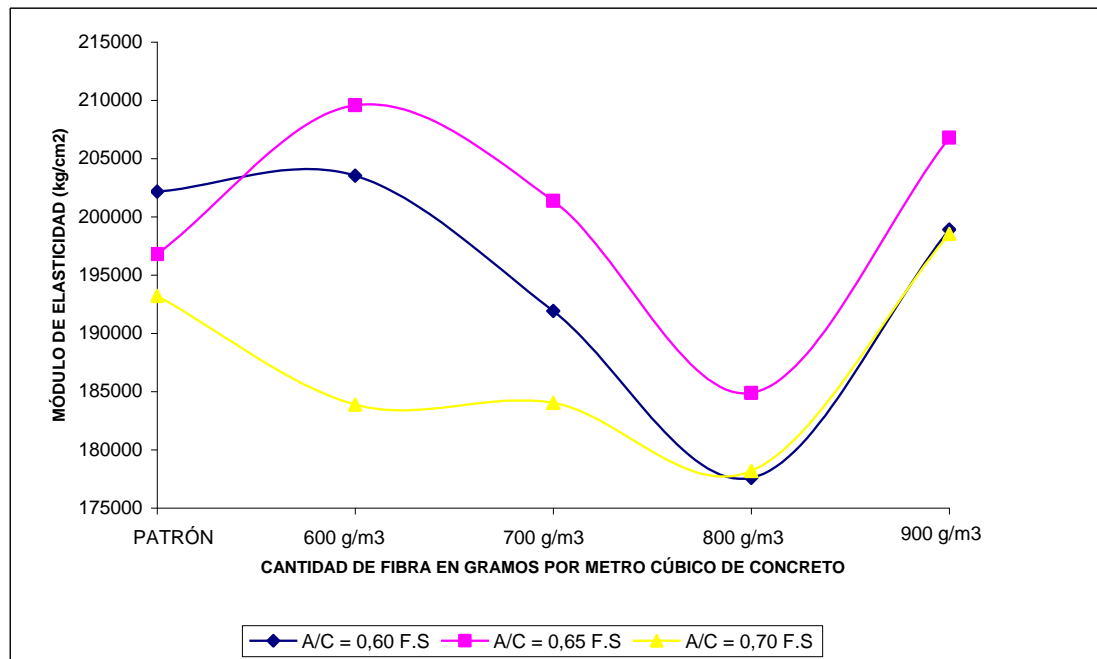
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
CUADRO COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO
NORMA ASTM C 469-02

RELAC . A/C	PATRÓN (kg/cm ²)	FIBRA 600 (g/m ³)		FIBRA 700 (g/m ³)		FIBRA 800 (g/m ³)		FIBRA 900 (g/m ³)	
		MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²)	INCREMENTO (%)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²)	INCREMENTO (%)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²)	INCREMENTO (%)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²)	INCREMENTO (%)
0,60	202154	203528	101	191915	95	177575	88	198904	98
0,65	196792	209577	106	201364	102	184887	94	206791	105
0,70	193199	183871	95	184027	95	178183	92	198543	103



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

GRÁFICO MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO VS DOSIFICACIÓN DE FIBRA SINTÉTICA
NORMA ASTM C 469-02



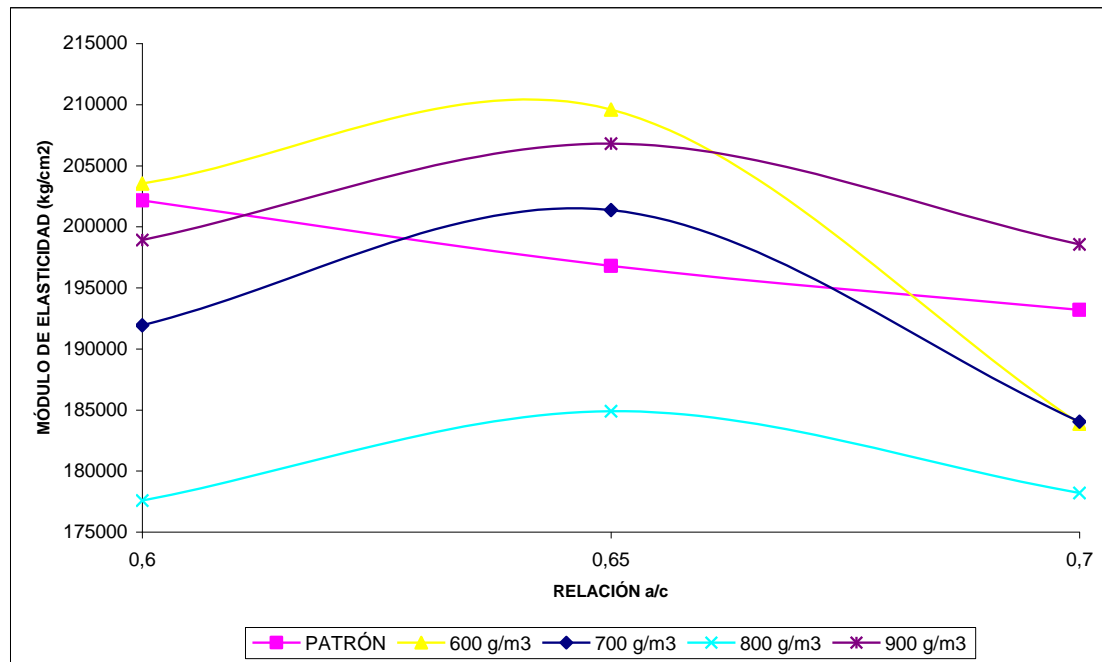
CUADRO DE RESULTADOS DE MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm²)

MÓDULO DE ELASTICIDAD	0,6	0,65	0,7
PATRÓN	202154	196792	193199
F.S. 600 g/m ³	203528	209577	183871
F.S. 700 g/m ³	191915	201364	184027
F.S. 800 g/m ³	177575	184887	178183
F.S. 900 g/m ³	198904	206791	198543



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

GRÁFICO MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO VS RELACIÓN A/C
NORMA ASTM C 469-02



CUADRO DE RESULTADOS MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm²)

MÓDULO DE ELASTICIDAD	0,6	0,65	0,7
PATRÓN	202154	196792	193199
F.S. 600 g/m ³	203528	209577	183871
F.S. 700 g/m ³	191915	201364	184027
F.S. 800 g/m ³	177575	184887	178183
F.S. 900 g/m ³	198904	206791	198543

CAPÍTULO VI.

ANÁLISIS DE COSTOS

En este capítulo analizaremos los costos de los diseños de mezcla más importantes como es el caso del los concretos patrones con aditivos y los diseños de mezcla que contrarrestaron efectivamente las fisuraciones.

6.1 ANÁLISIS DE COSTOS

a. Fibra Sintética

La fibra Sintéticas (Fibermesh) es vendida al mercado a \$ 5.50 sin IGV la caja de 900 gr de fibra, la empresa BASF The Chemical Company nos donó la fibra sintética, las características de esta fibra se encuentra en el capítulo II

b. Aditivo Poliheed 770R

Este aditivo tipo D se encuentra en el mercado al precio de \$0.80 el litro sin IGV. También fue donado por la empresa BASF The Chemical Company.

6.2 OPTIMIZACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MEDIANTE LA LEY DE POWERS

Al ser la resistencia del concreto patrón con aditivo de cada relación agua – cemento mayores a los del concreto patrón sin aditivo, para una mejor visualización de los resultados en los costos utilizaremos la Ley de Powers para optimizar y ver con que relación agua – cemento podemos diseñar para cada patrón con aditivo para que nos de una resistencia equivalente a la del concreto patrón sin aditivo.

Con esto podremos ver hasta cuanto podemos llegar en ahorro con este aditivo.



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Ley de Powers para optimización de relación a/c 0,60

$$R = 2380 \times X^3$$

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

R = Resistencia a la compresión (kg/cm²)

X = Relación Gel/Espacio

α = Grado de hidratación

a/c = Relación agua - cemento

Hallando el grado de hidratación :

R =	313,8
X =	0,5090
a/c =	0,6000
α =	63,01%

Hallando la relación a/c equivalente:

R =	290
X =	0,4958
α =	63,01%
a/c =	0,62



FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Ley de Powers para optimización de relación a/c 0,65

$$R = 2380 \times X^3$$

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

R = Resistencia a la compresión (kg/cm²)

X = Relación Gel/Espacio

α = Grado de hidratación

a/c = Relación agua - cemento

Hallando el grado de hidratación :

R =	295,9
X =	0,4991
a/c =	0,6500
α =	66,51%

Hallando la relación a/c equivalente:

R =	254
X =	0,4743
α =	66,51%
a/c =	0,70



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Ley de Powers para optimización de relación a/c 0,70

$$R = 2380 \times X^3$$

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

R = Resistencia a la compresión (kg/cm²)

X = Relación Gel/Espacio

α = Grado de hidratación

a/c = Relación agua - cemento

Hallando el grado de hidratación :

R =	282,9
X =	0,4917
a/c =	0,7000
α =	70,22%

Hallando la relación a/c equivalente:

R =	210
X =	0,4452
α =	70,22%
a/c =	0,80



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**Diseño de Mezclas por la
Combinación del Agregado Global (Diseño Patrón)**

Descripción	Ag. Fino	Ag. Grueso	
	Arena	Piedra 67	Piedra 5
Peso Específico de Masa (kg/m ³)	2 640	2 680	2 770
% de Participación de los Agregados	50%	70%	30%
% de Participación del Agregado Global	50%	50%	
Contenido de Humedad	2,29%	0,63%	0,14%
Porcentaje de Absorción	1,40%	0,99%	0,59%
Peso Específico del Cemento Tipo I	3,11		
Rango de asentamiento	3" - 5"		
T.M.N.	1"		
Agua de Diseño Inicial (L)	207,7	207,4	207,1
Aire atrapado	2,5	%	
Aditivo Poliheed 770R (Tipo D)	4	cc/kg de cemento	
Aditivo Poliheed 770R (Tipo D)	0,33	% del cemento	
Peso Específico de la Fibra	0,9		
Cantidad de Fibra	0	kg por m ³ de concreto	

Pesos Secos

Relación a/c	0,62	0,70	0,80
Cemento	315	279	243
Agua de diseño	195,2	195,0	194,7
Agregado fino	893,97	909,98	925,46
Agregado Grueso (P67)	635,26	646,64	657,64
Agregado Grueso (P5)	281,40	286,44	291,31

Pesos en Obra por Metro Cúbico

Relación a/c	0,62	0,70	0,80
Cemento (kg)	315	279	243
Agua Efectiva (L)	190,83	190,47	190,12
Agregado fino (kg)	914,44	930,82	946,65
Agregado Grueso (P67) (kg)	639,26	650,71	661,78
Agregado Grueso (P5) (kg)	281,79	286,84	291,72
Fibra Fibemesh (g)	0	0	0
Poliheed 770R (ml)	1 260	1 114	973



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

COSTO POR UNIDAD CÚBICA DE CONCRETO EN SOLES (sin IGV)

DISEÑO	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Concreto Rel a/c= 0,60 S/A	Cemento	bl	8,31	14,6	121,27	S/. 152,88	290,00
	Agua Efectiva	m3	0,21	0	0,00		
	Agregado fino	m3	0,53	22,69	11,95		
	Agregado Grueso (P67)	m3	0,40	31,93	12,93		
	Agregado Grueso (P5)	m3	0,19	36,13	6,73		
	Fibra Fibemesh	g	0,00	0,020	0,00		
	Polliheed 770R	L	0,00	2,56	0,00		

DISEÑO	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Concreto Rel a/c= 0,60 C/A	Cemento	bl	7,66	14,6	111,78	S/. 148,05	313,80
	Agua Efectiva	m3	0,19	0	0,00		
	Agregado fino	m3	0,54	22,69	12,32		
	Agregado Grueso (P67)	m3	0,42	31,93	13,48		
	Agregado Grueso (P5)	m3	0,20	36,13	7,14		
	Fibra Fibemesh	g	0,00	0,020	0,00		
	Polliheed 770R	L	1,30	2,56	3,33		

DISEÑO	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Concreto Rel a/c= 0,62 C/A	Cemento	bl	7,41	14,6	108,18	S/. 144,50	290,00*
	Agua Efectiva	m3	0,19	0	0,00		
	Agregado fino	m3	0,55	22,69	12,38		
	Agregado Grueso (P67)	m3	0,42	31,93	13,54		
	Agregado Grueso (P5)	m3	0,20	36,13	7,17		
	Fibra Fibemesh	g	0,00	0,020	0,00		
	Polliheed 770R	L	1,26	2,56	3,22		

* valor de resistencia a la compresión referencial, por aplicación de la Ley de Powers.



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

COSTO POR UNIDAD CÚBICA DE CONCRETO EN SOLES (sin IGV)

DISEÑO	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Concreto Rel a/c= 0,65 S/A	Cemento	bl	7,67	14,6	111,99	S/. 144,79	254,00
	Agua Efectiva	m3	0,18	0	0,00		
	Agregado fino	m3	0,56	22,69	12,71		
	Agregado Grueso (P67)	m3	0,41	31,93	13,16		
	Agregado Grueso (P5)	m3	0,19	36,13	6,93		
	Fibra Fibemesh	g	0,00	0,020	0,00		
	Polliheed 770R	L	0,00	2,56	0,00		

DISEÑO	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Concreto Rel a/c= 0,65 C/A	Cemento	bl	7,06	14,6	103,04	S/. 139,46	295,90
	Agua Efectiva	m3	0,19	0	0,00		
	Agregado fino	m3	0,55	22,69	12,47		
	Agregado Grueso (P67)	m3	0,43	31,93	13,65		
	Agregado Grueso (P5)	m3	0,20	36,13	7,23		
	Fibra Fibemesh	g	0,00	0,020	0,00		
	Polliheed 770R	L	1,20	2,56	3,07		

DISEÑO	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Concreto Rel a/c= 0,70 C/A	Cemento	bl	6,55	14,6	95,68	S/. 132,22	254,00*
	Agua Efectiva	m3	0,19	0	0,00		
	Agregado fino	m3	0,56	22,69	12,60		
	Agregado Grueso (P67)	m3	0,43	31,93	13,79		
	Agregado Grueso (P5)	m3	0,20	36,13	7,30		
	Fibra Fibemesh	g	0,00	0,020	0,00		
	Polliheed 770R	L	1,11	2,56	2,85		

* valor de resistencia a la compresión referencial, por aplicación de la Ley de Powers.



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

COSTO POR UNIDAD CÚBICA DE CONCRETO EN SOLES (sin IGV)

DISEÑO	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Concreto Rel a/c= 0,70 S/A	Cemento	bl	7,06	14,6	103,06	S/. 136,15	210,00
	Agua Efectiva	m3	0,19	0	0,00		
	Agregado fino	m3	0,57	22,69	12,82		
	Agregado Grueso (P67)	m3	0,42	31,93	13,35		
	Agregado Grueso (P5)	m3	0,19	36,13	6,93		
	Fibra Fibemesh	g	0,00	0,020	0,00		
	Polliheed 770R	L	0,00	2,56	0,00		

DISEÑO	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Concreto Rel a/c= 0,70 C/A	Cemento	bl	6,54	14,6	95,54	S/. 132,10	282,90
	Agua Efectiva	m3	0,19	0	0,00		
	Agregado fino	m3	0,56	22,69	12,61		
	Agregado Grueso (P67)	m3	0,43	31,93	13,80		
	Agregado Grueso (P5)	m3	0,20	36,13	7,31		
	Fibra Fibemesh	g	0,00	0,020	0,00		
	Polliheed 770R	L	1,11	2,56	2,85		

DISEÑO	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Concreto Rel a/c= 0,80 C/A	Cemento	bl	5,73	14,6	83,60	S/. 120,35	210,00*
	Agua Efectiva	m3	0,19	0	0,00		
	Agregado fino	m3	0,56	22,69	12,82		
	Agregado Grueso (P67)	m3	0,44	31,93	14,02		
	Agregado Grueso (P5)	m3	0,21	36,13	7,43		
	Fibra Fibemesh	g	0,00	0,020	0,00		
	Polliheed 770R	L	0,97	2,56	2,49		

* valor de resistencia a la compresión referencial, por aplicación de la Ley de Powers.



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

COSTO POR UNIDAD CÚBICA DE CONCRETO EN SOLES (sin IGV)

DISEÑO	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Concreto Rel a/c= 0,60 C/A + FS	Cemento	bl	7,66	14,6	111,78	S/. 165,60	301,70
	Agua Efectiva	m3	0,19	0	0,00		
	Agregado fino	m3	0,54	22,69	12,30		
	Agregado Grueso (P67)	m3	0,42	31,93	13,46		
	Agregado Grueso (P5)	m3	0,20	36,13	7,13		
	Fibra Fibemesh	g	900,00	0,020	17,60		
	Polliheed 770R	L	1,30	2,56	3,33		

DISEÑO	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Concreto Rel a/c= 0,65 C/A + FS	Cemento	bl	7,06	14,6	103,04	S/. 155,06	278,30
	Agua Efectiva	m3	0,19	0	0,00		
	Agregado fino	m3	0,55	22,69	12,46		
	Agregado Grueso (P67)	m3	0,43	31,93	13,63		
	Agregado Grueso (P5)	m3	0,20	36,13	7,22		
	Fibra Fibemesh	g	800,00	0,020	15,64		
	Polliheed 770R	L	1,20	2,56	3,07		

DISEÑO	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Concreto Rel a/c= 0,70 C/A + FS	Cemento	bl	6,54	14,6	95,54	S/. 147,70	264,10
	Agua Efectiva	m3	0,19	0	0,00		
	Agregado fino	m3	0,55	22,69	12,59		
	Agregado Grueso (P67)	m3	0,43	31,93	13,78		
	Agregado Grueso (P5)	m3	0,20	36,13	7,30		
	Fibra Fibemesh	g	800,00	0,020	15,64		
	Polliheed 770R	L	1,11	2,56	2,85		

CAPÍTULO VII.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1.1 CONCRETO FRESCO

Podemos observar que existe una disminución del peso unitario al agregarle las fibras sintéticas siendo la mas baja con 600 g/m³. aunque la reducción del peso unitario a causa de que añadió estas fibras es mínima se ve que existe una ligera recuperación cuando se añade 900 g/m³ esto es por que volumen absoluto que ocupan las fibras es casi despreciable en comparación al volumen absoluto de los otros componentes a los otros componentes.

El rendimiento del concreto crece al aumentar la relación agua – cemento, así como también, este rendimiento se incrementa al aumentarle fibra sintética a la mezcla, obteniendo su valor mas alto para 600 g/m³ de fibra sintética y luego va disminuyendo hasta su valor más bajo que es cuando se le aumenta 900 g/m³ de fibra sintética a la mezcla.

El contenido de aire aumenta en tanto aumente el contenido de fibras y la relación agua – cemento. Estos valores se encuentran entre el 2,40% y 2,65% observándose que los valores de contenido de aire van aumentando al aumentar el contenido de fibra sintética.

En cuanto a la exudación podemos apreciar que los mayores valores los tienen los concretos patrones que son 6,54%; 7,53%; 7,67% para las relaciones de 0,60; 0,65; 0,70 respectivamente y los menores valores se desarrollaron cuando se le agregaron a la mezcla 900 g/m³ de fibra sintética, que van de 4,31%; 5,43%; 5,57% para las rel. agua-cemento de 0,60; 0,65; 0,70 respectivamente; esto se debe a que el comportamiento del

concreto con fibras es que a medida que se le va incluyendo mayor cantidad de fibra, estas hacen que el agua ascienda hacia la superficie por fenómeno de capilaridad con mayor grado de dificultad, disminuyendo por esta razón con mayor eficacia las fisuraciones.

Los concretos patrones registraron los mayores asentamientos, siendo de 5", 5 3/4", 5 1/2", para rel. agua – cemento de 0,60; 0,65; 0,70 respectivamente; por otro lado los menores valores se dieron cuando se le agregaron a la mezcla 900 g/m³ de fibra sintética, que van de 3" a 4" de slump. Esto nos muestra que la cantidad de fibras que se le añade a la mezcla afecta considerablemente a la trabajabilidad del concreto, por esta razón para estos ensayos, se diseño un concreto patrón con un mayor asentamiento, para así poder tener una mejor visión de cómo va disminuyendo el slump en este tipo de diseños.

El área de fisuración se llegó a reducir hasta en un 50% usando solo el aditivo tipo D con respecto al concreto patrón sin aditivo, habiendo neutralizado en su totalidad las fisuras, cuando se le agregó 800 g/m³ para las relaciones agua – cemento de 0,70 ;0,65 y 900 g/m³ para la relación 0,60. Esto se debe a que el aditivo aumenta el grado de exudación en la mezcla, y la fibra lo reduce, por lo tanto al usar estos dos productos existe un equilibrio, el cual al usar las proporciones correctamente, se convierten en una poderosa herramienta para contrarrestar estas fisuras, de manera que existe la superficie de losa se mantiene con un afloramiento constante de agua y las fibras dejan pasar el agua necesaria pero, controlando las tensiones en el concreto producidas cuando el agua retenida en el concreto ascienden, oponiendo una buena resistencia a estas tensiones.

7.1.2 CONCRETO ENDURECIDO

El concreto patrón con aditivo con respecto al concreto patrón sin aditivo presentó un incremento de resistencia a la compresión en los primeros 7 días entre el 30% al 50%, a los 14 días de edad presentó un incremento del 20% al 40% y a los 28 días tuvo un incremento alrededor del 10% al 30%; con esto podemos decir que el concreto obtuvo una resistencia relativamente alta a edad temprana, luego de esto este incremento

disminuyó hasta los valores enunciados. También podemos observar que existe una disminución de la resistencia del concreto, al añadirle la fibra sintética, teniendo como valor para la relación de 0,60 una pérdida de resistencia de hasta un 6%, para la relación de 0,65 una caída de hasta 7%, y para la relación de 0,70 una disminución de resistencia de hasta 12%, siendo todos estos valores a la edad de 28 días.

La resistencia a la tracción por compresión diametral disminuyó en cuanto aumentaba la relación agua – cemento, por otro lado aumentaba hasta en un 20 % al aumentar la fibra sintética; esto se debe a que las fibras aumentan la resistencia a la tensión.

En cuanto resistencia a la flexión se observó que a mayor contenido de fibra sintética disminuía el modulo de rotura pero se vio que recuperaba su resistencia para 800 y 900 g/m³ obteniendo una disminución de resistencia hasta de 13%, 11% y 12%, para las relaciones agua – cemento de 0,60; 0,65 y 0,70 respectivamente.

En la gráfica del módulo de elasticidad podemos observar que se incrementa ligeramente con 600 g/m³ pero luego desciende hasta los menores valores con 800g/m³, para luego volver a subir el módulo de elasticidad ligeramente un poco más que los patrones para 900g/m³.

CAPÍTULO VIII.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

Al usar el aditivo tipo D más las fibras sintéticas en el diseño encontramos que en las proporciones indicadas, estos dos en conjunto pueden llevar a contrarrestar las fisuras por contracción plástica efectivamente, ya que el aditivo ayuda a que se mantenga una película de agua en la superficie y las fibras se adhieren al concreto de tal manera que ayudan a que el agua que sale del concreto por capilaridad no produzcan tensiones que puedan causar las fisuras.

Se puede reducir las fisuras por contracción plástica de manera eficaz añadiendo 800g/m³ a las relaciones agua cemento de 0,60 y 0,65 y con 900g/m³ a la relación de 0,70.

Existe una relación directa entre el contenido de aire y la cantidad de fibra que se añade: Al aumentar la dosificación de fibra el contenido de aire aumenta.

El peso unitario disminuye ligeramente al añadirle la fibra recuperándose al aumentarle la dosificación de la fibra hasta 900 g/m³.

Al aumentar la dosificación de fibra sintética el asentamiento obtenido será menor, independientemente de la relación agua – cemento. Aquí, es donde actúa el aditivo Poliheed 770R controlando la trabajabilidad del concreto con fibras sintéticas.

Sabemos que a mayor relación agua – cemento el slump inicial será mayor, pero este según las condiciones ambientales puede perderse rápidamente. Para esto el tiempo de

trabajabilidad será mayor si usamos el aditivo tipo D en comparación si usamos agua, ya que el agua tiende a evaporarse o a perderse, caso contrario este aditivo controla exclusivamente la trabajabilidad.

Mediante la Ley de Powers se obtuvo que para relaciones agua – cemento de 0,60; 0,65; 0,70 para concretos sin aditivo, sus equivalentes en un concreto con aditivo D (con respecto a la resistencia a la compresión), son de 0,62; 0,70; 0,80. Para este proyecto se hicieron estas optimizaciones únicamente con fines de comparación de costos.

Usando una cantidad mayor de aditivo, y habiendo hecho antes los estudios necesarios, entonces podemos reducir la cantidad de cemento en el diseño.

Según los análisis de costos, es más económico realizar un concreto con aditivo que un concreto simple, obteniendo mejores resultados tanto en el estado fresco, como en su estado endurecido.

El usar la fibras sintéticas y el aditivo tipo D contrarrestan casi en su totalidad las fisuras causadas por la contracción plástica y reduce el ancho de estas a menos de 0,05mm, las cuales son imperceptibles a simple vista.

8.2 RECOMENDACIONES

Para la siguiente investigación se recomienda lo siguiente:

Ya que la cantidad de aditivo usada fue de 4cc/kg de material cementante se recomienda reducir la mayor cantidad de cemento posible para alcanzar una resistencia determinada usando una mayor cantidad de aditivo que podrían estar entre 7cc u 8cc como máximo.

Se recomienda realizar para otras investigaciones de este tipo, el ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas por medio de su resistencia a la penetración dada por la NTP 339.082.

Al usar cualquier tipo de aditivo se recomienda diluirlo en agua antes de añadirlo para que de esta manera pueda esparcirse con mayor homogeneidad en toda la mezcla.

PANEL FOTOGRÁFICO

PREPARACIÓN DE MEZCLA



Observamos el momento en el cual se están añadiendo los materiales en la mezcla

Procurar que la boca del trompo se encuentre lo mas cerca de un ángulo recto para que exista un buen mezclado



Se mezclan los agregados alrededor de 5 minutos

ENSAYO DE CONCRETO FRESCO



Enrasado del molde con una varilla para tomar el peso del concreto y proceder luego al ensayo de contenido de aire.

Ajuste de los seguros para evitar fuga de aire



Toma de lectura del ensayo



Para el ensayo de exudación el recipiente de concreto es puesto sobre una superficie plana

Se sobrepone un elemento plano, en este caso un vidrio. El vidrio sirve para que el agua no se evapore.



Extracción del agua exudada del concreto



Para la medición del slump luego de haber vaciado el concreto en el cono, se procede a levantarlo a razón de 5 segundos.

Se mide el slump con una estimación de lectura de $\frac{1}{4}$ "



Ambiente preparado para simular condiciones extremas necesarias para que el concreto se fisure.



Vaciado de las vigas que serán ensayadas a flexión

Probetas vaciado que serán ensayadas a los 7, 14 y 28 días



Curado de las probetas y vigas en la cámara de curado

ENSAYO DE CONCRETO ENDURECIDO



Ensayo de compresión en la prensa automática

Rotura de una probeta a Compresión



Ensayo a Tracción por Compresión
Diametral



La viga es ensayada a flexión en la máquina para rotura a flexión manual.

Se observa el tipo de falla, esta en el tercio central.



Ensayo Módulo de Elasticidad

BIBLIOGRAFÍA

AUTOR: Frederick S. Merrit
TÍTULO: “MANUAL DEL INGENIERO CIVIL” TOMO I
LUGAR DE PUBLICACIÓN: México
AÑO DE PUBLICACIÓN: 1999

AUTOR: Enrique Rivva López
TÍTULO: “NATURALEZA Y MATERIALES DEL CONCRETO”
LUGAR DE PUBLICACIÓN: Lima
AÑO DE PUBLICACIÓN: 2004

AUTOR: Enrique Rivva López
TÍTULO: “TECNOLOGÍA DEL CONCRETO, DISEÑO DE MEZCLA
LUGAR DE PUBLICACIÓN: Lima
AÑO DE PUBLICACIÓN: 1992

AUTOR: Enrique Pasquel Carbajal
TÍTULO: “TÓPICOS DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO, EN EL PERÚ”
LUGAR DE PUBLICACIÓN: Lima
AÑO DE PUBLICACIÓN: 1992 – 1993

AUTOR: Adam M. Neville
TÍTULO: “TECNOLOGÍA DEL CONCRETO”
LUGAR DE PUBLICACIÓN: México
AÑO DE PUBLICACIÓN: 1999

AUTOR: P. Kumar Mehta
TÍTULO: “CONCRETO ESTRUTURAS, PROPIEDADES Y MATERIALES”
LUGAR DE PUBLICACIÓN: México
AÑO DE PUBLICACIÓN: 1998

AUTOR: Montufar Nuñez, Roy

TÍTULO: “UTILIZACIÓN DE FIBRAS SINTÉTICAS Y FIBRAS ORGÁNICAS COMO INIBIDOR DE FISURAS CAUSADAS POR CONTRACCIÓN PLÁSTICA”

LUGAR DE PUBLICACIÓN: Lima

AÑO DE PUBLICACIÓN: 2006

AUTOR: Norma ASTM C 33

TÍTULO: “Standard Specification for Concrete Aggregates”

LUGAR DE PUBLICACIÓN: EEUU

AÑO DE PUBLICACIÓN: 2003

AUTOR: Norma ASTM C 231

TÍTULO: “Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method”

LUGAR DE PUBLICACIÓN: EEUU

AÑO DE PUBLICACIÓN: 2004

AUTOR: Norma ASTM C 143

TÍTULO: “Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete”

LUGAR DE PUBLICACIÓN: EEUU

AÑO DE PUBLICACIÓN: 2005

AUTOR: Norma ASTM C 138

TÍTULO: “Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete”

LUGAR DE PUBLICACIÓN: EEUU

AÑO DE PUBLICACIÓN: 2001

AUTOR: Norma ASTM C 39

TÍTULO: “Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens”

LUGAR DE PUBLICACIÓN: EEUU

AÑO DE PUBLICACIÓN: 2004

AUTOR: Norma ASTM C 496

TÍTULO: “Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens”

LUGAR DE PUBLICACIÓN: EEUU

AÑO DE PUBLICACIÓN: 2004

AUTOR: Norma ASTM C 78

TÍTULO: “Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)”

LUGAR DE PUBLICACIÓN: EEUU

AÑO DE PUBLICACIÓN: 2002

AUTOR: Norma ASTM C 469

TÍTULO: “Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson’s Ratio of Concrete in Compression”

LUGAR DE PUBLICACIÓN: EEUU

AÑO DE PUBLICACIÓN: 2002

AUTOR: Norma Técnica Peruana NTP 339.034

TÍTULO: “Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto”

LUGAR DE PUBLICACIÓN: Lima, Perú

AÑO DE PUBLICACIÓN: 1999

AUTOR: Norma Técnica Peruana NTP 339.078

TÍTULO: “Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en los tercios centrales”

LUGAR DE PUBLICACIÓN: Lima, Perú

AÑO DE PUBLICACIÓN: 1999

AUTOR: Norma Técnica Peruana NTP 339.084

TÍTULO: “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta”

LUGAR DE PUBLICACIÓN: Lima, Perú

AÑO DE PUBLICACIÓN: 1999