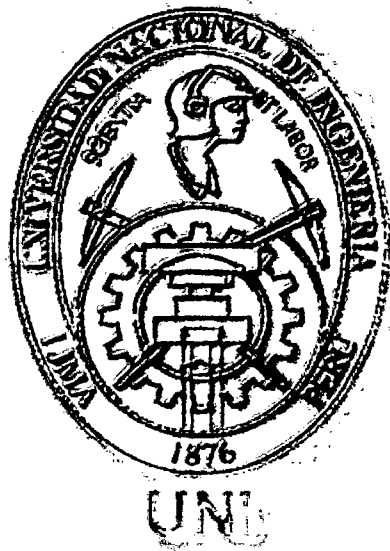


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ CONCRETO FAST TRACK O CONCRETO  
DE ALTA RESISTENCIA INICIAL PARA  
PAVIMENTOS ”**

**TESIS**

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Fernando Hermenegildo HUAYCHO SUCLUPE**

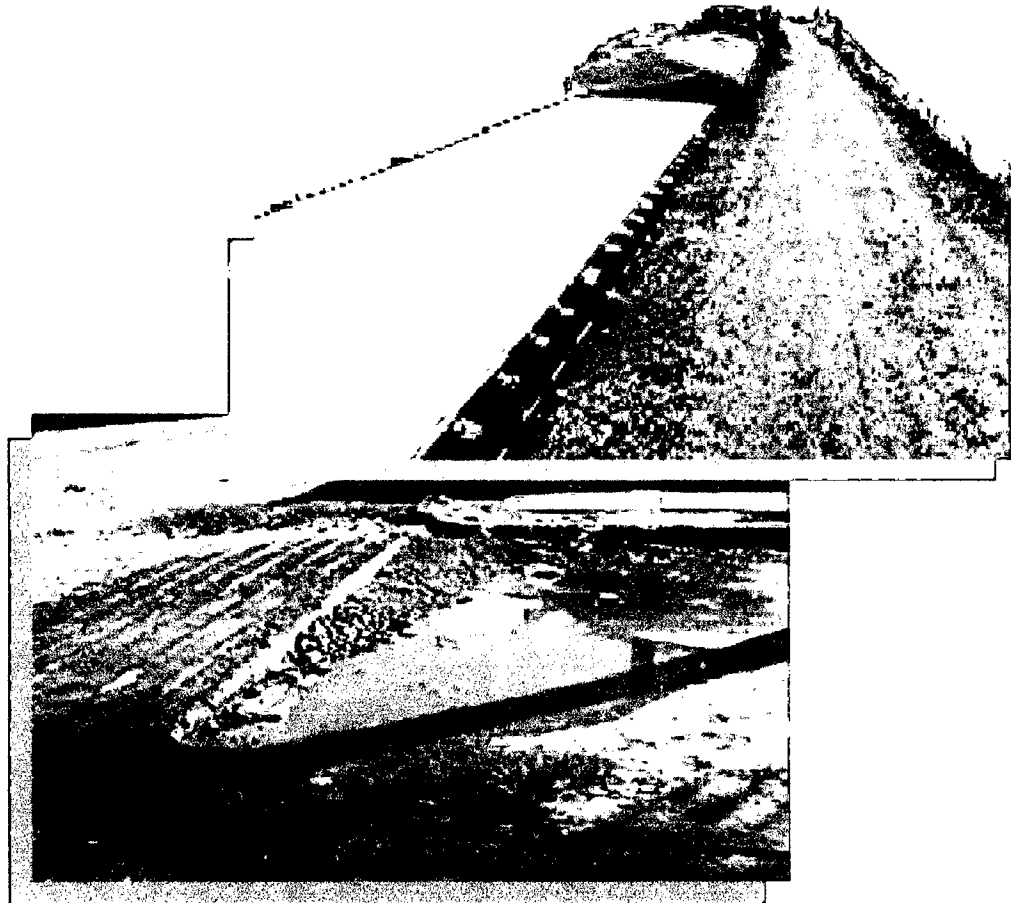
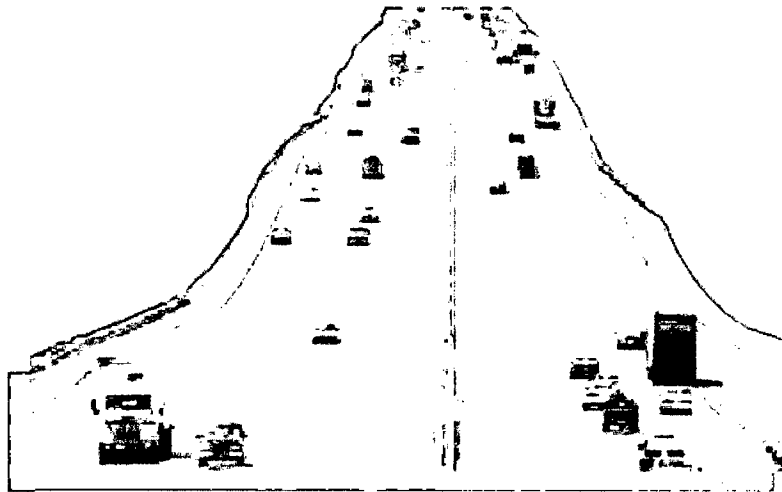
**LIMA-PERÚ**

**2005**

Digitalizado por:

Consortio Digital del  
Conocimiento MebLatam,  
Hemisferio y Dalse

**“CONCRETO FAST TRACK  
O CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICAL  
PARA PAVIMENTOS”**



**¡ GRACIAS A LOS AUSPICIADORES DE ESTA TESIS !**



**SIKA PERÚ S.A.**



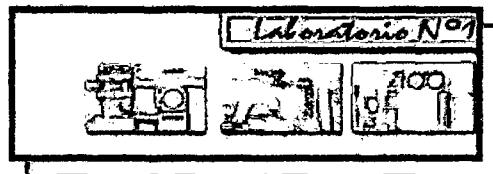
**MIXERCON**



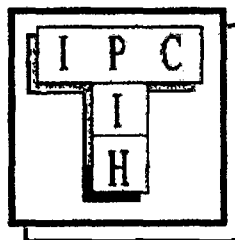
**FIRTH INDUSTRIES  
PERÚ S.A.**



**CEMENTOS LIMA S.A.**



**LEM - FIC - UNI**



**IPC-UNI/FIC  
PERÚ**

“Señor si yo me olvido de ti ...

... no te olvides de mi”

( Mahatma Gandhi )

DEDICADO A :

---

---

**A mi mamá la Sra. Juana A. SUCLUPE BANCES**  
por enseñarme que en la vida hay que luchar para  
conseguir lo que uno quiere y a mis **HIJOS** todos  
ellos están en mi corazón.

---

---

**AGRADESCO A :**

---

---

**A el Señor por sus bendiciones, mi padre Sr. Gregorio HUAYCHO HUAYHUA y a su Sra. Esposa Juana SALDARRIAGA LEÓN por su apoyo constante en la realización de esta investigación.**

---

---

---

---

**A mis PROFESORES por el tiempo que dedican en las aulas, a formar y entrenar personas para el desarrollo de nuestro país. Y en especial a mi asesor de tesis Ing. Carlos A. Barzola Gastelu**

---

---

---

---

**A los TECNICOS Laboratorio N°1 de la UNI por su ayuda y colaboración: Sr. Roberto Quispe, Sr. Daniel, Sr. Ruiz, Sr. Baylon , Sr. Gonzalo, Sr. Montes y Sr. Pool.**

---

---

## INDICE

	Pag.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	7
<b>CAPITULO I : ASPECTOS GENERALES</b>	11
1.1 OBJETIVO Y MÉTODO DE ESTUDIO.	12
1.1.1 Objetivo del estudio	
1.1.2 Método de investigación.	
1.1.3 Hipótesis.	13
1.2 EI CONCRETO FAST TRACK	14
1.3 USOS DEL CONCRETO FAST TRACK	15
1.3.1 Aeropuertos	15
1.3.2 Vialidades Urbanas (Caminos de peaje)	15
1.3.3 Caminos rurales y vecinales.	16
1.3.4 Calles urbanas y residenciales.	16
1.3.5 Reconstrucción de intersecciones.	17
1.3.6 Zonas comerciales de un solo acceso.	17
1.4 JUSTIFICACIÓN Y POSIBILIDADES DE EMPLEO DEL CONCRETO FAST TRACK	18
1.5 EXPERIENCIAS EN EL DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO FAST TRACK	19
1.5.1 En los Estados Unidos	19
1.5.2 En Argentina	20
1.6 CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS.	23
1.6.1 Mezclado y colocación.	23
1.6.2 Acabado	24
1.6.3 Juntas	24
1.6.4 Curado	26
1.6.5 Puesta en servicio	27
1.6.6 Diseño de pavimentos de concreto.	28
<b>CAPITULO II : MATERIALES EMPLEADOS</b>	29
2.1. CEMENTO PORTLAND	30
2.1.1 Generalidades	30
2.1.2 Cemento Sol ( Portland Tipo I)	30
2.2 AGREGADOS GRUESO Y FINO	32
2.2.1 Generalidades	32
2.2.2 Propiedades y normas	33

	Pag.
2.3 ADITIVOS.	35
2.3.1 Generalidades	35
2.3.2 Aditivo Acelerante SIKA-RAPID-1	36
2.3.3 Aditivo Súper-plastificante SIKA-VISCOCRETE-3	37
2.4 CENIZAS VOLANTES	39
2.4.1 Generalidades	39
2.4.2 Empleo	39
2.4.3 Disponibilidad	40
2.4.4 Cenizas volantes utilizadas	41
2.5 AGUA	41
2.5.1 Generalidades	41
2.5.2 Requisitos que debe cumplir	41
<b>CAPITULO III: EL AGREGADO GLOBAL.</b>	<b>44</b>
3.1 MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL	45
3.1.1 Peso Unitario Compactado de la combinación	45
3.1.2 Ensayo de consistencia y trabajabilidad para el agregado global	47
3.1.3 Ensayo de resistencia a la compresión ( 7 días) para el agregado global	49
3.2 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL.	51
<b>CAPITULO IV: CONCRETO PATRÓN.</b>	<b>53</b>
4.1 COMPRESIÓN AXIAL	54
4.1.1 Resistencia a la compresión axial a 1, 2, 3, 7 y 28 días.	54
4.2 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	56
4.3 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DIAMETRAL	58
4.4 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN	60
<b>CAPITULO V: CONCRETO PATRÓN CON ADITIVOS</b>	<b>62</b>
5.1 DISEÑO DEL CONCRETO PATRON CON ADITIVOS	63
<b>CAPITULO VI: CONCRETO PATRON CON ADITIVOS Y CENIZA VOLANTE</b>	<b>65</b>
6.1 DISEÑO DE MORTEROS CON CENIZA VOLANTE	66
6.2 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON SÚPER-PLASTIFICANTE VISCOCRETE-3 Y CENIZA VOLANTE	69
6.3 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON ACELERANTE RAPID-1 Y SÚPER-PLASTIFICANTE VISCOCRETE-3 Y CENIZA VOLANTE.	70

	Pag.
<b>CAPITULO VII: CONCRETO FRESCO.</b>	72
7.1 GENERALIDADES.	73
7.1.1 Peso Unitario.	73
7.1.2 Consistencia.	73
7.1.3 Fluidez.	74
7.1.4 Exudación.	75
7.1.5 Tiempo de fraguado.	76
7.1.6 Contenido de aire.	78
<b>CAPITULO VIII : COMPARACIÓN DE COSTOS</b>	80
<b>CAPITULO IX : CUADROS Y RESULTADOS</b>	84
GENERALIDADES	85
9.1 LOS AGREGADOS	85
9.2 MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL	89
9.3 CONCRETO PATRÓN	95
9.4 CONCRETO PATRÓN CON ADITIVOS	101
9.5 CONCRETO PATRÓN CON ADITIVOS Y CENIZA VOLANTE	121
9.6 CONCRETO FRESCO	129
9.7 COMPARACIÓN DE COSTOS	134
<b>CAPITULO X : ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.</b>	137
INTRODUCCIÓN DEL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	136
10.1 LOS AGREGADOS	141
10.2 MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL	141
10.3 CONCRETO PATRÓN	141
10.4 CONCRETO PATRÓN CON ADITIVOS	142
10.5 CONCRETO PATRÓN CON ADITIVOS Y CENIZA VOLANTE	146
10.6 CONCRETO FRESCO	147
9.7 COMPARACIÓN DE COSTOS	148
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	149
GENERALIDADES	150
CONCLUSIONES	151
RECOMENDACIONES	154
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	155
<b>ANEXOS</b>	160



# **INTRODUCCIÓN**

## **INTRODUCCIÓN**

**Aún a inicios de este segundo milenio**, se puede admirar la grandeza de las construcciones que dejaron los antiguos ingenieros incas. Una de estas obras, fueron sus vías de comunicación ya que como se sabe el territorio del imperio estuvo cruzado por extensos y sólidos caminos. La construcción de estas vías de comunicación fueron muy difíciles y complejas, dada la accidentada naturaleza de nuestro territorio y la tecnología de la época.

Estos caminos tenían que ser duraderos y servir para soportar el transporte de cargas para el comercio, movilización de tropas de guerra y resistente a los fenómenos de meteorización propios de nuestra naturaleza, razón por la cual la construcción de estos caminos eran hechos con roca, lo que hacia su ejecución sea lenta y de muchos años.

Desde el siglo pasado el empleo del concreto ha sido una gran ventaja en la construcción tanto de edificaciones, así como de pavimentos. El concreto es un material durable, resistente y en su estado fresco puede adquirir cualquier forma. Esta combinación de características es la razón principal por la que es un material de construcción tan popular.

**Vivimos en un mundo** en el cual el tiempo es un factor muy importante y que significa muchas veces grandes costos. La construcción no escapa de esta realidad, por lo que la puesta en servicio del concreto representa una gran desventaja, ya que muchas veces hay que esperar de 7 a 10 días para que el concreto alcance una resistencia mínima.

Por esta razón, en la actualidad los pavimentos en nuestro país se construyen de asfalto; debido a su más rápida puesta en servicio y principalmente a su menor costo de inversión inicial respecto del pavimento de concreto.

Entonces se preguntarán, ¿Por qué escoger los pavimentos de concreto como estudio para tesis?. Al respecto puedo mencionar algunas de estas

razones como por ejemplo: que tenemos un creciente volumen de tráfico en Lima, la larga vida útil de los pavimentos de concreto( aproximadamente 20 años a más), fácil construcción, entre otros motivos, hacen que los pavimentos de concreto sean la mejor solución técnica para el diseño de los pavimentos en el Perú.

Hay que aclarar que al hablar de pavimentos de concreto en este estudio, nos referimos a la carpeta de rodadura ya que la definición de pavimento esta dada para la estructura entre los planos de la sub- rasante y la rasante.

**En la actualidad es posible** la puesta en servicio de pavimentos de concreto a 24 horas (1 día) de haber sido vaciado, el nombre para este tipo de concreto es de CONCRETO FAST TRACK ó CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL.

En esta investigación de tesis se tuvo por objetivo encontrar dicha dosificación para este tipo de concreto, con los materiales que se disponían. El objetivo fue alcanzado y a 24 horas (1 día) tenemos concretos que superan los 300 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Esto debe ser aliciente** y el combustible que necesitamos para continuar investigando hasta alcanzar nuestros más grandes ideales y hacer de este mundo un lugar donde podamos llegar a ser felices.

Solo quisiera agregar unas líneas más de agradecimientos para todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron en la realización de esta investigación, a los señores administrativos del departamento de construcción, a mis amigos que con sus palabras me incentivaron dándome aliento para continuar con la investigación iniciada y unas palabras de aliento para las personas que se decidan a iniciar una investigación :

*Lo que has tardado años en construir puede ser destruido en una noche....Construye de todos modos...*

*...Da al mundo lo mejor que tienes y te golpearán a  
pesar de ello. DA AL MUNDO LO MEJOR QUE  
TIENES DE TODOS MODOS.*

(De un cartel en el muro de Shishu, en la Casa Infantil de Calcuta)

*Aunque una derrota te hiera...  
Aunque la traición sea la paga...  
...Aunque todo sea nada,  
¡ VUELVE A EMPEZAR !*

(Anónimo)

La lección es no desesperarse y a pesar de los problemas y percances que se nos presenten, jamás nos demos por vencidos y conservemos siempre el **BUEN HUMOR**, que el mundo necesita de personas con mente joven y positivas en todo instante.

Lima 31 de Diciembre de 2004.

### **EL AUTOR**

Email: fernandohuays2005@yahoo.es

# **CAPITULO I:**

## **ASPECTOS GENERALES**

# **CAPITULO I : ASPECTOS GENERALES**

## **1.1 OBJETIVO Y MÉTODO DE ESTUDIO.**

### **1.1.1 Objetivo del estudio**

El objetivo del presente estudio "CONCRETO FAST TRACK O CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL PARA PAVIMENTOS" es: diseñar un concreto para pavimentos que puedan ser puestos en servicio a las 24 horas de vaciado. El estudio permitirá conocer la dosificación apropiada del concreto, para obtener resistencias que permiten la puesta en servicio del pavimento a las 24 horas.

### **1.1.2 Método de investigación.**

El método empleado para esta investigación fue de tipo experimental, mediante ensayos en el Laboratorio N°1 de la UNI ó Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM).

Primeramente se diseñó un CONCRETO PATRÓN, el cual se tuvo como referencia para los otros ensayos. El CONCRETO PATRÓN se diseñó para relaciones agua / cemento de 0.40, 0.45 y 0.50. Para la dosificación de porcentajes de los agregados se empleo el Método del Agregado Global.

Posteriormente se investigó mediante el diseño de mezclas (muestras) la dosificación del CONCRETO FAST TRACK ( concreto patrón + aditivo y la ceniza volante) para relación agua/cemento de 0.45. La dosificación obtenida se utilizo también para las relaciones agua/cemento de 0.40 y 0.50.

Se realizaron probetas en moldes cilíndricos de 4 pulg. x 8 pulg. para luego ser ensayados a compresión axial a 1 día (24 horas), 2 días, 3 días, 7 días y 28 días.

Al concreto con mejores resultados en el ensayo a la compresión axial, se le ensayo también a flexión en vigas de 15 cm. x 15 cm. x 50 cm a las 24 horas y a la tracción diametral en probetas cilíndricas de 4 pulg. x 8 pulg.

Los aditivos empleados fueron el Acelerante Rapid-1 y Súper-plastificante Viscocrete-3 , ambos de la marca SIKA PERÚ S.A.

Finalmente se analizarán los resultados obtenidos en el laboratorio.

### **1.1.3 Hipótesis.**

El presente estudio se ha efectuado teniendo como base la siguiente hipótesis:

Dosificando al concreto con aditivos y/o adicionantes, es probable obtener concreto FAST TRACK o concreto de alta resistencia inicial, para su puesta en servicio a las 24 horas. Consiguiendo una reducción de tiempo en los procesos constructivos.

## **1.2 EI CONCRETO FAST TRACK**

En el idioma inglés, cualquier acción rápida se denomina FAST TRACK. Luego denominamos CONCRETO FAST TRACK a aquel concreto que tiene la particularidad de presentar altas resistencia iniciales, pudiendo en algunos caso ser puestos en servicio en plazos muy breves, generalmente a 24 horas, lográndose por esto resistencias del orden de los 300 kg/cm<sup>2</sup> a un día de vaciado.

En países que han alcanzado un gran avance en el diseño de pavimentación, como es el caso de Estados Unidos, es frecuente el empleo de pavimentos de concreto hidráulico en la construcción de carreteras. Es común la practica de diseñar pavimentos de concreto en todas las calzadas de los intercambios y cruces importantes de vías. La tendencia moderna en pavimentación urbana adopta también soluciones rápidas y de mayor duración en concreto para diseño de los cruces de calles y avenidas de gran tráfico de transporte colectivo.

Además la ventaja técnica de los pavimentos de concreto es superior a la de pavimentos de asfalto, debido a que presentan mayor tiempo de vida útil y su mantenimiento es de menor costo.

Por lo que el CONCRETO FAST TRACK o concreto de alta resistencia inicial, constituye una tecnología alternativa para la rehabilitación y refuerzo del pavimento, con una reducida alteración del tráfico.

El CONCRETO FAST TRACK es empleado en los Estados Unidos, para aeropuertos, carreteras y pavimentos urbanos. Se ha aplicando en diversos casos sea en obras nuevas, reconstrucciones, reforzamientos y en revestimientos sobre pavimentos asfálticos, etc.



### **1.3 USOS DEL CONCRETO FAST TRACK**

El Ing. Wernher Calderon A.[1], resalta la importancia del CONCRETO FAST TRACK en pavimentos y expone:

#### **1.3.1 Aeropuertos**

La reconstrucción de aeropistas, pistas de rodaje y zonas de estacionamiento de aeronaves viene aparejada con la evolución y cambio en los aeropuertos importantes. Se ha usado el concreto de alta resistencia para acelerar la construcción o reparaciones en las áreas destinadas para estacionamientos, cercanas a las salidas para reducir los tiempos muertos de la aerolíneas. En las fechas recientes, en los proyectos de aeropuertos para aviación en general, se ha recomendado el sistema de apertura rápida ( es decir Fast Track), para facilitar el colocado secuencial del pavimento en la reconstrucción de aeropistas.

Otra zona problemática en el sistema de pavimentos de aeropuertos son las intersecciones a zonas abiertas e intermedias. Las reconstrucciones de estas áreas alteran el trafico del aeropuerto a un nivel mas alto que en otro lugar. El concreto de apertura rápida ayudara a minimizar los problemas logísticos aunados a la reconstrucción de intersecciones a medio campo.

#### **1.3.2 Vialidades Urbanas (Caminos de peaje)**

Debido a que los costos de reconstrucción son de tres a cinco veces del costo de rehabilitación, no debe permitirse que ningún pavimento decline hasta quedar en malas condiciones.

La reconstrucción de vialidades urbanas se ha convertido en uno de los problemas mas difíciles de diseño y de relaciones publicas, para informar y advertir a los usuarios de los caminos, del cierre de las autopistas urbanas.

---

[1] CALDERÓN ANTEZANA, Wernher. "Estudio técnico del concreto Fast Track en reparación y rehabilitación de pavimentos". Pag. 164-168.UNSAA. Arequipa – Perú. Año 2002.

Con los pavimentos de apertura rápida, se acelera la reconstrucción urbana o la pavimentación y se aligeran los problemas de tráfico resultantes.

### **1.3.3 Caminos rurales y vecinales.**

Los caminos rurales y vecinales presentan mejor oportunidad para el diseño y construcción de pavimentos de concreto. Los pavimentos de concreto de apertura rápida en particular, se pueden construir y abrir al tráfico en forma rápida. Entre las opciones constructivas se tiene la pavimentación adyacente al tráfico, empleando maquinas pavimentadoras de ancho mínimo o la desviación del tráfico sobre el acotamiento interior, mientras se pavimenta el carril exterior y el acotamiento con pavimentadoras convencionales. Ante estas condiciones, la rapidez de pavimentación se puede mantener a razón de un kilómetro y medio o mas por día, dependiendo del equipo y la logística de entrega de materiales. Esto se puede hacer en cualquier tipo de pavimentos de concreto o de sobrecarpetas de concreto.

### **1.3.4 Calles urbanas y residenciales.**

El acceso público en zonas residenciales puede constituir un factor crítico en los programas de reconstrucción de vialidades. Este hecho junto con el tiempo tan grande de curado ha restringido el uso de concreto en algunas partes. Sin embargo, se han construido calles con pavimentos de concreto de alta calidad, usando el sistema de apertura rápida en zonas residenciales y solo se ha limitado el acceso de los residentes a sus cocheras durante 24 horas.

Los pavimentos de concreto contruidos en forma rápida constituyen una alternativa económica y deben tomarse como una opción en zonas residenciales. Sus ventajas son el bajo costo en su mantenimiento y su alta capacidad estructural.

Algunos ingenieros se preguntan lo que pueden hacerse con las superficies de concreto. Si se quieren hacer mejoras en el futuro se han desarrollado y refinado procedimientos factibles. Se pueden usar varias opciones para restaurar la integridad estructural y para mejorar la superficie de rodamiento sin tener que modificar las turbias de drenaje ni la altura de las alcantarillas. Se pueden aplicar técnicas de restauración de pavimentos de concreto (CPR por sus siglas en ingles) que generalmente resultan muy rentables en cuanto a costo-beneficio.

### **1.3.5 Reconstrucción de intersecciones.**

La reconstrucción de cruces urbanos y suburbanos implican serios problemas de diseño, programación secuencial e interrupciones del tráfico. Como resultado muchas intersecciones se tiene que reencarpetar continuamente para reparar baches, desgaste en el pavimento, corrugaciones y otros problemas de seguridad.

En las intersecciones importantes, donde el cierre de las mismas y desvío del tráfico sería algo fuera de cualquier posibilidad, existe actualmente una opción de reconstrucción. La reconstrucción se podrá renovar por cuadrantes, usando el sistema de apertura rápida.

Donde sea posible cerrar el tráfico durante un corto tiempo, la reconstrucción emplea también el sistema de concreto de apertura rápida.

### **1.3.6 Zonas comerciales de un solo acceso.**

El cierre de zonas de estacionamiento, zonas de carga u otros puntos de acceso a empresas comerciales o industriales, puede tener un efecto importante en los negocios. En muchos casos, una compañía industrial de trabajo pesado o una empresa relacionada con la agricultura, tiene acceso únicamente desde un solo punto de la carretera pública. En estos casos la reconstrucción prolongada de un pavimento puede virtualmente cerrar la operación comercial de estas empresas. Con el sistema de pavimentos de apertura rápida, se logra una solución para cerrar la carretera por muy poco

tiempo, reconstruir el pavimento y reabrirla al tráfico industrial. Casi no se tendrán efectos perjudiciales en las empresas afectadas, por el contrario se conseguirá un pavimento durable y de bajo costo de mantenimiento.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN Y POSIBILIDADES DE EMPLEO DEL CONCRETO FAST TRACK**

Las posibilidades del empleo del CONCRETO FAST TRACK en la construcción son cada día mayores, pudiendo ser utilizados para una amplia variedad de propósitos. La única limitación a sus múltiples aplicaciones puede ser el desconocimiento de algunos aspectos; así como de la importancia relativa de los mismos, de acuerdo al uso que se le pretenda dar al material, lo que justifica esta investigación.

Complementariamente a los trabajos de reparación y rehabilitación, el CONCRETO FAST TRACK también puede ser utilizado en trabajos de emergencias, que se llevan a cabo en las cantidades requeridas para corregir la situación que dio origen a la emergencia; en mejoramiento de las vías, considerándose dentro de este último a aquellas obras que se ejecutan para mejorar las características de las construcciones originales.

## **1.5 EXPERIENCIAS EN EL DISEÑO DEL CONCRETO FAST TRACK**

### **1.5.1 EN LOS ESTADOS UNIDOS**

Según la ASOCEM [2] los procedimientos de diseño de mezcla en el CONCRETO FAST TRACK son los convencionales de la tecnología del concreto. De la revisión de experiencia en los Estados Unidos, se advierte el empleo de una diminuta relación agua/cemento de aproximadamente 0.4, un alto contenido de cemento, de 380 Kg/m<sup>3</sup> y proporcionamiento similar de agregado fino y grueso. La tabla siguiente recoge el procedimiento del CONCRETO FAST TRACK de más reciente empleo con resultados exitosos:

Tabla N°1.1: Mezcla de CONCRETO FAST TRACK de resultados exitosos según la ASOCEM.

Cemento tipo III	640 lb./yc.	384 Kg/m <sup>3</sup>
Ceniza volante	70 lb./yc.	42 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	1 413 lb./yc.	847.8 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1 413 lb./yc.	847.8 Kg/m <sup>3</sup>
Relación a/c	0.425	0.425
Tamaño máximo de 1" a ¾"		

En el cuadro original que la ASOCEM muestra en su libro "CEMENTO" no figuraba la columna con los pesos en Kg/m<sup>3</sup>, pero aquí se ha colocado para mayor entendimiento.

En la mezcla se emplearon aditivos incorporadores de aire y reductores de agua. En el caso de emplearse los cementos tipo I y II, se ha requerido la incorporación de aditivos que aceleran el endurecimiento.

La resistencia inicial en los cementos Pórtland depende básicamente del contenido de silicato tricálcico C<sub>3</sub>S y en menor medida del aluminato tricálcico

---

[2] ASOCEM. "CEMENTO: Boletines Técnicos Nros° 1 al 58". Pag. 251-258. Lima - Perú. Año 1993.

C<sub>3</sub>A. Los álcalis del cemento también influyen débilmente en la resistencia inicial.

La diferencia de los cementos tipo I y II con el cemento de rápido endurecimiento tipo III es la finura, que en el cemento tipo III fluctúa entre 4500 a 6000 cm<sup>2</sup>/gr, mientras en los otros cementos varía de 3400 a 4000 cm<sup>2</sup>/gr.

### 1.5.2 EN ARGENTINA

En Argentina[3], durante el mes de agosto, del año 2000, se realizó la primera experiencia de Ultra Thin Whitetopping (UTW). Los trabajos fueron ejecutados sobre las ramas de acceso a dos puentes (Pellegrini y Santamarina) del Acceso Oeste a la ciudad de Buenos Aires, habilitado al tránsito el 1 septiembre del año 1998. Sobre estos puentes cuyo pavimento es de concreto asfáltico se concentra un importante tránsito de vehículos.

Imagen N° 1.1 : *Proceso acelerado de deterioro del asfalto, principalmente por el derrame de combustible del tránsito pesado.*  
(Fuente: [www.hormigonelaborado.com/Whitetopping](http://www.hormigonelaborado.com/Whitetopping))



A los pocos meses de habilitados al tránsito, varios sectores de la carpeta de rodamiento de las ramas de acceso que tienen pendientes del 5%, y a su vez

---

[3] ICPA, Revista "CEMENTO". [www.hormigonelaborado.com/Whitetopping.htm](http://www.hormigonelaborado.com/Whitetopping.htm) . Año 2003

curvas o giros a la izquierda, comenzaron a presentar un proceso acelerado de deterioro, principalmente por el derrame de combustible del tránsito pesado.

Esto originó que en menos de dos años, se hiciera necesario reparar estos sectores, en algunos casos hasta dos veces. La reparación tradicional consiste en el fresado de la carpeta deteriorada en un espesor del orden de los 5 cm y su posterior restitución con concreto asfáltico.

En busca de una solución más duradera, surgió como primera alternativa el reemplazo del pavimento asfáltico por uno de hormigón(concreto). Si bien técnicamente esta alternativa era correcta, desde el punto de vista económico no lo era y más considerando que estructuralmente la calzada se encuentra en buen estado. El problema era tan solo superficial. Por lo que se decidió utilizar los recubrimientos de hormigón(concreto) ultradelgados, o UTW, consisten básicamente en la colocación de una capa de hormigón(concreto) de 5 a 10 cm de espesor, sobre un pavimento asfáltico.

Tabla N°1.2: Mezcla de CONCRETO FAST TRACK de según el ICPA.  
Fuente: [www.hormigonelaborado.com/Whitotopping](http://www.hormigonelaborado.com/Whitotopping)

Cemento Portland Normal	430 kg/m <sup>3</sup>
Agua	150 kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino (Mf = 2,5)	739 kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso (6 – 20)	1.132 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo plastificante	1,5 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo superfluidificante	1,2 kg/m <sup>3</sup>
Asentamiento en obra	6 a 8 cm

El hormigón(concreto) utilizado fue un Fast-Track (rápida habilitación al tránsito), con una resistencia a las 24 horas de 20 MPa. Se ajustó una dosificación de hormigón(concreto) con una buena trabajabilidad, sin exudación y con una buena generación de mortero superficial. El hormigón(concreto) fue provisto por una empresa de concreto premezclado.

La **Tabla N°1.2** anterior muestra la dosificación empleada para la elaboración de concreto Fast -Track en Argentina.

El costo de la ejecución de un UTW es similar al costo económico de un trabajo de fresado y reposición de carpeta asfáltica en igual espesor de trabajo[3]. Es decir que el costo de ejecución de un UTW se equipara al costo de 2 reparaciones de fresado y restitución de carpeta asfáltica de 5 cm de espesor. Quedando el resto de las reparaciones durante el período de vida útil de los puentes como economía.

---

[3] ICPA, Revista "Cemento". [www.hormigonelaborado.com/Whitetopping.htm](http://www.hormigonelaborado.com/Whitetopping.htm) . Año 2003



## **1.6 CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS.**

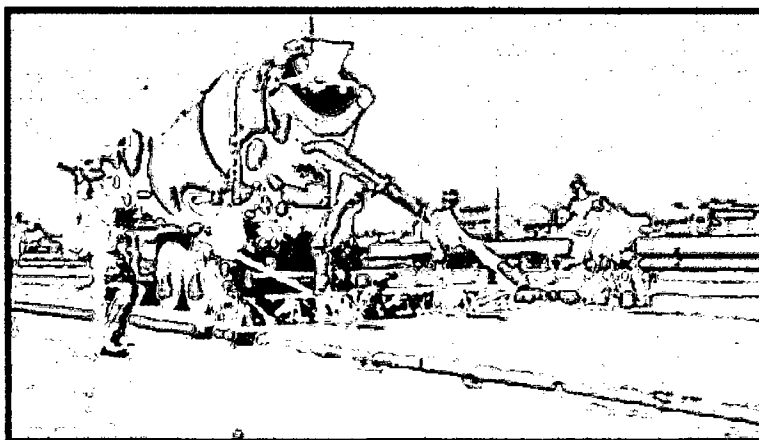
La ASOCEM[2] dice al respecto que : la experiencia en la construcción de pavimentos del CONCRETO FAST TRACK ha demostrados que no se requiere de equipo especial para la ejecución del pavimento, pudiéndose utilizar equipo normal de fácil disponibilidad.

Sin embargo, el pavimento de CONCRETO FAST TRACK requiere una conveniente planificación de la secuencia de construcción, pues el margen de error admisible es mucho menor que en concreto convencional. Se aconseja efectuar vaciados de prueba para entrenar a todos los trabajadores, a fin de que puedan familiarizarse con las características de trabajabilidad del concreto y la necesidad de acelerar las operaciones.

### **1.6.1 Mezclado y colocación.**

El CONCRETO FAST TRACK ha sido producido en plantas centrales de mezcla y dosificación, también con equipo de mezclado rápido. En el transporte se han usado camiones mezcladores y camiones agitadores.

Imagen N° 1.2 : *Mezclado y colocación del concreto, se puede ver en acción una regla articulada vibradora.* (Fuente: [www.hormigonelaborado.com/Whitetopping](http://www.hormigonelaborado.com/Whitetopping))



[2] ASOCEM. "CEMENTO: Boletines Técnicos Nrs° 1 al 58". Pag. 251-258. Lima – Perú. Año 1993.

En la ejecución del pavimento se ha utilizado la pavimentadora de moldes deslizantes, que se compone de una unidad que recibe, distribuye, consolida y ejecuta la terminación. También la pavimentadora de moldes fijos, constituida con un equipo múltiple, compuesto por una distribuidora de concreto, una vibradora y una terminadora superficial (tren de pavimentación).

Si bien no hay experiencia, nada impide que en pequeños tramos pueda realizarse la pavimentación por ejecución manual con encofrados fijos.

### **1.6.2 Acabado**

En los pavimentos de CONCRETO FAST TRACK se usan los procedimientos convencionales de acabados.

La textura superficial puede ser longitudinal o transversal. En los Estados Unidos en las vías interestatales y de gran volumen de tránsito se especifica esta última. Cuando las operaciones se efectúan en espacios reducidos se utilizan cepillos con cerdas de plástico y también flejes metálicos, que se arrastran manualmente por dos operarios a ambos lados de la banda de concretado.

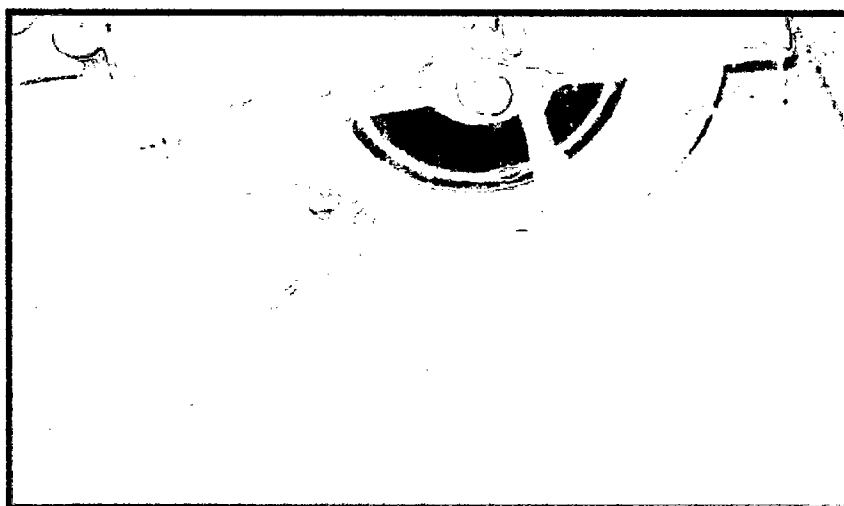
### **1.6.3 Juntas**

Los equipos y materiales para el aserrado y sellado de las juntas en CONCRETO FAST TRACK son los convencionales en pavimentos de concreto.

En el aserrado de las juntas de contracción no rigen los plazos generalmente aceptados en pavimentos tradicionales. El lapso requerido para efectuar la operación de aserrado en CONCRETO FAST TRACK depende del proceso de endurecimiento, tipo de cemento y temperatura ambiente.

En el CONCRETO FAST TRACK se han utilizado procedimientos de aserrado-húmedo con cortadoras provistas de disco de diamante y aserrado-seco con discos de carburo de silicio o carborundo. Esta última operación permite un trabajo más rápido. El procedimiento de aserrado húmedo es conveniente cuando se trata de pavimentos urbanos, para evitar la gran cantidad de polvo que ocasiona la limpieza del aserrado en seco.

**Imagen N° 1.3 : Aserrado húmedo del concreto, para evitar el polvo, de las juntas de contracción. (Fuente: [www.hormigonelaborado.com/Whitetopping](http://www.hormigonelaborado.com/Whitetopping))**



No existe experiencia en la ejecución de juntas en fresco, procedimiento más lento que exige además mayor empleo de mano de obra. Sin embargo, si las juntas obtenidas son correctas y más económicas, nada parece impedir la utilización de este procedimiento en tramos cortos.

El sellado de las juntas en el CONCRETO FAST TRACK se efectúa más rápidamente que en los pavimentos convencionales pues, la ganancia inicial de resistencia y la diminuta relación agua/cemento reducen la humedad de las paredes laterales de la junta, requisito de algunos productos de sellado. En el CONCRETO FAST TRACK las juntas deben sellarse lo antes posible y en todo caso no más allá de las 24 horas.

#### **1.6.4 Curado**

El curado del CONCRETO FAST TRACK es fundamental para lograr el rápido endurecimiento y una buena calidad de pavimento rígido. Las acciones de curado comprenden la retención de la humedad y el aprovechamiento del calor de hidratación.

Para evitar la pérdida del agua de mezcla por evaporación superficial, a fin de incrementar la resistencia y evitar la fisuración temprana, se pulveriza la superficie del pavimento con productos químicos que forman una película fina y homogénea, que impide la evaporación del agua. Se asegura el control de la operación empleando líquidos que producen una película blanca, que se elimina por acción del tránsito y los agentes atmosféricos. Es recomendable regar con rapidez y en exceso. El mínimo indicado es de un galón por 100 pies cuadrados; debiendo prevalecer las instrucciones del fabricante. Por la diversidad de productos existentes en el mercado, es necesario efectuar ensayos previos.

Uno de los procedimientos de curado generalmente utilizado, especialmente en climas fríos ó cuando se producen variaciones de temperatura lo constituye el aislamiento del concreto del entorno, para mantener una temperatura uniforme. A este efecto, se han utilizado materiales aislantes, constituidos por los denominados cobertores de curado que se colocan apropiadamente sobre el pavimento, después de la aplicación del líquido de curado. Los cobertores están constituidos por una capa de espuma de poliestireno de célula cerrada, protegida en uno de sus lados por una película plástica. Este material es resistente y puede tener varios usos.

Este procedimiento constituye un sistema de curado autógeno, que aprovecha el calor desarrollado durante la hidratación del cemento, basado en el principio que el aumento de temperatura acelera la formación de productos de hidratación, con el consiguiente incremento de la resistencia.

Imagen N° 1.4 : Cobertores para curado del pavimento de concreto. En este caso se ve el recubrimiento con una manta de fibra de vidrio de 3 cm de espesor.  
(Fuente: [www.hormigonelaborado.com/Whitetopping](http://www.hormigonelaborado.com/Whitetopping))



### 1.6.5 Puesta en servicio

Un aspecto de gran interés en el CONCRETO FAST TRACK es la determinación del momento en el que el pavimento puede abrirse al tránsito.

Al respecto en nuestro país el reglamento EG-2000 [4] (Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras) del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) en su sección 501.23 , sobre la apertura de tránsito dice que :

*“El pavimento se dará al servicio cuando el concreto haya alcanzado una resistencia del 80% de la resistencia especificada a 28 días. A falta de esta información, el pavimento se podrá abrir al tránsito solo después de transcurridos 10 días desde la colocación del concreto a juicio de la Supervisión, o cuando la resistencia a la flexión sea no menos de 3.79 Mpa (38.6 Kg/cm<sup>2</sup>)”*

---

[4] MTC & DGC. “Especificaciones Técnicas Generales para construcción de carreteras ( EG-2000)”.  
Sec.501 pag. 23. Tomo II. Lima-Perú. Año 2000

Así también la ASOCEM [2] dice que: se ha normalizado por el departamento de Transportes de Iowa como criterio de apertura del pavimento de CONCRETO FAST TRACK, la resistencia a la flexión de 400 psi, bajo carga central ( 340 psi en carga a los dos tercios, aprox. ). La Administración Federal de Aviación especifica una resistencia de apertura de 550 psi.

En el caso de no existir normatividad, o cuando ella lo permite, es posible efectuar un análisis particular para determinar la resistencia de apertura, considerando las características del pavimento, el desarrollo de la resistencia del concreto, el espesor de la losa y las cargas de tráfico que soportara el pavimento durante las primeras horas hasta alcanzar una resistencia conveniente.

#### **1.6.6 Diseño de pavimentos de concreto.**

Para el diseño de pavimentos de concreto los métodos más utilizados son:

- Método de la Portland Cement Association (PCA).
- Método de la Oficina de Administración Federal de Aeropuertos (FAA).

Estas literaturas nos muestran al detalle el diseño del pavimento de concreto, en esta investigación sobre todo nos evocaremos a lo que es la calidad del material, antes que el diseño en si de los pavimentos de concreto.

# **CAPITULO II :**

# **MATERIALES EMPLEADOS**

## **CAPITULO II : MATERIALES EMPLEADOS**

Para el presente estudio se ha utilizado los siguientes materiales : Cemento Pórtland Tipo I , agua, agregados gruesos y finos, aditivo acelerante, aditivo súper plastificante y ceniza volante, los cuales se analizan en forma independiente a continuación:

### **2.1. CEMENTO PORTLAND**

#### **2.1.1 GENERALIDADES:**

Para el presente estudio se ha utilizado el Cemento Pórtland de tipo I "Cemento Sol" por ser el de mayor uso en nuestro medio producido por la fabrica de Cementos Lima S.A., cuya planta principal esta en la Av. Atocongo en el distrito de Villa Maria del Triunfo.

#### **2.1.2 CEMENTO SOL (PÓRTLAND TIPO I) :**

El "Cemento Sol" es un polvo de color gris verdusco. Se vende en bolsas 42.5 Kg de peso neto y un pie cúbico de capacidad. El peso especifico considerado en el presente estudio para el Cemento Sol es de  $3.15 \text{ Kg/ cm}^3$  .

Cementos Lima S.A se ciñe a las normas técnicas: ASTM C-150 y NTP (Norma Técnica Peruana) 334.009. Además respecto a las características, usos, aplicaciones y consejos del "Cemento Sol" [5] dice lo siguiente:

#### **Características**

- Producto obtenido de la molienda del clinker.
- Ofrece un endurecimiento controlado.

---

[5] CEMENTOS LIMA S.A. "*Productos: Cemento Pórtland Tipo I*". Pagina Web: [www.cementoslima.com.pe](http://www.cementoslima.com.pe).  
Lima-Perú. Año 2004



- Se logran altas resistencias a temprana edad.
- Es versátil para muchos usos.
- A partir de este cemento se logran otros tipos de cemento.
- Su comportamiento es ampliamente conocido por el sector de construcción civil

### **Usos y Aplicaciones**

- En la construcción de edificaciones de mediana y gran envergadura.
- Fabricaciones pretensadas.
- Cuando se requiere acelerar el desencofrado o se necesita poner las obras en servicio en poco tiempo.
- En obras importantes con tensiones medias o fuertes.
- Hormigones (concretos) aligerados.
- Hormigones (concretos) densos y normales.
- Pre-fabricados de hormigón (concreto).
- Mortero para el asentado de ladrillos y otros materiales.

### **Consejos**

- Es importante utilizar agregados de buena calidad, si éstos están húmedos es recomendable dosificar menor cantidad de agua para mantener las dosificaciones correctas.
- Para lograr resistencias adecuadas es recomendable un curado cuidadoso.
- Para asegurar la buena conservación del cemento se recomienda almacenar las bolsas bajo techo, separada de paredes o pisos y protegidos de aire húmedo.
- Evitar almacenar en pilas más de 10 bolsas para evita la compactación.

## **2.2 AGREGADOS GRUESO Y FINO**

### **2.2.1 GENERALIDADES**

El agregado en la mezcla del concreto es de mucha importancia ya que representa aproximadamente del 60% al 70% del volumen del concreto. Por lo que a continuación daremos algunas definiciones sobre los agregados.

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm. (N°4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana[6] (NTP). El agregado grueso puede ser grava o canto rodado, piedra chancada, etc.

Se considera como agregado fino a la arena o piedra finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana (NTP).

El agregado fino podrá consistir de arena natural, manufacturada o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes; debiendo estar libres de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas.

Los agregados empleados para esta investigación fueron traídos de la Cantera " La Gloria" y fueron ensayados en el Laboratorio N°1 ó Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería

---

[6] INDECOPI "Norma técnica peruana".Lima - Perú. Año 2001.

## 2.2.2 PROPIEDADES Y NORMAS

Las propiedades estudiadas, así como también el procedimiento seguido y normas para los agregados se encuentran mas explícitos en los ANEXOS.

Sin embargo a continuación mostraremos un cuadro resumen de los resultados obtenidos así como las curvas granulométricas de ambos agregados.

**Cuadro N° 2.1:** Cuadro resumen de las características físicas de los agregados

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Peso Unitario Suelto	Kg / m <sup>3</sup>	1432	1655
Peso Unitario Compactado	Kg / m <sup>3</sup>	1616	1876
Peso Específico	gr / m <sup>3</sup>	2563	2525
Peso Específico de Masa S.S.S.	gr / m <sup>3</sup>	2581	2583
Tamaño Máximo	Pulg	1 1/2	-
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	1	-
Módulo de Finura		7.46	3.16
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> / gr	4.57	44.68
Contenido de Humedad	%	0.40	2.29
Porcentaje de Absorción	%	0.70	2.28
Material que pasa la Malla N° 200	%	-	4.87

Agregado Grueso : Cantera "La Gloria"

Agregado Fino : Cantera "La Gloria"

Gráfico N° 2.1: Granulometría del agregado grueso de la cantera "La Gloria".

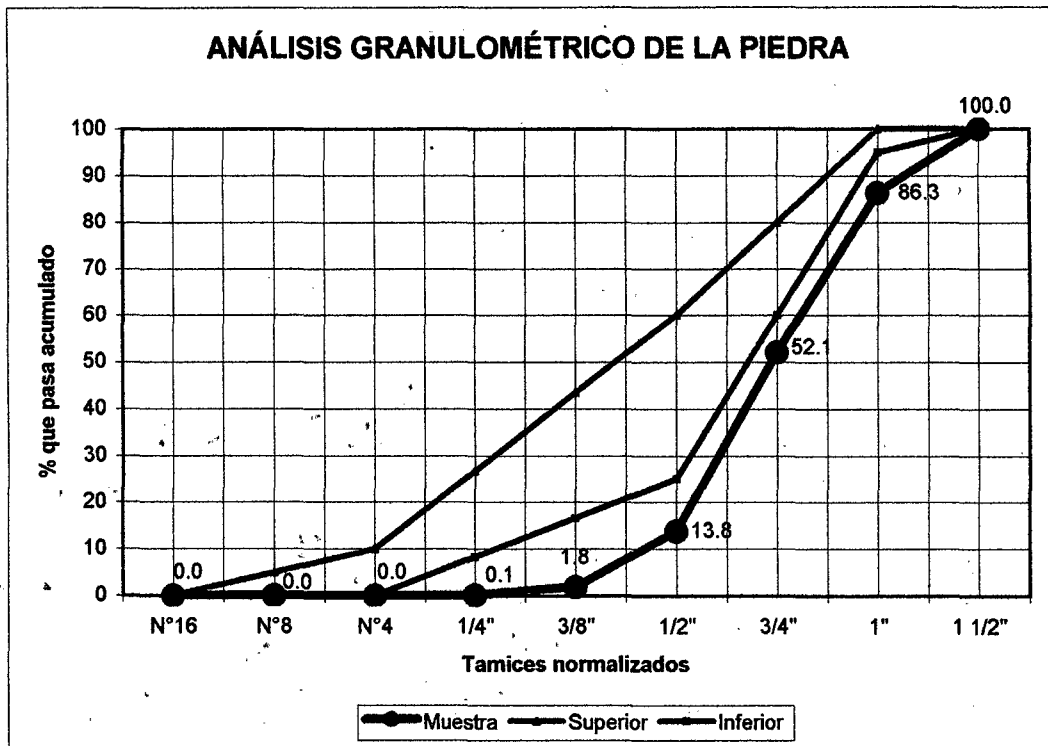
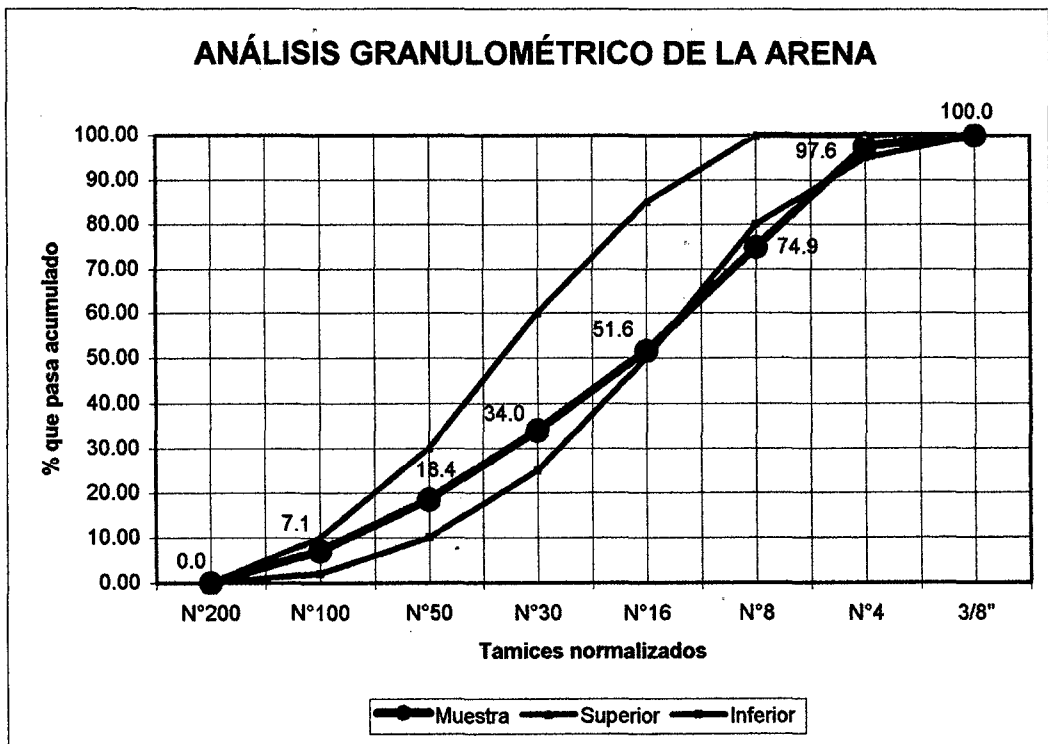


Gráfico N° 2.2: Granulometría del agregado fino de la cantera "La Gloria".



## **2.3 ADITIVOS**

### **2.3.1 Generalidades**

Los aditivos son materiales utilizados como componentes del concreto o el mortero, los cuales se añaden a estos durante su mezclado a fin de[7]:

- a) Modificar una o algunas de sus propiedades, a fin de permitir que sean más adecuados al trabajo que se esta efectuando;
- b) Facilitar su colocación.
- c) Reducir los costos de operación.

En esta decisión sobre el empleo de aditivos debe considerarse en que casos:

- a) Su utilización puede ser única alternativa para lograr los resultados deseados.
- b) Los objetivos deseados pueden lograrse, con mayor economía y mejores resultados, por cambios en la composición o proporciones de la mezcla.

Además los aditivos utilizados deberán cumplir con los requisitos de las normas ASTM o NTP correspondientes. El empleo de aditivos no autoriza a disminuir el contenido de cemento seleccionado para la unidad cúbica de concreto.

Para esta investigación se ha empleado dos tipos de aditivos facilitados por la empresa SIKA PERU S.A.. Se ha facilitado las hojas técnicas de cada uno y son:

- a) Acelerante de resistencia iniciales exento de cloruros SIKA-RAPID-1
- b) Súper-plastificante de alto rango para climas fríos SIKA-VISCOCRETE-3

---

[7] RIVA LOPEZ, Enrique. *"Naturaleza y materiales del concreto"*. pag. 264. Capitulo peruano del ACI. Lima - Perú. Año 2000.

### **2.3.2 Aditivo Acelerante SIKA-RAPID-1**

Es un aditivo líquido, acelerante de resistencias iniciales exento de cloruros para concretos y morteros. Acelera el desarrollo de las resistencia mecánicas iniciales aumentando las resistencias finales. Según la hoja técnica de SIKA tiene una densidad de 1.27 Kg/lt., aunque no se observaba viscoso, y es de color transparente.

Los campos de aplicación según la hoja técnica de SIKA son:

1. Concreto para rápida puesta en servicio.
2. Concreto curado al vapor
3. Concreto en tiempo frío
4. Concreto prefabricado
5. Desencofrado rápido

Las ventajas de emplear este aditivo según la hoja técnica de SIKA son:

1. Acelera el proceso de endurecimiento.
2. ALTA RESISTENCIA TEMPRANA a temperaturas entre 5 °C y 30 °C en concreto.
3. No induce a corrosión de armaduras.
4. Compatible con los productos Plastiment, Sikament y Sika-Viscocrete
5. Permite tiempo suficiente para la colocación del concreto.
6. Estable a temperaturas entre -5 °C y 40 °C.
7. No toxico para su manipulación ni para el ambiente.

Sika-Rapi-1 se emplea en dosis entre 0.5% y 3% del peso de cemento. En la hoja técnica de SIKA se recomienda realizar ensayos previos para determinar la dosis exacta según el objetivo deseado, considerando el contenido de cemento, la temperatura y el efecto de otros aditivos incluidos en la dosificación.

Sika-Rapi-1 se agrega diluido en el agua de amasado de la mezcla. Cuando se utilice este aditivo deben respetarse las reglas generales de fabricación del concreto, sobre todo a primeras edades y con bajas temperaturas. Se recomienda que la temperatura de las masas del concreto no sea inferior a 5 °C al momento de colocar el molde o encofrado.

Su almacenamiento es de al menos 1 año en sus envases originales bien cerrados y no deteriorados, al resguardo del sol y las heladas. Este aditivo se presenta a su venta en cilindros de 250 Kg. y en 4 baldes de 5 Kg.

### **2.3.3 Aditivo Súper-plastificante SIKA-VISCOCRETE-3**

Es un aditivo líquido súper-plastificante de tercera generación para concretos y morteros. Según la hoja técnica de SIKA tiene una densidad de 1.11 Kg/lt., aunque se observe viscoso, y es de coloración marrón.

Los campos de aplicación según la hoja técnica de SIKA son:

1. Es adecuado para la producción de concreto en obra y concreto pre-mezclado.
2. Se usa para los siguientes tipos de concreto :
  - Concreto pre-fabricado.
  - Concreto para climas fríos.
  - Concreto con alta reducción de agua (hasta 30%).
  - Concreto de alta resistencia.
  - Concreto autocompactante.
3. El alto poder reductor de agua, la excelente fluidez y el corto tiempo de fraguado con altas resistencias tempranas tiene una influencia positiva en las aplicaciones antes mencionadas.

Las ventajas de emplear este aditivo según la hoja técnica de SIKA son:

1. Extrema reducción de agua ( que trae consigo una alta densidad y resistencia)
2. Excelente fluidez ( reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).
3. Adecuado para la producción de concreto autocompactante.
4. incrementa las ALTAS RESITENCIAS INICIALES ( produccion de prefabricados)
5. Alta impermeabilidad.
6. Comportamiento mejorado de contracción y deslizamiento.

Sika-Viscocrete-3 se emplea en dosis entre 0.4% y 1.2% del peso de cemento para concretos plásticos suaves y la dosis entre 1% y 3% para concretos fluidos y autocompactantes.

Sika-Viscorete-3 no contiene cloruros ni otros agentes que promuevan la corrosión del acero. Por lo tanto, pueden usarse sin restricciones en construcciones de concreto reforzado y pretensado.

Según la hoja técnica de SIKA, este aditivo se agrega al agua de amasado o se hecha junto con el agua a la mezcladora. Para un aprovechamiento optimo de la alta capacidad de reducción de agua , recomiendan un mezclado cuidadoso durante 60 segundos como mínimo. Para evitar la exudación en el concreto y lograr la consistencia deseada, el agua restante de la mezcla recién se añadirá cuando hayan transcurrido 40 segundos del tiempo de amasado.

También cuando se utilice este aditivo deben respetarse las reglas generales de fabricación del concreto.

Su almacenamiento es de al menos 1 año, a partir de su fecha de producción, en sus envases originales bien cerrados y no deteriorados, al resguardo del sol y las heladas. Este aditivo se presenta a su venta en cilindros de 180 Kg. y en baldes de 20 Kg.



## **2.4 CENIZAS VOLANTES**

### **2.4.1 Generalidades**

También la ASOCEM[2] dice : la ceniza volante es un residuo finamente dividido, resultado de la combustión del carbón, que se obtiene generalmente como subproducto de las plantas térmicas.

Este subproducto que queda en suspensión en los humos en forma de partículas fundidas, las cuales solidifican en aquellas zonas de relativa baja temperatura.

El Dr. Demetrio Gaspar Tébar[8] dice: las cenizas volantes son, por regla general, un material fino formado predominantemente por esferillas vítreas, muchas de las cuales son huecas.

Dadas las condiciones de formación de las cenizas volantes, es de suponer que puedan mostrar acción puzolánica artificial de satisfactoria utilidad, debido, en parte, a la fase vítrea formada y , por otra, a su extremada finura. La mencionada acción puzolánica depende , como es lógico, del carbón utilizado como combustible y del proceso físico-químico que tenga lugar durante el fenómeno de la combustión.

### **2.4.2 Empleo**

La mayor dificultad que ofrece el empleo de las cenizas volantes en la construcción radica en la falta de homogeneidad de las mismas, sobre todo en su composición.

Las diferencias pueden ser grandes de una instalación a otra y, sobre todo,

---

[2] ASOCEM. "CEMENTO: Boletines Técnicos Nrs° 1 al 58". Pag. 251-258. Lima – Perú. Año 1993.

[8] GASPAS TEBAR, Demetrio. "Las cenizas volantes como material de construcción". pag. 3. Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento. Madrid-España.

de un carbón a otro, lo que hace que ciertas cenizas no reúnan las debidas condiciones. Ahora bien dentro de una misma central, con carbón de procedencia constante y un buen régimen de combustión, la homogeneidad de las cenizas suele resultar aceptable, ya que las variaciones que pueden existir, tanto en su finura como en su composición química, son suficientemente pequeñas.

Las cenizas volantes pueden utilizarse como adición activa al cemento portland; como árido fino, en morteros, hormigón (concreto), bloques de hormigón (concreto), o ladrillo, ladrillos sílicocalcareos, yesos; como filler para materiales bituminosos; en hormigones (concretos) ligeros, etc. También la ceniza volante más utilizada en Concreto Fast-Track es la que corresponde al tipo F de la norma ASTM C 618-91, que tiene propiedades puzolánicas. En países que no cuentan con las adiciones mencionadas y que poseen puzolanas naturales, será factible su empleo.

### **2.4.3 Disponibilidad**

La ceniza volante se obtiene generalmente como subproducto de las plantas térmicas. Estas plantas térmicas consumen carbón para sus operaciones:

- 1) Central Térmica de MOQUEGUA: ubicado en la Av. Andrés Avelino Cáceres s/n, Distrito de Moquegua, Provincia Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua.
- 2) Central Térmica CALANA: se localiza en los distritos de Calana, provincia de Tacna, departamento de Tacna.
- 3) Central Termoeléctrica ILO 2: que pertenece a la empresa generadora de energía eléctrica ENERSUR (Energía del Sur S.A.)

Las dos primeras centrales térmicas pertenecen a la empresa EGESUR (Empresa de Generación Eléctrica del Sur S.A.) que es una empresa de generación de energía eléctrica.

#### **2.4.4 Cenizas volantes utilizadas**

La ceniza volante empleada para esta investigación ha sido facilitada por la empresa concretera MIXERCON. Esta ceniza volante tiene su procedencia en el central de ILO. Al colocarse este material dentro de la mezcladora se debe tener mucho cuidado ya que al ser muy fino el viento puede transportarlo fácilmente.

### **2.5 AGUA**

#### **2.5.1 Generalidades**

El agua que se emplea en para este estudio es el agua potable de uso domestico que administra SEDAPAL y que mediante la red publica llega a las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Según el ingeniero Flavio Abanto Castillo[9], el agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido.

#### **2.5.2 Requisitos que debe cumplir**

- El agua a emplearse en la preparación del concreto, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto ó al acero.
- Si se tuvieran dudas de la calidad de agua a emplearse en la preparación de una mezcla de concreto, será necesario realizar un análisis químico de ésta, para comparar los resultados con los valores

---

[9] ABANTO CASTILLO, Flavio. "Tecnología del concreto (Teoría y problemas)". Pag. 21-22. Ed. SAN MARCOS. Lima - Perú.

máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua utilizarse en la preparación del concreto.

- También deberá hacerse un ensayo de resistencia al compresión a los 7 y 28 días, preparando testigos con agua destilada ó potable y con el agua cuya calidad se quiere evaluar, considerándose como satisfactorias aquellas que arrojen una resistencia mayor ó igual a 90% que la del concreto preparado con agua potable.
- Un método rápido para conocer la existencia de ácidos en el agua, es por medio de un papel tornasol, el que sumergido en agua ácida tomará un color rojizo. Así mismo para determinar la presencia de yeso u otro sulfato es por medio de cloruro de bario; se filtra el agua (unos 500 grs.)y se le hecha unas gotas de ácido clorhídrico; luego más gotas de solución de cloruro de bario, si se forma un precipitado blanco ( sulfato de bario) es señal de presencia de sulfatos. Esta agua debe entonces mandarse analizar a un laboratorio competente.

Tabla N° 2.2: Valores máximos de sustancias perjudiciales el agua para el concreto.

<b>SUSTANCIAS DISUELTAS</b>	<b>VALOR MÁXIMO ADMISIBLE</b>
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

- El agua de mar, se puede usar en la elaboración de concreto bajo ciertas restricciones que indicamos a continuación:
  - a) El agua de mar se puede ser empleada en la preparación de mezclas para estructuras de concreto simple.

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

## **CAPITULO III :**

# **EL AGREGADO GLOBAL**

## **CAPITULO III: EL AGREGADO GLOBAL.**

El Agregado Global es el material compuesto de agregado fino y grueso de origen natural o artificial en proporciones adecuadas que cumple con las especificaciones técnicas[10]. Se hace para optimizar las gradaciones en la mezcla del concreto.

### **3.1 MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL**

Es un método experimental que se utiliza para hallar las proporciones de los agregados fino y grueso, para diseñar la mezcla del concreto.

Para obtener las proporciones de agregados que permitan lograr una mezcla de concreto de óptima calidad deseada, se requiere hallar una combinación de agregados con el máximo peso unitario, logrando una mínima cantidad de espacios vacíos, que serán ocupadas por la pasta de cemento. Al ser mínima la cantidad de vacíos será mínima la pasta de cemento a usar, lográndose de esa forma, mezclas más económicas.

En general, la combinación de agregados con máximo peso unitario es referencial, ya que el concreto debe cumplir con condiciones principales tales como resistencia, consistencia, trabajabilidad, etc., los cuales **no siempre se obtienen con una mezcla con la mas alta compactación (compactibilidad) de los agregados.**

#### **3.1.1 PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA COMBINACIÓN**

Para determinar experimentalmente las proporciones en las que intervienen los agregados grueso y fino en la mezcla del concreto, se realizo el ensayo de peso unitario compactado de cinco combinaciones diferentes de agregados (piedra y arena) . Iniciándose con el 58% de agregado grueso, el cual se ha

---

[10] CACHAY HUAMAN, Rafael. *"Método del Agregado Global y Módulo de Finura para concreto de Mediana y Alta Resistencia"*. Pag. 5-7. Tesis-UNI. Lima - Perú.

venido disminuyendo en 2% en cada combinación; en forma viceversa se ha aumentando el agregado fino. En cada combinación, se ha efectuado tres ensayos de los cuales se determinó el promedio. Luego se procedió a graficar los resultados de los promedios.

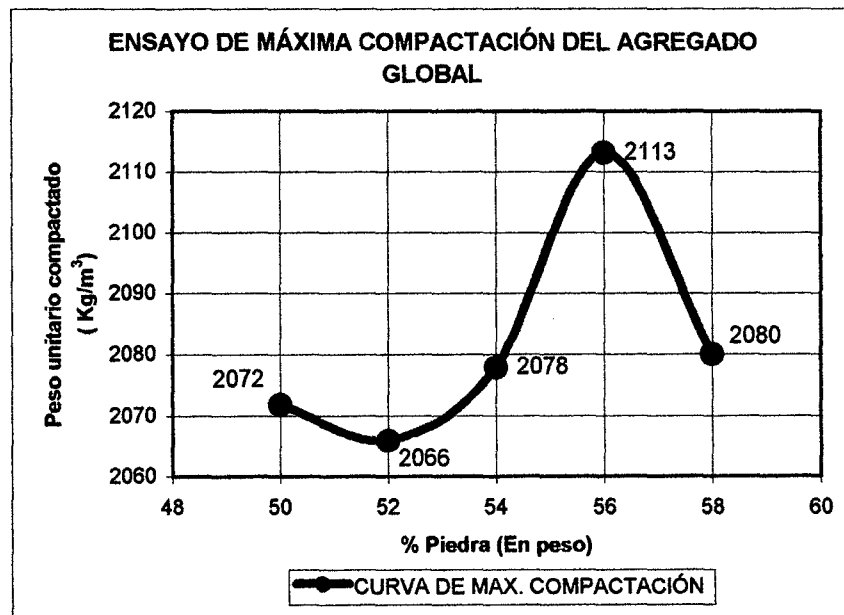
**Cuadro N° 3.1 : Los resultados de el ensayo de compactación para el agregado global.**

COMB.	AGREGADO		PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL ( Kg / m <sup>3</sup> )			P.U.C. PROMEDIO (Kg / m <sup>3</sup> )
	PIEDRA (%)	ARENA (%)				
1	58	42	2069	2055	2115	<b>2080</b>
2	56	44	2084	2137	2120	<b>2113</b>
3	54	46	2048	2087	2098	<b>2078</b>
4	52	48	2034	2077	2087	<b>2066</b>
5	50	50	2055	2091	2069	<b>2072</b>

(Ver ANEXO C)

En la grafica siguiente se puede visualizar fácilmente la tendencia al máximo peso unitario compactado del agregado global.

**Gráfico N° 3.1 : Los resultados de el ensayo de compactación para el agregado global.**



Al observar y analizar el gráfico, en este caso nuestro agregado global por utilizar será la combinación del 56% de piedra y el 44% de arena, por haberse



obtenido para esta combinación el máximo peso unitario compactado del agregado global. Sin embargo la compacidad (compactibilidad) de los agregados, aun, no garantiza las condiciones óptimas de resistencia y trabajabilidad, por lo cual es necesario realizar ensayos que involucren estos aspectos.

Con esta finalidad se tomo en consideración la preparación de tandas de prueba, con las que se han efectuado ensayos de laboratorio.

### **3.1.2 ENSAYO DE CONSISTENCIA Y TRABAJABILIDAD PARA EL AGREGADO GLOBAL**

Para el ensayo de consistencia y trabajabilidad del agregado global se tuvo como objetivo llegar de 2 a 3 pulgadas de asentamiento (slump) en el concreto fresco, conforme recomiendan las especificaciones técnicas para pavimentos. Se ha preparado tandas de prueba con una relación agua/cemento constante igual a 0.45 y con seis combinaciones de agregados diferentes, en los siguientes porcentajes.

- 50 % de piedra y 50 % de arena;
- 52 % de piedra y 48 % de arena;
- 54 % de piedra y 46 % de arena;
- 56 % de piedra y 44 % de arena;
- 58 % de piedra y 42 % de arena y
- 60 % de piedra y 40 % de arena.

En cada combinación de agregados se hallo experimentalmente la cantidad de agua necesaria para lograr 3 pulgadas de asentamiento en el concreto y por ende obtener la mejor trabajabilidad del concreto.

Por ejemplo : Para 50% de piedra y 50% de arena se hizo los tres diseños siguientes:

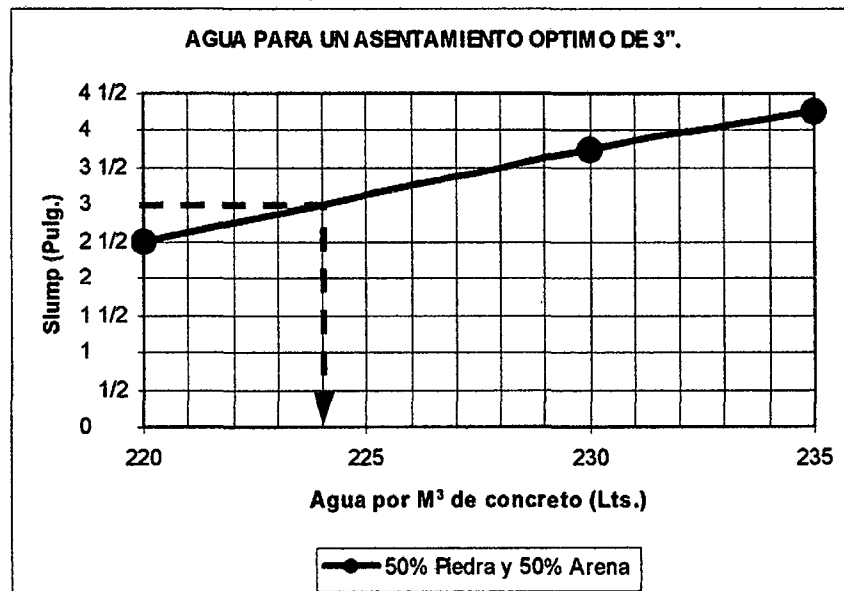
Cuadro N° 3.2: Diseño de mezclas para pruebas de trabajabilidad en el agregado global.

50% Piedra y 50% Arena	Diseño peso seco		
	1°	2°	3°
Cemento (Kg)	489	511	522
Agua (Lts)	220	230	235
Arena (Kg)	789	767	756
Piedra (Kg)	801	779	768
Slump (Pulg)	2 1/2	3 3/4	4 1/4

Cada diseño se han calculado empleando el método del Comité del ACI-211, teniendo como datos los porcentajes de los agregados (50% de piedra y 50% de arena para este caso) y asumiendo las cantidades de agua por metro cúbico. Con estos diseños se calcularon tandas de sesenta kilos (60 Kg.).

Al final se halla el asentamiento para cada tanda por el método del Cono de Abrams y se gráfica como sigue:

Gráfico N° 3.2 : Se muestra el Agua Vs. Asentamiento. Necesitamos un Slump de 3".



En el gráfico se puede observar que para obtener un asentamiento de 3 pulgadas se necesitaría 224 litros de agua por metro cúbico de concreto

teóricamente. Con este método la cantidad de agua hallada en el concreto tiene mucha aproximación.

Para comprobar se hizo un diseño con 224 litros de agua y fue ensayado mediante el cono de Abrams, dando como resultado un asentamiento de 3 1/8 pulgadas, por lo que fue ajustado la cantidad de agua a 223 litros por metro cúbico de concreto obteniéndose 3 pulgadas de asentamiento.

Este mismo proceso se realizó con las cinco restantes combinaciones de agregados para poder hallar la cantidad de agua necesaria, que produzca en la mezcla del concreto, un asentamiento de 3 pulgadas. Para ver estos resultados podemos ver el ANEXO C.

### **3.1.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ( 7 DÍAS) PARA EL AGREGADO GLOBAL**

Después de haber efectuado los ensayos de consistencia y trabajabilidad para cada combinación de agregados, se procedió a llenar moldes cilíndricos (de 4 x 8 pulgadas), para luego someterlos al ensayo de resistencia a la compresión a los siete (7) días, cuyos resultados se presentan en el cuadro siguiente:

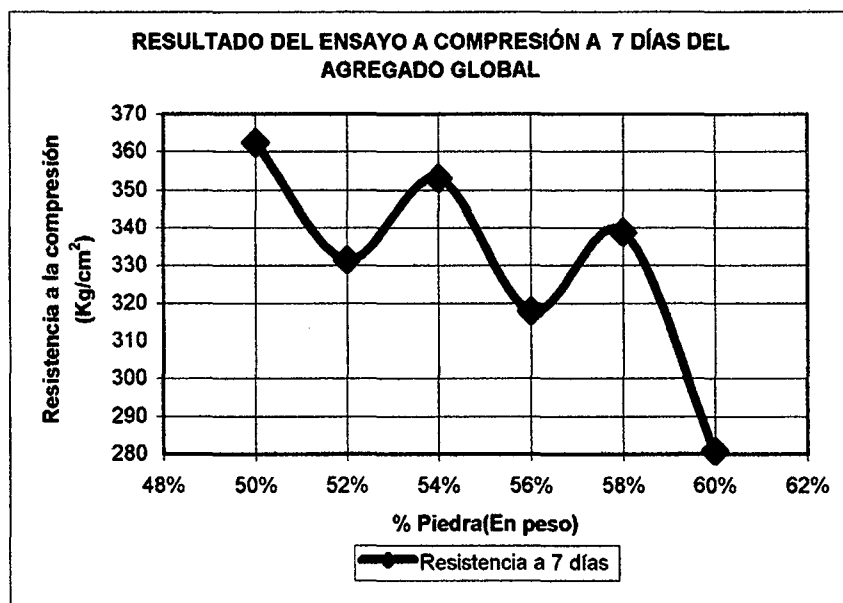
*Cuadro N° 3.3: Resistencia a la compresión ( 7 días) para cada combinación de agregado.*

<b>% Piedra</b>	<b>% Arena</b>	<b>f<sub>c</sub> (Kg/ cm<sup>2</sup>)</b>
50%	50%	<b>362</b>
52%	48%	<b>332</b>
54%	46%	<b>353</b>
56%	44%	<b>318</b>
58%	42%	<b>339</b>
60%	40%	<b>281</b>

(Ver ANEXO C)

Para comprender y analizar estos resultados se ha desarrollado el gráfico siguiente:

Gráfico N° 3.3 : Resultados de la resistencia a la compresión a los 7 días del agregado global.



(Ver ANEXO C)

En el gráfico se puede apreciar, que las probetas fabricadas con la combinación de 50% de piedra y 50% de arena tiene mayor resistencia a la compresión. Finalmente tenemos los siguientes resultados:

Cuadro N° 3.4: Resultados de compactación y resistencia a la compresión del Agregado Global.

ENSAYOS	% Piedra	% Arena
Máxima compactación.	56	44
Resistencia a la compresión a los siete (7) días.	50	50
Consistencia y trabajabilidad.	3"	

El resultado de la resistencia a la compresión es la decisiva para seleccionar los porcentajes de piedra y arena en el agregado global. Por esta razón, el agregado global seleccionado esta compuesto de:

Piedra = 50%

Arena = 50%

### **3.2 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL.**

La granulometría del agregado global se obtiene a partir de la granulometría de los agregados fino y grueso, para lo cual se utilizan los porcentajes retenidos ya hallados en el CAPITULO II para cada agregado. Además estos porcentajes se multiplican por el respectivo porcentaje de Piedra o Arena a emplear en el agregado global.

**Cuadro Nº 3.5: Granulometría del Agregado Global, 50% de piedra y 50% de arena.**

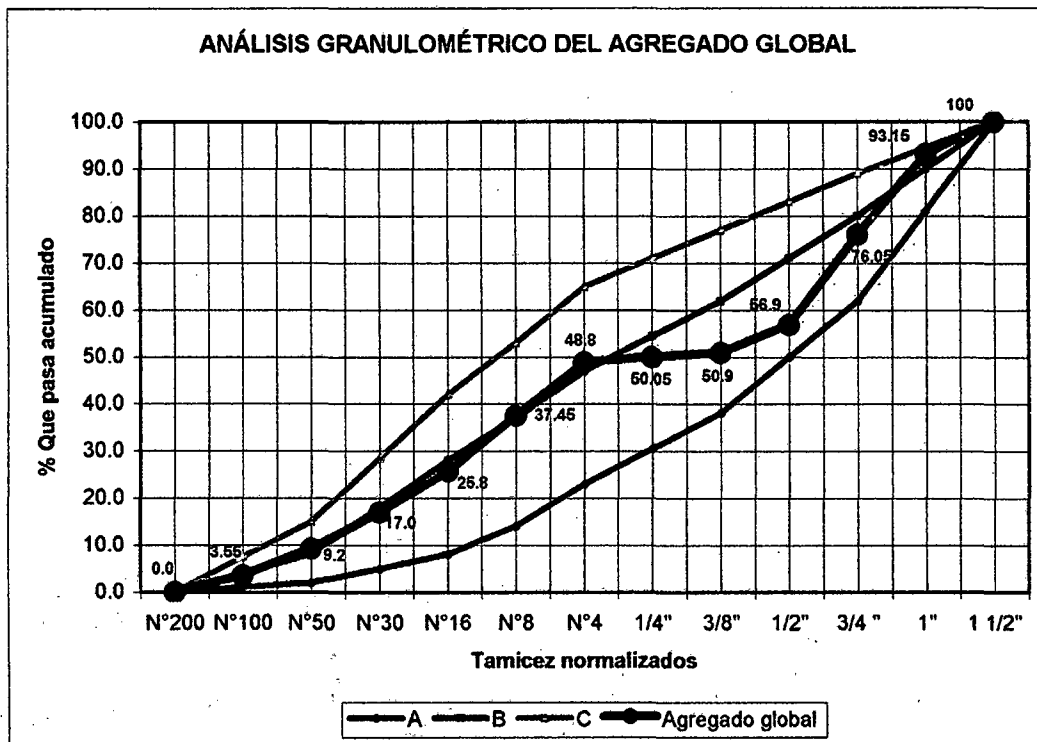
TAMIZ	Porcentajes retenidos (%)			% Retenido Acum.	% que pasa Acum.
	Piedra	Arena	50% Piedra + 50% Arena		
1 1/2"	0.00		0.00	0.00	100.00
1"	13.70		6.85	6.85	93.15
3/4 "	34.20		17.10	23.95	76.05
1/2"	38.30		19.15	43.10	56.90
3/8"	12.00		6.00	49.10	50.90
1/4"	1.70	0.00	0.85	49.95	50.05
Nº4	0.10	2.40	1.25	51.20	48.80
Nº8		22.70	11.35	62.55	37.45
Nº16		23.30	11.65	74.20	25.80
Nº30		17.60	8.80	83.00	17.00
Nº50		15.60	7.80	90.80	9.20
Nº100		11.30	5.65	96.45	3.55
F		7.10	3.55	100.00	0.00

**Cuadro Nº 3.6: HUSOS DIN 1045 para el Agregado Global.**

TAMIZ	% QUE PASA ACUMULADO		
	A	B	C
1 1/2"	100	100	100
3/4 "	62	80	89
3/8"	38	62	77
Nº4	23	47	65
Nº8	14	37	53
Nº16	8	28	42
Nº50	2	8	15

La gráfica de la granulometría del agregado global se ha graficado con los HUSOS DIN 1045 [11], los cuales se muestran en el Cuadro N° 3.6.

Gráfico N° 3.4 : Gráfico de la granulometría del Agregado Global y los HUSOS DIN 1045.



En el Gráfico N° 3.4 se ilustra la granulometría del agregado global mediante una curva a la cual se le ha unido con puntos que corresponde al % que pasa acumulado y su respectivo tamiz, tal como se muestra en el Cuadro N° 3.5.

Podemos observar de la gráfica del agregado global se ajusta más al HUSO "B", sin embargo se puede ver que esta pasando poco agregado por el tamiz de 1/2" y el tamiz de 3/8", por lo cual la curva del agregado global no coincide con la del HUSO "B".

[11] MORALES ALFARO, Mary P. "Investigación del Concreto de Alta Resistencia Metodología de Obtención y Determinación de las Propiedades de los Concretos de 550-1200 Kg/cm<sup>2</sup>". Pag. 185-188. Tesis-UNI. Lima - Perú.

# **CAPITULO IV :**

# **CONCRETO PATRÓN**

## **CAPITULO IV: CONCRETO PATRÓN.**

### **4.1 COMPRESIÓN AXIAL**

Generalmente[10] se considera que la resistencia a la compresión del concreto es su mas valiosa propiedad, aunque en muchos casos prácticos, existen otras características, como la elasticidad, durabilidad o la impermeabilidad, que pueden ser aun mas importantes. Sin embargo, la resistencia a la compresión suele dar una imagen general de la calidad del concreto, puesto que esta directamente relacionada con la estructura de la pasta de cemento fraguada.

Duff Abrams en 1919, estableció que : Cuando un concreto está “totalmente compactado”, se dice que la resistencia es inversamente proporcional a la relación agua/cemento.

#### **4.1.1 Resistencia a la compresión axial a 1, 2, 3, 7 y 28 días.**

Con los diseños obtenidos se procede realizar las mezclas y fabricar las probetas de ensayo. Para poder apreciar el comportamiento de la resistencia del concreto respecto al tiempo ensayaremos probetas de 4” x 8” , para las edades de 1, 2, 3, 7 y 28 días.

La resistencia a la compresión del concreto ( $f'c$ ) se calculó como sigue:

$$f'c = 4 \times P / (\pi \times d^2)$$

Donde:

$f'c$  = Es la resistencia a la compresión del concreto, en Kg-f /cm<sup>2</sup>.

$P$  = Es la carga última del ensayo de compresión, en Kg-f.

$d$  = Es el diámetro promedio de la probeta, en cm.

---

[10] CACHAY HUAMAN, Rafael. “Método del Agregado Global y Módulo de Finura para concreto de Mediana y Alta Resistencia”. Pag. 40-47. Tesis-UNI. Lima - Perú.



Las probetas se han ensayado en esta cantidad:

12 probetas a 1 día (24 horas).

12 probetas a 2 días (48 horas).

03 probetas a 3 días (72 horas).

03 probetas a 7 días.

06 probetas a 28 días.

El procedimiento consiste en lo siguiente:

1ºPaso: Se llenan los moldes con concreto para cada tipo de mezcla proporcionada por los diseños.

2ºPaso: Cada molde será llenado con concreto en tres capas, y cada capa será compactada mediante 25 golpes con la varilla compactadora.

3ºPaso: Al día siguiente se procede a sacar con mucho cuidado las probetas de los moldes, luego cada una de ellas será puesta en las pozas de curado hasta que cumplan con el tiempo requerido para poder realizar el ensayo de compresión. En el caso de las probetas que se ensayarían a 1 día ó a los 2 días no se colocaron en la poza de curado.

4ºPaso: Un día (24 horas) antes del día de ensayo las probetas se retiran de la poza de curado, para que estén completamente secas para el ensayo. Es por este motivo que las probetas que se ensayarían a 1 día ó a los 2 días no fueron colocadas en la poza de curado.

5ºPaso: El día de ensayo se les medirá las dimensiones, luego se les pondrá el capy ( mezcla de azufre y bentonita) para que las caras queden lo suficientemente uniformes y que la carga de compresión esté paralela al eje de la probeta.

6ºPaso: Las probetas se colocan en la maquina de compresión y luego se le aplicará carga gradualmente hasta su rotura. Este procedimiento se seguirá con todas las probetas.

7ºPaso: Se anota los resultados.

## **4.2 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

La resistencia a la flexión en el concreto se mide con el módulo de rotura. Para determinar el módulo de rotura ( $M_r$ ) en el concreto se elaboran vigas de 15 cm. de altura, con 15 cm. de ancho y 50 cm. de longitud, para ser ensayadas y determinar su resistencia a la flexión a las 24 horas. Estas vigas serán simplemente apoyadas con cargas a los dos tercios del tramo.

Según la Norma Técnica Peruana (NTP) se pueden dar los siguientes casos en este ensayo:

- a) Si la falla ocurre en el tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = P \times L / (b \times h^2)$$

Donde:

- $M_r$  = Es el módulo de rotura del concreto, en Kg-f/cm<sup>2</sup>.
- $P$  = Carga máxima de rotura indicada por la maquina, en Kg-f.
- $L$  = Es la luz libre entre apoyos, en cm.
- $b$  = Ancho promedio de la viga en la sección de falla, en cm.
- $h$  = Altura promedio de la viga en la sección de falla, en cm.

- b) 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 calculará mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = 3 \times P \times a / (b \times h^2)$$

Donde:

- $M_r$  = Es el módulo de rotura del concreto, en Kg-f/cm<sup>2</sup>.
- $P$  = Carga máxima de rotura indicada por la maquina, en Kg-f.
- $a$  = Distancia entre la línea de falla y el apoyo mas cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga, en cm.
- $b$  = Ancho promedio de la viga en la sección de falla, en cm.
- $h$  = Altura promedio de la viga en la sección de falla, en cm.

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

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- 1ºPaso: Se llenan los moldes con concreto para cada tipo de mezcla proporcionada por los diseños.
- 2ºPaso: Cada molde será llenado con concreto en dos capas, y cada capa será compactada mediante 54 golpes, con una varilla compactadora.
- 3ºPaso: Al día siguiente se procede a desencofrado con mucho cuidado las vigas de los moldes. En este caso de las vigas se ensayarían a 24 horas (1 día) por eso no se colocan en la poza de curado. La prueba a flexión se realizara tan pronto como sea posible.
- 4ºPaso: Se marcan en la cara inferior de moldeado y se dividen en 3 partes iguales, dentro de una luz de 45 cm. es decir cada parte medirá 15 cm.. Todo esto tratando de dejar como mínimo 2.5 cm. a los costados de el eje del apoyo.
- 5ºPaso: Tomar tres medidas a lo largo de cada dimensión ( una en cada extremo y una al centro) con aproximación de 1 mm.
- 6ºPaso: La viga se gira sobre uno de los lados con respecto a la posición de moldeado y se centra sobre las placas de apoyo de la maquina de ensayo.
- 7ºPaso: Se aplica la carga a una velocidad constante, entre 0.86 Mpa/min y 1.21 Mpa/min, hasta producir la rotura de la viga.

### **4.3 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DIAMETRAL**

El ensayo de resistencia a la tracción diametral en el concreto se realizo en probetas cilíndricas iguales a las destinadas a los ensayos de compresión axial.

Se elaboran probetas cilíndricas de 4" x 8" para ser ensayadas y determinar su resistencia a la tracción diametral a las 24 horas. El ensayo consiste en romper la probeta entre dos palcos de una prensa de compresión según dos generatrices opuestas. El contacto de los palcos con la probeta se realiza por intermedio de regletas de contraplacado de 5 mm de espesor, su anchura es de 1/10 del diámetro del cilindro. Es necesario que el centrado sea lo más perfecto posible.

La resistencia a la tracción diametral se cálculo con la formula:

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

Donde:

$\sigma$  = Resistencia a la tracción diametral, en Kg-f /cm<sup>2</sup>.

$P$  = Carga máxima de rotura indicada por la maquina, en Kg-f.

$D$  = Es el diámetro de la probeta cilíndrica, en cm.

$L$  = Es la longitud de la probeta cilíndrica, en cm.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1ºPaso: Se llenan los moldes con concreto para cada tipo de mezcla proporcionada por los diseños.

2ºPaso: Cada molde será llenado con concreto en tres capas, y cada capa será compactada mediante 25 golpes con la varilla compactadora.

3ºPaso: Al día siguiente se procede a sacar con mucho cuidado las probetas de los moldes. No se colocaron en la poza de curado por que se ensayaran a las 24 horas.

4ºPaso: Se les mide las dimensiones.

- 5ºPaso: Se coloca una placa de acero y un listón (regletas) de apoyo a lo largo del centro de la placa inferior. Se pone el cilindro sobre el listón, de tal manera que el punto de tangencia de las dos bases esté centrado sobre el listón de apoyo. Se coloca el segundo listón longitudinalmente sobre el cilindro, centrándolo en forma similar al anterior y se coloca encima la segunda placa de acero. Se sujeta comprimiéndolo con la maquina compresora.
- 6ºPaso: Aplicar la carga gradualmente hasta su rotura. Este procedimiento se seguirá con todas las probetas.
- 7ºPaso: Se anota los resultados.

#### **4.4 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN**

Existen varios métodos para el diseño de mezclas, se aplicó en esta investigación el método del ACI-211 (Ver anexo), por ser el más conocido; para el cual las proporciones de los agregados se calcularon con el método del Agregado Global.

Para esta investigación se ha empleado tres relaciones de agua/cemento diferentes: 0.40, 0.45 y 0.50.

Por cada relación agua / cemento se han efectuado tres diseños de mezcla con diferentes cantidades de agua, hallando experimentalmente la cantidad de agua para el concreto patrón que nos de un asentamiento de 3 pulgadas.

Se ha seguido el siguiente procedimiento:

- 1ºPaso: Definir los porcentajes de agregado.
- 2ºPaso: Definir la relación agua/cemento para el concreto patrón a realizar.
- 3ºPaso: Asumir la cantidad de agua a emplear por metro cúbico de concreto.
- 4ºPaso: Calcular el diseño de mezcla por el método del ACI-211.
- 5ºPaso: Definir y pesar la tanda.
- 6ºPaso: Vaciar a la mezcladora la piedra, la arena y el cemento, en ese orden.
- 7ºPaso: Poner a funcionar la mezcladora y echarle 80 % del agua de diseño. Luego de 30 a 40 segundos, vista la consistencia de la mezcla, echar el agua restante. El mezclado dura 4 minutos, desde el primer contacto del agua con el cemento.
- 8ºPaso: Vaciar la mezcla y hacerle el ensayo de consistencia por el método del cono de Abrams, para medir su asentamiento.
- 9ºPaso: Graficar los resultados.

La cantidad de agua para cada relación agua/cemento se ha obtenido en tandas de 54 kilos. Una vez que se halla la cantidad de agua, los pasos 3° y 9° se omiten para la realización del concreto patrón.

Los diseños de mezcla del concreto patrón por metro cúbico, resultaron los siguientes:

**Cuadro N° 4.1: Diseños patrones utilizados en la investigación.**

<b>DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN</b>			
<b>Denominación:</b>	<b>P- 0.40</b>	<b>P- 0.45</b>	<b>P - 0.50</b>
<b>a / c</b>	<b>0.40</b>	<b>0.45</b>	<b>0.50</b>
<b>Cemento (Kg)</b>	<b>583</b>	<b>496</b>	<b>420</b>
<b>Agua (Lts)</b>	<b>233</b>	<b>223</b>	<b>210</b>
<b>Arena (Kg)</b>	<b>735</b>	<b>782</b>	<b>829</b>
<b>Piedra (Kg)</b>	<b>746</b>	<b>794</b>	<b>841</b>

(Ver anexo E)

El Cuadro N° 4.1 nos muestra los pesos secos de los diseños de mezcla del concreto patrón, para cada relación agua/cemento. Estos pesos se han de corregir por humedad y por absorción según sea el estado de los agregados. Así también se puede notar la denominación respectiva, de cada diseño patrón, que se le ha dado a lo largo de toda la investigación.

**CAPITULO V :**  
**CONCRETO PATRÓN CON**  
**ADITIVOS**



# **CAPITULO V: CONCRETO PATRÓN CON ADITIVOS**

## **5.1 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON ADITIVOS**

Al concreto patrón se adiciono dos tipos de aditivos: el aditivo Súper-plastificante de alto rango Viscocrete-3 ( V ), el aditivo Acelerante Rapid-1 (R), productos de la marca SIKA PERÚ S.A.

Para conocer la dosis de los aditivos a emplear, se realizaron pruebas de eficiencia con diferentes porcentajes de los aditivos, conforme se recomienda en las respectivas hojas técnicas elaboradas por la marca SIKA PERU S.A.

Según la hoja técnica de Sika-Viscocrete-3, las dosis para concretos plásticos suaves se encuentran en el rango de 0.4% - 1.2% del peso de cemento. Para el aditivo Sika-Rapid-1 el rango de dosis es de 0.5% - 3% del peso de cemento.

Para las pruebas de eficiencia se empleo el diseño de el concreto patrón de relación agua / cemento igual a 0.45. Se llenaron moldes cilíndricos de 4" x 8" para el ensayo de resistencia a la compresión a las 24 horas.

La eficiencia de los aditivos se encontró efectuando el siguiente proceso:

1ºPaso: Realizar el diseño de mezcla P- 0.45, por el método del ACI-211.

2ºPaso: Definir y pesar la tanda.

3ºPaso: Definir y pesar la cantidad de aditivo a emplear.

4ºPaso: El agua de la tanda se divide en dos (2) partes iguales. En una de las partes se echa el aditivo o los aditivos a emplearse.

5ºPaso: Vaciar a la mezcladora la piedra, la arena y el cemento, en ese orden.

- 6ºPaso: Poner en funcionamiento la mezcladora y echar el agua con aditivo. Luego de 30 a 40 segundos, vista la consistencia de la mezcla, echar el agua restante. En el caso de emplear aditivo súper-plastificante el agua restante no se echa en su totalidad, sino una parte de ella hasta lograr la consistencia deseada. El mezclado dura 4 minutos, desde el primer contacto del agua con el cemento.
- 7ºPaso: Vaciar la mezcla y hacer el ensayo del cono de Abrams, para medir su asentamiento.
- 8ºPaso: Llenar los moldes cilíndricos de 4" x 8" , con la mezcla, para el ensayo de resistencia a la compresión a las 24 horas. Previamente los moldes deben estar limpios y engrasados. El llenado se realiza en tres capas y con 25 golpes por capa, utilizando una varilla compactadora.
- 9ºPaso: Dos horas antes de llegar a la hora del ensayo, se desencofran las probetas para su capeado.
- 10ºPaso: Se someten las probetas al ensayo de resistencia a la compresión.
- 11ºPaso: Graficar los resultados.

Una vez encontrada la dosificación de los aditivos, de mejores resultados en el ensayo de resistencia a la compresión a las 24 horas. Se realizará los mismos ensayos que se han efectuado para el concreto patrón, utilizando esta vez todas las relaciones agua/cemento ( 0.40,0.45 y 0.50) y en los tiempos indicados en cada caso.

Se ha obtenido para este caso una dosificación de mejores resultados con 1.20% de aditivo Súper-plastificante Viscocrete-3 ( de notación "V" ) y 1.75% de aditivo Acelerante Rapid-1 (de notación R). Además a este concreto se le denomina " CONCRETO RV".

**CAPITULO VI :**  
**CONCRETO PATRÓN**  
**CON ADITIVOS Y CENIZA**  
**VOLANTE**

## **CAPITULO VI: CONCRETO PATRÓN CON ADITIVOS Y CENIZA VOLANTE**

Existen investigaciones al respecto del efecto de la ceniza volante sobre el concreto, donde se le da la propiedad de acelerar la resistencia inicial del concreto. Sin embargo existen también investigaciones que dicen lo contrario. En este capítulo se hará un estudio a la ceniza volante obtenida, para observar su comportamiento con el cemento y luego con el concreto patrón con aditivos.

### **6.1 DISEÑO DE MORTEROS CON CENIZA VOLANTE**

Se ha preparado mezclas de morteros a los cuales se les ha adicionado 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza volante y se les ha ensayado a compresión en cubos de mortero de 2"x 2".

Para el diseño de estos morteros se ha tenido en cuenta las siguientes relaciones de peso: 1 parte de cemento, 3 partes de arena de OTAWA, 0.99 de agua y un porcentaje de ceniza volante respecto del peso de cemento, resultando los siguientes diseños:

*Cuadro N° 6.1: Diseños de mortero patrón (0% de ceniza volante) con diferentes porcentajes de ceniza volante.*

% Ceniza		0%	5%	10%	15%	20%
Materiales	Relación de peso	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4	Mezcla 5
		Peso en	Peso en	Peso en	Peso en	Peso en
Cemento	1.00	639.5	633.3	633.3	630	633.3
Ceniza	-	0	31.7	63.3	94.5	126.7
Arena	3.00	1918.5	1900	1900	1890	1900
Agua	0.99	633	627	627	624	627

Estos morteros se realizaron con arena que cumplía las especificaciones de granulometría de la arena de Ottawa según la N.T.P (Ver ANEXO K). Se ha adicionado hasta el 20% de ceniza volante teniendo en cuenta bibliografía como el libro de "CEMENTO" de ASOCEM donde dice que el porcentaje de

ceniza volante empleado en el concreto FAST TRACK es del orden del 10% del peso de cemento.

Para preparar las mezclas se siguió el procedimiento siguiente:

- 1°Paso: Preparar los moldes de metal duro, limpiándolos y engrasándolos con petróleo. Colocarlos finalmente en una superficie plana y en el orden en el cual serán llenados.
- 2°Paso: Pesar el material.
- 3°Paso: Colocar aproximadamente el 80% de agua en el recipiente de la maquina mezcladora. La maquina mezcladora es de mando eléctrico y tiene dos velocidades.
- 4°Paso: Añadir el cemento mezclándolo por 30 segundos a velocidad N°1
- 5°Paso: Añadir toda la arena en 15 segundos a velocidad N°1
- 6°Paso: Añadir toda ceniza volante en 15 segundos a velocidad N°1. En el caso del mortero patrón se obvia este paso.
- 7°Paso: Continuar 15 segundos más y apagar la maquina mezcladora.
- 8°Paso: Mover la mezcla con una espátula tratando de despegarla del recipiente y echarle el agua restante.
- 9°Paso: Prender la maquina mezcladora con velocidad N°2 por 30 segundos.
- 10°Paso: Apagar la mezcladora y retirar el recipiente de la maquina mezcladora.
- 11°Paso: Vaciar el mortero en 2 capas, de 1 pulgada de espesor aproximadamente. Se apisona cada capa con 32 golpes, con un compactador pequeño de 5 pulgadas de longitud y una cabeza cilíndrica de sección transversal circular de 3/5 pulgada de diámetro.
- 12°Paso: Los cubos que no se van a ensayar a las 24 horas se sumergen dentro de un tanque de almacenamiento con agua. Los cubos se retiran del agua 24 horas antes de ser ensayados.
- 13°Paso: Ensayar a la compresión y anotar los resultados.

La resistencia a la compresión del mortero ( $f_m$ ) se calcula como sigue:

$$f_m = P / A$$

Donde:

$f_m$  = Es la resistencia a la compresión del mortero, en Kg-f /cm<sup>2</sup>.

$P$  = Es la carga última el ensayo de compresión, en Kg-f.

$A$  = Es el área promedio de la probeta, en cm<sup>2</sup>.

Los cubos de mortero se han ensayado en esta cantidad:

04 probetas a 1 día (24 horas).

03 probetas a 3 días.

03 probetas a 7 días.

Sin embargo se ha realizado pruebas adicionando 10%, 20% y 30% de ceniza volante a los siguiente diseños de mezcla:

(1) Concreto con Súper-plastificante Viscocrete-3

(2) Concreto con Acelerante Rapid-1 y Súper-plastificante Viscocrete-3

Este estudio se hizo para saber el comportamiento de la ceniza en las mezclas de concreto patrón con aditivo que ya estudiamos en el CAPITULO V.

## **6.2 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON SÚPER-PLASTIFICANTE VISCOCRETE-3 Y CENIZA VOLANTE.**

Al concreto patrón se adiciono el aditivo Súper-plastificante de alto rango Viscocrete-3 en una dosis de 1.2% del peso del cemento y ceniza volante en los siguientes porcentajes 10%, 20% y 30% del peso de cemento.

Para las pruebas se empleo el diseño de relación agua/cemento igual a 0.45. Se llenaron moldes cilíndricos de 4" x 8" para el ensayo de resistencia a la compresión a las 24 horas. Efectuamos el siguiente proceso:

- 1ºPaso: Realizar el diseño de mezcla P- 0.45 , por el método del ACI-211.
- 2ºPaso: Definir y pesar la tanda.
- 3ºPaso: Pesar el aditivo Viscocrete-3. Una dosis de 1.2% del peso del cemento.
- 4ºPaso: Definir y pesar la cantidad de ceniza volante a emplear.
- 5ºPaso: El agua de la tanda se divide en dos (2) partes iguales. En una de las partes se echa el aditivo.
- 6ºPaso: Vaciar a la mezcladora la piedra, la arena, el cemento y la ceniza volante, en ese orden.
- 7ºPaso: Poner en funcionamiento la mezcladora y echar el agua con aditivo. Luego de 30 a 40 segundos, vista la consistencia de la mezcla, echar el agua restante pero no en su totalidad, sino una parte de ella hasta lograr la consistencia deseada. El mezclado dura 4 minutos, desde el primer contacto del agua con el cemento.
- 8ºPaso: Vaciar la mezcla y hacer el ensayo del cono de Abrams, para medir su asentamiento.
- 9ºPaso: Llenar los moldes cilíndricos de 4" x 8" , con la mezcla, para el ensayo de resistencia a la compresión a las 24 horas. Previamente los moldes deben estar limpios y engrasados. El llenado se realiza en tres capas y con 25 golpes por capa, utilizando una varilla compactadora.

10ºPaso: Dos horas antes de llegar a la hora del ensayo, se desencofran las probetas para su capeado.

11ºPaso: Se someten las probetas al ensayo de resistencia a la compresión.

12ºPaso: Anotar u graficar los resultados.

Para los ensayos de resistencia a la compresión se hicieron a seis probetas por cada uno de los diferentes porcentajes de ceniza volante.

Además se les ha comparado con la resistencia a la compresión que se obtuvo a las 24 horas para el concreto patrón con aditivo Viscocrete-3 de la misma relación agua/cemento : V- 0.45 .

### **6.3 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON ACELERANTE RAPID-1 Y SÚPER-PLASTIFICANTE VISCOCRETE-3 Y CENIZA VOLANTE.**

Al concreto patrón se adiciono de 1.75 % de Acelerante Rapid-1 y 1.2% de Súper-plastificante Viscocrete-3. Ambas dosis respecto de el peso del cemento y ceniza volante en los siguientes porcentajes 10%, 20% y 30% del peso de cemento.

Para las pruebas se empleo el diseño de relación agua/cemento igual a 0.45. Se llenaron moldes cilíndricos de 4" x 8" para el ensayo de resistencia a la compresión a las 24 horas. Efectuamos el siguiente proceso:

1ºPaso: Realizar el diseño de mezcla P- 0.45 , por el método del ACI-211.

2ºPaso: Definir y pesar la tanda.

3ºPaso: Pesar el aditivo Rapid-1. Una dosis de 1.75% del peso del cemento.

4ºPaso: Pesar el aditivo Viscocrete-3. Una dosis de 1.2% del peso del cemento.

5ºPaso: Definir y pesar la cantidad de ceniza volante a emplear.

6ºPaso: El agua de la tanda se divide en dos (2) partes iguales. En una de las partes se echa el aditivo.



- 7ºPaso: Vaciar a la mezcladora la piedra, la arena, el cemento y la ceniza volante, en ese orden.
- 8ºPaso: Poner en funcionamiento la mezcladora y echar el agua con aditivo. Luego de 30 a 40 segundos, vista la consistencia de la mezcla, echar el agua restante pero no en su totalidad, sino una parte de ella hasta lograr la consistencia deseada. El mezclado dura 4 minutos, desde el primer contacto del agua con el cemento.
- 9ºPaso: Vaciar la mezcla y hacer el ensayo del cono de Abrams, para medir su asentamiento.
- 10ºPaso: Llenar los moldes cilíndricos de 4" x 8" , con la mezcla, para el ensayo de resistencia a la compresión a las 24 horas. Previamente los moldes deben estar limpios y engrasados. El llenado se realiza en tres capas y con 25 golpes por capa, utilizando una varilla compactadora.
- 11ºPaso: Dos horas antes de llegar a la hora del ensayo, se desencofran las probetas para su capeado.
- 12ºPaso: Se someten las probetas al ensayo de resistencia a la compresión.
- 13ºPaso: Anotar y graficar los resultados.

Para los ensayos de resistencia a la compresión se hicieron a seis probetas por cada uno de los diferentes porcentajes de ceniza volante.

Además se les ha comparado con la resistencia a la compresión que se obtuvo a las 24 horas para el concreto patrón con la combinación de aditivos del CAPITULO V : RV- 0.45 .

# **CAPITULO VII :** **CONCRETO FRESCO**

## **CAPITULO VII: CONCRETO FRESCO.**

### **7.1 GENERALIDADES.**

Consideramos que el concreto se encuentra en estado fresco cuando todavía no ha logrado alcanzar su fragua inicial, y por lo tanto, es vital que la consistencia de la mezcla sea tal que el concreto pueda transportarse, colocarse y acabarse con relativa facilidad y sin segregación.

Se analizó para este capítulo el concreto patrón con Acelerante Rapid-1 y Súper-plastificante Viscocrete-3 que nos dio mejores resultados en el CAPITULO V. Los resultados más al detalle se encuentran en el ANEXO Ñ.

#### **7.1.1 Peso Unitario.**

El peso unitario se refiere al peso que tiene el concreto en un determinado volumen, nos sirve para poder compararlo respecto a otros concretos y verificar que las proporciones de los materiales es la correcta.

Se logrará de la siguiente manera:

- 1ºPaso: Se llenará un recipiente cilíndrico con concreto, en tres capas y cada capa con 25 golpes por medio de una varilla de 60 cm. de longitud y 5/8" de diámetro.
- 2ºPaso: Una vez obtenido el peso del concreto y el volumen del recipiente, bastará una simple división para poder hallar el peso unitario del concreto fresco.

#### **7.1.2 Consistencia.**

La consistencia es la capacidad del concreto recién mezclado para fluir, en gran parte, también determina la facilidad con que el concreto puede compactarse, una vez seleccionados los materiales y las proporciones de la mezcla. El control primario sobre la trabajabilidad se lleva a cabo mediante

cambios en la consistencia, producidos por modificaciones en el contenido de agua.

Una forma de medirlo es mediante el cono de Abrams, el cual consiste en:

- 1ºPaso: Llenar un recipiente troncocónico en tres capas de igual volumen, cada capa será chuseada con 25 golpes en forma concéntrica de afuera hacia adentro, mediante una varilla lisa de 60 cm. de longitud, con un diámetro de 5/8" y terminada en una punta de forma semiesférica.
- 2ºPaso: Luego levantaremos el cono y procederemos a medir el asentamiento que ha sufrido el concreto con respecto a la altura del cono.
- 3ºPaso: Este asentamiento obtenido nos da un valor que puede ser comparado con la producción de concreto que estamos realizando y nos podrá indicar si hay que hacer algún cambio en las proporciones de los materiales.

### **7.1.3 Fluidez.**

Es la capacidad que tiene el concreto para comportarse como un líquido en determinadas circunstancias, se logra medir esta propiedad mediante la mesa de sacudidas.

El procedimiento es el siguiente:

- 1ºPaso: Se llenará el molde troncocónico que está colocado encima de la mesa de sacudidas en dos capas cada una de ellas de igual volumen, compactadas mediante una varilla lisa de 60 cm. de longitud, con un diámetro de 5/8".
- 2ºPaso: Se levantará el molde y luego procederemos mediante una manija a sacudir la mesa 15 golpes en 15 segundos.

3ºPaso: Luego se procederá a medir varios diámetros alcanzados por el concreto esparcido, lográndose un diámetro promedio que comparándose con el diámetro inicial nos dará un coeficiente llamado índice de fluidez.

4ºPaso: El índice de fluidez se calcula como sigue:

$$\text{Índice de fluidez (\%)} = \frac{(D_i - 25.4)}{25.4} \times 100$$

Donde :

$D_i$  = Diámetro del concreto esparcido, en cm.

#### **7.1.4 Exudación**

Es un tipo de segregación en la que parte del agua de la mezcla tiende a subir a la superficie del concreto recién colocado. Esto se debe a que los componentes sólidos de la mezcla no pueden retener toda el agua de mezclado cuando se asientan en el fondo. Por causa la exudación la superficie del concreto puede quedar demasiado húmeda y, si el agua queda atrapada entre elementos superpuestos de concreto, el resultado puede ser un concreto poroso, débil y poco durable. Si la evaporación del agua de la superficie es más rápida que la magnitud del sangrado, puede observarse agrietamiento por contracción plástica. Una parte del agua que asciende queda atrapada en las partes bajas laterales de las partículas de agregado grueso o de las varillas de refuerzo, creando así zonas de adherencia deficientes.

El procedimiento es el siguiente:

1ºPaso: Preparamos la mezcla de concreto, luego llenamos un recipiente, en este caso se empleo baldes de pintura, en tres capas cada capa con 25 golpes dejándose 2 centímetros libres en la parte superior del recipiente.

2ºPaso: Inmediatamente después de llenar , nivelar y enrazar la superficie, se coloca el recipiente sobre una plataforma nivelada o sobre un piso

libre de vibraciones y se tapa, manteniendo la misma en su lugar durante el ensayo.

3ºPaso: Una vez que inicie la exudación se transfiere el agua a un tubo graduado ( jeringa de 10 ml) y se anota la cantidad de agua acumulada, repitiéndose el procedimiento hasta que la mezcla deje de exudar.

### **7.1.5 Tiempo de fraguado**

El fraguado, es el proceso de endurecimiento del concreto, por lo tanto este ensayo tiene por finalidad determinar el tiempo que el mortero (extraído de la mezcla del concreto) demora en endurecer y ganar resistencia desde el ingreso de los materiales a la mezcladora.

Para la determinación del tiempo de fraguado se utilizo la aguja Vicat. Y se emplearon las agujas N°1, N°2, N°3, N°4, N°5, N°6 de diámetros 1 1/8", 13/16", 9/16", 5/16", 4/16" y 3/16" respectivamente.

El procedimiento es el siguiente:

1ºPaso: Preparamos la mezcla de concreto.

2ºPaso: Se coloca la malla tamiz de 1/4" sobre la mesa vibradora y se procede a tamizar el concreto para obtener el mortero.

3ºPaso: Se llenan con el mortero los recipientes metálicos o baldes para el ensayo en 2 capas con 25 golpes.

4ºPaso: Antes del ensayo retirar el agua que haya subido a la superficie de la muestra.

5ºPaso: Según el estado de endurecimiento del mortero, colocar en el aparato una aguja de tamaño apropiado que este en contacto con el mortero. Aplicar una fuerza vertical gradual y uniforme hacia abajo hasta lograr una penetración de 25 mm en un tiempo aproximado de 10 segundos.

- 6ºPaso: Registrar la fuerza aplicada, el área de la aguja de penetración y la hora del ensayo.
- 7ºPaso: En posteriores ensayos de penetración se debe tener cuidado en eludir sitios en los cuales el mortero ha sido alterado por penetraciones previas. La distancia libre entre la aguja y el sitio de cualquier penetración anterior, debe ser al menos de 2 veces el diámetro de la aguja que se use, pero en ningún caso inferior a 15 mm. se debe dejar una distancia libre entre aguja y la pared del recipiente por lo menos de 25 mm.
- 8ºPaso: Para muestras normales y temperaturas normales, el primer ensayo se debe hacer cuando haya transcurrido 3h. a 4h. y los demás ensayos cada hora. Para mezclas aceleradas o altas temperaturas, se recomienda realizar el primer ensayo cuando hayan transcurrido 1h. a 2h. y los demás ensayos a intervalos de 30 min. Para condiciones de baja temperatura o mezclas de hormigón retardado, el primer ensayo debe practicarse cuando hayan transcurrido 4h. a 6h. o más, los posteriores deben hacerse a intervalos de 1h. a menos que el incremento de la resistencia a la penetración indique que son aconsejables a intervalos más cortos.
- 9ºPaso: Para cada ensayo de fraguado se deben hacer por lo menos 6 penetraciones y los intervalos de tiempo entre ellas serán tales que suministren puntos adecuados y lo suficientemente espaciados para dibujar una curva satisfactoria de velocidad de endurecimiento. Las penetraciones deben continuarse hasta alcanzar una resistencia de por lo menos 4000 Psi. (280 Kg/cm<sup>2</sup>) ya que en este instante el concreto alcanza su fragua final. Es recomendable tener una calculadora para controlar la resistencia a la penetración

El ensayo se realizo a una temperatura entre 19 °C en el día, en la tarde 18 °C y en la noche 16 °C.

### **7.1.6 Contenido de aire.**

El ensayo del contenido de aire se realiza para saber que cantidad de vacíos tiene internamente el concreto en toda su masa. Sabemos que mientras más aire tenga internamente el concreto su resistencia a la compresión disminuirá. Pero también es necesario en casos de tener un clima con condiciones severas ( es decir de temperaturas muy bajas), ya que el aire incorporado en ciertas cantidades favorece la resistencia a las bajas temperaturas, sobre todo en casos en que el agua atrapada internamente aumente su volumen cuando entra en congelamiento.

El método que se describe para determinar el contenido de aire del concreto fresco, se basa en la medición del cambio de volumen del concreto sometido a un cambio de presión.

El equipo que se utilizo para este ensayo es el tipo B de la norma ASTM C231 (equipo tipo Washington), el que está equipado con un dial que registra directamente el contenido de aire, en porcentaje (%), con respecto al volumen de concreto. El equipo consta de un recipiente con tapa de acero cuya capacidad mínima es de 6 litros. La tapa está provista de un ajuste de goma o caucho para cierre hermético con el recipiente y lleva además otros aditamentos.

El procedimiento es aplicable a concreto fabricado con árido de densidad normal y tamaño máximo no superior a 2".El procedimiento seguido es el siguiente:

1ºPaso: Preparar la mezcla de concreto.

2ºPaso: Se llena el recipiente metálico, compactando en 2 capas con 25 golpes por capa, con una varilla metálica de 5/8" lisa, de aproximadamente 12" de longitud y con punta roma.



- 3ºPaso: Limpiar los bordes y en especial la goma de sello, colocar la tapa y ajustar herméticamente con las llaves que dispone en los bordes de la tapa.
- 4ºPaso: Cerrar las válvulas para aire y abrir las llaves para agua. Mediante una jeringa de goma introducir agua por una de las llaves de agua hasta que fluya por la otra llave. Golpear lateralmente con un mazo para expulsar burbujas de aire atrapadas en el agua introducida.
- 5ºPaso: Bombear aire a la cámara de presión hasta que la aguja del dial llegue a la marca de presión inicial. Reposar algunos segundos para enfriar el aire comprimido. Estabilizar la aguja, mediante bombeos o purga, en la marca de presión inicial.
- 6ºPaso: Cerrar las dos llaves de agua y abrir la válvula de entrada de aire comprimido de la cámara de aire al recipiente. Golpear suavemente los costados del recipiente, como también la tapa del dial para estabilizar la lectura.
- 7ºPaso: Leer con aproximación a 0,1% el contenido de aire registrado en el dial. Antes de abrir la tapa, mantener cerradas las válvulas de aire y abrir las llaves de agua para liberar la presión de aire existente en el recipiente.

Los resultados se muestran en el capítulo IX.

# **CAPITULO VIII :** **COMPARACIÓN DE** **COSTOS**

## CAPITULO VIII : COMPARACIÓN DE COSTOS

Se realizo un estudio de costos comparativos teniendo en cuenta los precios de los materiales en la ciudad de Lima.

Estos precios solo nos dan una referencia de los precios del concreto patrón y concreto "RV" ya que estos pueden variar de acuerdo al estado económico de nuestro país, que se rige por la oferta y la demanda.

Cuadro N° 8.1: Costo de los materiales para concreto patrón y concreto "RV".

MATERIALES	UNID.	Precio (S/.)	UNID.	P.U. (S/.)
Cemento Sol Tipo I	Bolsa	13.56	Kg	0.31906
Agua (Costo consumo comercial e indust.)	m <sup>3</sup>	3.335	Lt	0.00334
Arena Gruesa Gloria	m <sup>3</sup>	15.00	Kg	0.00906
Piedra Chancada Gloria	m <sup>3</sup>	25.00	Kg	0.01746
Acelerante Rapid-1 ( 42\$)	4 baldes	138.6	gr.	0.00693
Súper-plastificante Viscocrete-3 (99\$)	1 balde	326.7	gr.	0.01634

Estos precios NO INCLUYEN I.G.V. ni flete para puesta en obra. Son precios directo de fabrica (o cantera) según sea el caso. Además los precios están referidos al mes de octubre 2004 con tipo de cambio de S/. 3.30 para compra del dólar.

El costo por kilo de cemento se ha obtenido teniendo en cuenta que una bolsa de Cemento Sol Tipo I tiene un peso promedio de 42.5 kilos. Para los costos por kilo de los agregados que figuran en el Cuadro N° 8.1 se ha considerado el peso unitario suelto del agregado respectivo.

Para el precio del aditivo se considero que cada balde de acelerante Rapid-1 pesa 5 kilos y el peso del balde de Viscocrete-3 pesa 20 kilos.

El precio para el agua se ha considerado como de consumo comercial o industrial, en el caso de las empresas concreteras. Ya que el precio de agua domestico varia de acuerdo al consumo.

Los cuadros siguientes nos muestran los precios por metro cúbico de concreto patrón y concreto "RV" que ya se han estudiado en capítulos anteriores.

**Cuadro N° 8.2:** Costo del concreto patrón por metro cúbico, sin considerar los costos de operación.

Tipo de mezcla	P-0.40		P-0.45		P-0.50	
	Peso por m <sup>3</sup>	Costo (S/.)	Peso por m <sup>3</sup>	Costo (S/.)	Peso por m <sup>3</sup>	Costo (S/.)
Cemento (Kg)	583	186.01	496	158.25	420	134.00
Agua (Lts)	233	0.78	223	0.74	210	0.70
Arena (Kg)	735	6.66	782	7.09	829	7.51
Piedra (Kg)	746	13.02	794	13.86	841	14.68
<b>Costo Total (m<sup>3</sup>)</b>		<b>206.47</b>		<b>179.95</b>		<b>156.90</b>

**Cuadro N° 8.3:** Costo del concreto "RV" por metro cúbico, sin considerar los costos de operación. Se a tenido en cuenta la dosificación de mejores resultados.

Tipo de mezcla	RV-0.40		RV-0.45		RV-0.50	
	Peso por m <sup>3</sup>	Costo (S/.)	Peso por m <sup>3</sup>	Costo (S/.)	Peso por m <sup>3</sup>	Costo (S/.)
Cemento (Kg)	583	186.01	496	158.25	420	134.00
Agua (Lts)	169.9	0.57	160.3	0.53	152.5	0.51
Arena (Kg)	735	6.66	782	7.09	829	7.51
Piedra (Kg)	746	13.02	794	13.86	841	14.68
Rapid-1 (gr.)	10203	70.70	8680	60.15	7350	50.94
Viscocrete-3 (gr.)	6996	114.28	5952	97.23	5040	82.33
<b>Costo Total (m<sup>3</sup>)</b>		<b>391.25</b>		<b>337.12</b>		<b>289.97</b>

Podemos observar del Cuadro N° 8.2 y Cuadro N° 8.3 que los costos del concreto "RV" superan a los costos del concreto patrón en casi el doble( casi

90% más). Esto debido al consumo de aditivos que se emplea para la elaboración del concreto "RV".

Además en estos costos no están considerados los gastos por operación, la mano de obra ni el equipo a utilizar. Así por ejemplo en el caso del concreto "RV" los gastos por vibración o del concreto serian casi nulos ya que se trata de un concreto muy trabajable.

# **CAPITULO IX :**

# **CUADROS Y RESULTADOS**

## **CAPITULO IX : CUADROS Y RESULTADOS**

### **GENERALIDADES**

En este capítulo mostraremos los resultados de los diferentes ensayos efectuados a lo largo de toda el estudio del "CONCRETO FAST TRACK O CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL PARA PAVIMENTOS". Estos resultados son mostrados en cuadros con sus respectivos gráficos según sea el caso. Posteriormente se analizarán estos resultados en el CAPITULO X.

### **9.1. LOS AGREGADOS.**

#### **RESUMEN DE CUADROS Y GRÁFICOS**

**Cuadro N° 9.1.1** : Cuadro resumen de las características físicas de los agregados.

**Cuadro N° 91.2** : Resumen del ensayo de granulometría del agregado grueso.

**Gráfico N° 9.1.1** : Granulometría del agregado grueso.

**Cuadro N° 9.1.3** : Resumen del ensayo de granulometría del agregado fino.

**Gráfico N° 9.1.2** : Granulometría del agregado fino.

**Cuadro N° 9.1.1 : Cuadro resumen de las características físicas de los agregados.**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>AGREGADO GRUESO</b>	<b>AGREGADO FINO</b>
Peso Unitario Suelto	Kg / m <sup>3</sup>	1432	1655
Peso Unitario Compactado	Kg / m <sup>3</sup>	1616	1876
Peso Específico	gr / m <sup>3</sup>	2563	2525
Peso Específico de Masa S.S.S.	gr / m <sup>3</sup>	2581	2583
Tamaño Máximo	Pulg	1 1/2	-
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	1	-
Módulo de Finura		7.46	3.16
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> / gr	4.57	44.68
Contenido de Humedad	%	0.40	2.29
Porcentaje de Absorción	%	0.70	2.28
Material que pasa la Malla N° 200	%	-	4.87

(Ver ANEXO A y B)

**Leyenda**

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"



Cuadro N° 9.1.2 : Resumen del ensayo de granulometría del agregado grueso.

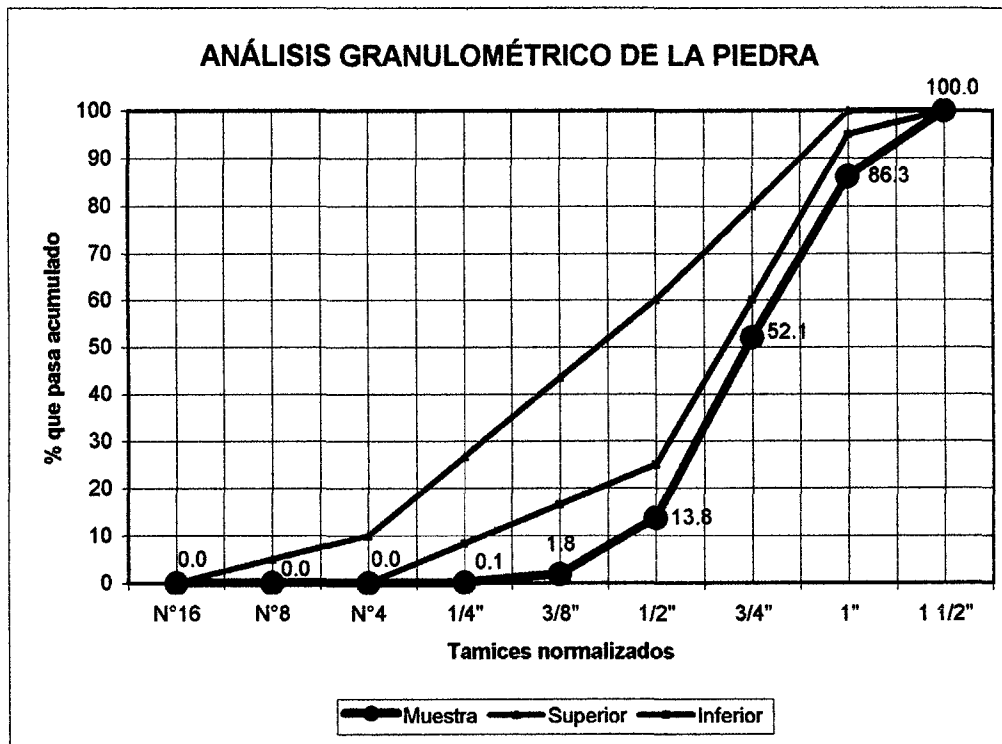
TAMIZ	Porcentajes retenidos (%)			% Retenido promedio	% Retenido Acum.	% que pasa Acum.
	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3			
1 1/2"	0	0	0	0.0	0.0	100.0
1"	12.14	12.73	16.37	13.7	13.7	86.3
3/4 "	33.12	35.67	33.77	34.2	47.9	52.1
1/2"	41.1	38.04	35.77	38.3	86.2	13.8
3/8"	11.77	11.88	12.31	12.0	98.2	1.8
1/4"	1.74	1.56	1.72	1.7	99.9	0.1
N°4	0.08	0.07	0.02	0.1	100.0	0.0
F	0.05	0.05	0.05	0.0	100.0	0.0

(Ver ANEXO A)

Leyenda

Piedra de la cantera "La Gloria"

Gráfico N° 9.1.1 : Granulometría del agregado grueso.



Cuadro N° 9.1.3 : Resumen del ensayo de granulometría del agregado fino.

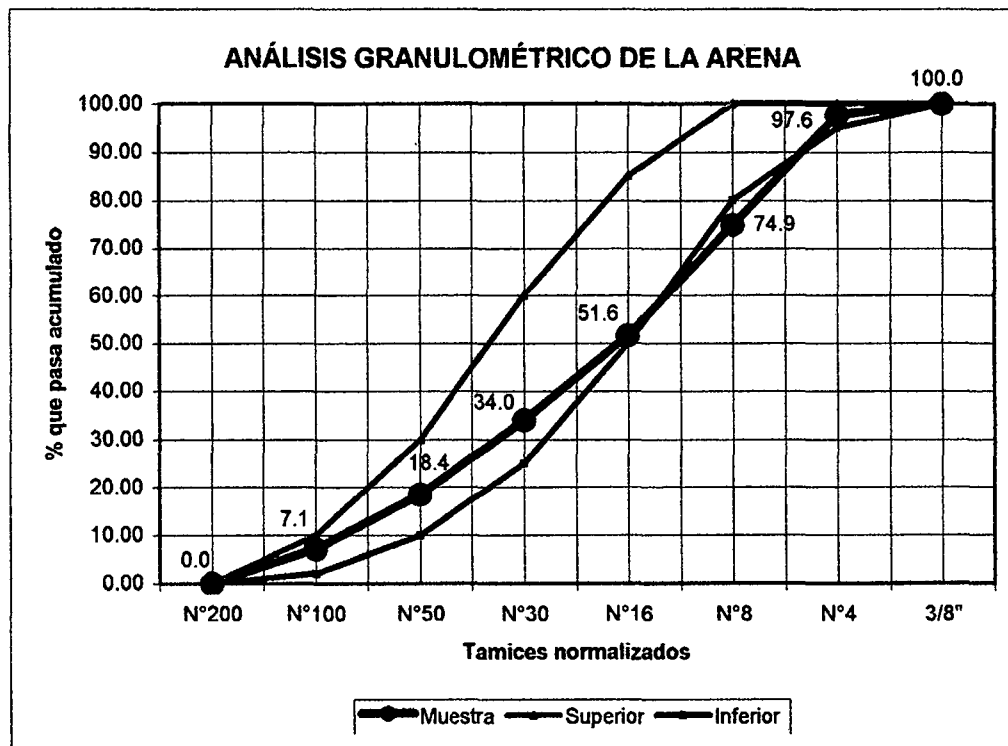
TAMIZ	Porcentajes retenidos (%)			% Retenido promedio	% Retenido Acum.	% que pasa Acum.
	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3			
3/8"	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	100.0
N°4	1.72	2.60	2.84	2.4	2.4	97.6
N°8	21.90	23.20	22.88	22.7	25.0	74.9
N°16	23.08	23.68	23.12	23.3	48.3	51.6
N°30	17.88	17.56	17.34	17.6	65.9	34.0
N°50	16.24	15.24	15.40	15.6	81.6	18.4
N°100	12.06	11.00	10.92	11.3	92.9	7.1
F	7.12	6.72	7.50	7.1	100.0	0.0

Total ( $\Sigma$ ) 100.0 316.1  
(Ver ANEXO B)

Leyenda

Arena de la cantera "La Gloria"

Gráfico N° 9.1.2 : Granulometría del agregado fino.



## **9.2 MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL**

### **RESUMEN DE CUADROS Y GRÁFICOS**

#### **9.2.1 PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA COMBINACIÓN**

**Cuadro N° 9.2.1** : Los resultados del ensayo de compacidad para el agregado global.

**Gráfico N° 9.2.1** : Los resultados de el ensayo de compacidad para el agregado global.

#### **9.2.2 ENSAYO DE CONSISTENCIA Y TRABAJABILIDAD PARA EL AGREGADO GLOBAL**

**Cuadro N° 9.2.2** : Resultados del ensayo de consistencia y trabajabilidad para el agregado global.

#### **9.2.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ( 7 DÍAS) PARA EL AGREGADO GLOBAL**

**Cuadro N° 9.2.3:** Resistencia a la compresión ( 7días) para cada combinación de Agregado.

**Gráfico N° 9.2.2** : Resultados de la resistencia a la compresión a los 7 días del Agregado Global.

**Cuadro N° 9.2.4:** Resultados de compactación y resistencia a la compresión del Agregado Global.

#### **9.2.4 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL.**

**Cuadro N° 9.2.5:** Granulometría del Agregado Global, 50% de piedra y 50% de arena.

**Gráfico N° 9.2.3** : Granulometría del Agregado Global y los HUSOS DIN 1045.

### 9.2.1 PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA COMBINACIÓN

Cuadro N° 9.2.1 : Los resultados del ensayo de compacidad para el agregado global.

AGREGADO			PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL ( Kg / m <sup>3</sup> )			P.U.C. PROMEDIO (Kg / m <sup>3</sup> )
COMB.	PIEDRA (%)	ARENA (%)				
1	58	42	2069	2055	2115	2080
2	56	44	2084	2137	2120	2113
3	54	46	2048	2087	2098	2078
4	52	48	2034	2077	2087	2066
5	50	50	2055	2091	2069	2072

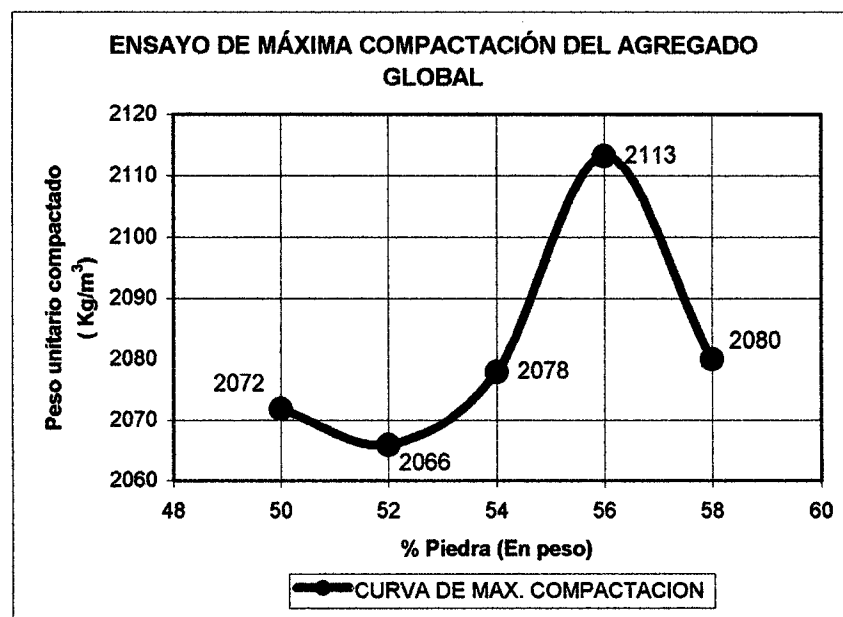
(Ver ANEXO C)

**Leyenda**

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Gráfico N° 9.2.1 : Los resultados del ensayo de compacidad para el agregado global.



Del Gráfico N° 9.2.1 podemos ver que la máxima compactación del agregado global se presenta para la combinación con 56% de piedra y 44% de arena en el agregado global.

### **9.2.2 ENSAYO DE CONSISTENCIA Y TRABAJABILIDAD PARA EL AGREGADO GLOBAL**

Cuadro N° 9.2.2 : Resultados del ensayo de consistencia y trabajabilidad para el agregado global.

COMBINACION		DISEÑO N°1		DISEÑO N°2		DISEÑO N°3		DISEÑO N°4		Tabaja_bilidad
Piedra	Arena	Agua (lt.)	Slump (pulg.)	Agua (lt.)	Slump (pulg.)	Agua (lt.)	Slump (pulg.)	Agua (lt.)	Slump (pulg.)	
50%	50%	220	2 1/2	230	3 3/4	235	4 1/4	223	3	Buena
52%	48%	220	2 3/4	230	4 1/4	235	5 1/2	222	3	Buena
54%	46%	220	2	230	2 5/8	235	3 3/8	233	3	Buena
56%	44%	230	1 7/8	235	2 3/8	240	3 3/4	238	3	Buena
58%	42%	230	2 1/4	235	2 3/4	240	4	236	3	Buena
60%	40%	230	2 7/8	235	3 3/8	240	4 1/2	232	3	Buena

(Ver ANEXO C)

Leyenda

Cemento Sol Tipo I  
Relación a/c = 0.45

Piedra de la cantera "La Gloria"  
Arena de la cantera "La Gloria"

Las tandas empleadas para los ensayos de consistencia, por el Método del Cono de Abrams, fueron de 60 kilos.

### **9.2.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ( 7 DÍAS) PARA EL AGREGADO GLOBAL**

Cuadro N° 9.2.3: Resistencia a la compresión ( 7 días) para cada combinación de agregado.

% Piedra	% Arena	f <sub>c</sub> (Kg/ cm <sup>2</sup> )
50%	50%	362
52%	48%	332
54%	46%	353
56%	44%	318
58%	42%	339
60%	40%	281

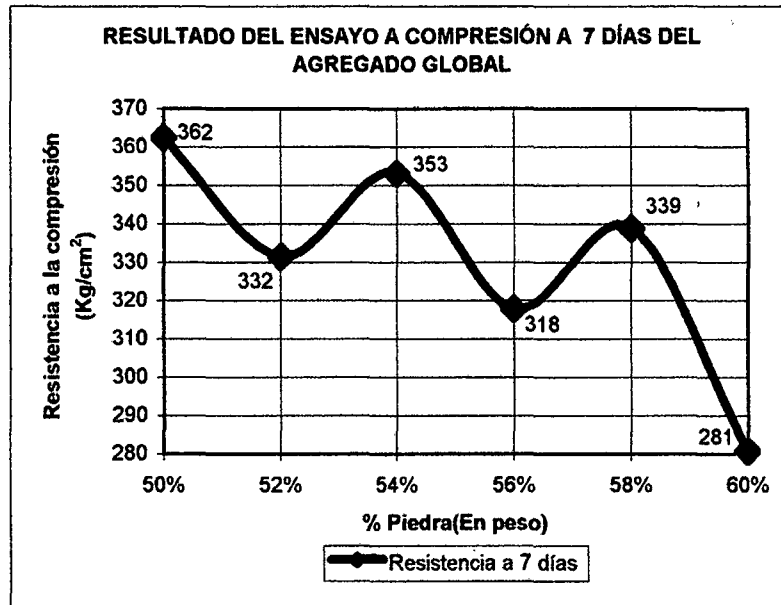
(Ver ANEXO C)

Leyenda

Cemento Sol Tipo I  
Relación a/c = 0.45

Piedra de la cantera "La Gloria"  
Arena de la cantera "La Gloria"

**Gráfico N° 9.2.2 : Resultados de la resistencia a la compresión a los 7 días del agregado global.**



**Leyenda**

Cemento Sol Tipo I  
Relación a/c = 0.45

Piedra de la cantera "La Gloria"  
Arena de la cantera "La Gloria"

Los resultados del ensayo a la compresión a 7 días del agregado global da como mejor a la combinación de 50% de piedra y 50% de arena.

**Cuadro N° 9.2.4: Resultados de compactación y resistencia a la compresión del Agregado Global.**

ENSAYOS	% Piedra	% Arena
Máxima compactación.	56	44
Resistencia a la compresión a los siete (7) días.	50	50
Consistencia y trabajabilidad.	3"	

Del Cuadro N° 9.2.4 la mejor combinación de piedra y arena para el Agregado Global es de 50% de piedra y 50% de arena.

## 9.2.4 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL.

Cuadro N° 9.2.5: Granulometría del Agregado Global, 50% de piedra y 50% de arena.

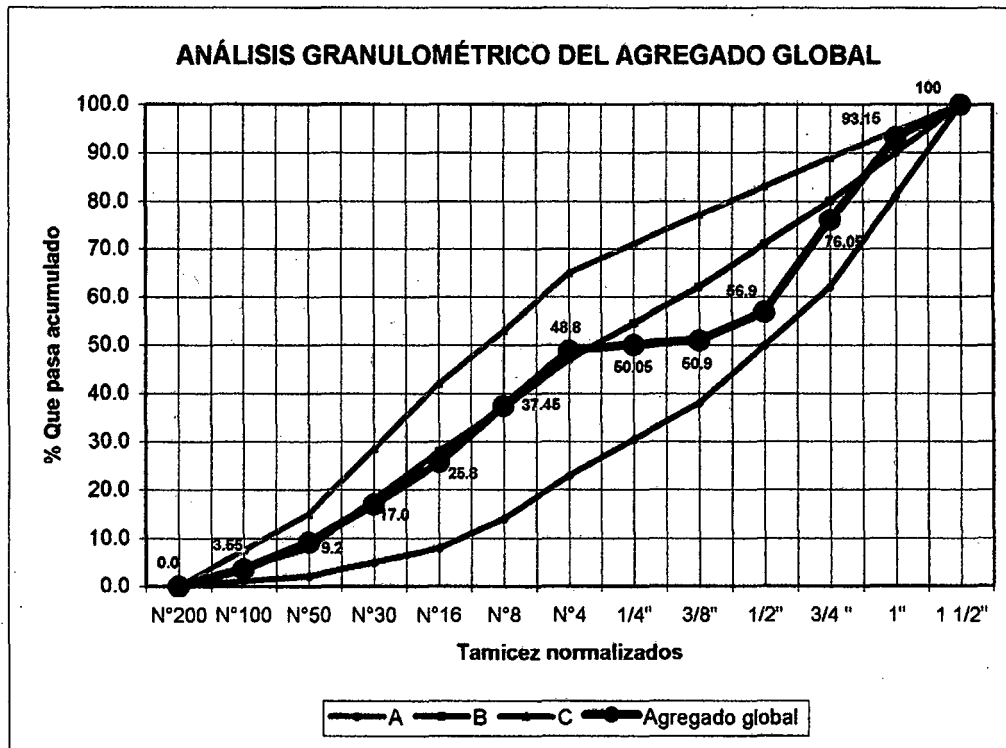
TAMIZ	Porcentajes retenidos (%)			% Retenido Acum.	% que pasa Acum.
	Piedra	Arena	50% Piedra + 50% Arena		
1 1/2"	0.00		0.00	0.00	100.00
1"	13.70		6.85	6.85	93.15
3/4 "	34.20		17.10	23.95	76.05
1/2"	38.30		19.15	43.10	56.90
3/8"	12.00		6.00	49.10	50.90
1/4"	1.70	0.00	0.85	49.95	50.05
N°4	0.10	2.40	1.25	51.20	48.80
N°8		22.70	11.35	62.55	37.45
N°16		23.30	11.65	74.20	25.80
N°30		17.60	8.80	83.00	17.00
N°50		15.60	7.80	90.80	9.20
N°100		11.30	5.65	96.45	3.55
F		7.10	3.55	100.00	0.00

### Levenda

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Gráfico N° 9.2.3 : Granulometría del Agregado Global y los HUSOS DIN 1045.



Leyenda

Piedra de la cantera "La Gloria"  
 Arena de la cantera "La Gloria"



### **9.3 CONCRETO PATRÓN.**

#### **RESUMEN DE CUADROS Y GRÁFICOS**

##### **9.3.1 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN.**

**Cuadro N° 9.3.1:** Diseños patrones utilizados en la investigación.

##### **9.3.2 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN.**

**Cuadro N° 9.3.2:** Resultados de ensayo a la compresión en probetas de 4"x 8", en Kg/cm<sup>2</sup>.

**Gráfico N° 9.3.1:** Resultados de ensayo a la compresión en probetas de 4"x 8", en Kg/cm<sup>2</sup>.

**Cuadro N° 9.3.3:** Resistencia a la compresión a 24 horas del concreto patrón, en porcentajes.

**Gráfico N° 9.3.2:** Resistencias a la compresión a 24 horas del concreto patrón, en porcentajes.

##### **9.3.3 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXIÓN.**

**Cuadro N° 9.3.4:** Las resistencias a la flexión para 24 horas, dados en Kg/cm<sup>2</sup>

**Gráfico N° 9.3.3:** Resistencias a la flexión a las 24 horas en el concreto patrón.

##### **9.3.4 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL.**

**Cuadro N° 9.3.5:** Compresión diametral en el concreto patrón a 24 horas, en Kg/cm<sup>2</sup>.

**Gráfico N° 9.3.4:** Resistencias a la compresión diametral a las 24 horas en el concreto patrón

### 9.3.1 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN.

Cuadro N° 9.3.1: Diseños patrones utilizados en la investigación.

<b>DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN</b>			
Denominación:	<b>P- 0.40</b>	<b>P- 0.45</b>	<b>P - 0.50</b>
<b>a / c</b>	<b>0.40</b>	<b>0.45</b>	<b>0.50</b>
Cemento (Kg)	583	496	420
Agua (Lts)	<b>233</b>	<b>223</b>	<b>210</b>
Arena (Kg)	735	782	829
Piedra (Kg)	746	794	841

(Ver ANEXO E)

#### Legenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Asentamiento constante ( 2" a 3" )

**Nota** : Al concreto patrón se le ha denotado por la letra "P" seguido de su relación agua/cemento. Así por ejemplo "P-0.45" se refiere al concreto patrón de relación agua/cemento igual a 0.45.

### 9.3.2 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN.

Cuadro N° 9.3.2: Resultados de ensayo a la compresión en probetas de 4" x 8", en Kg/cm<sup>2</sup>.

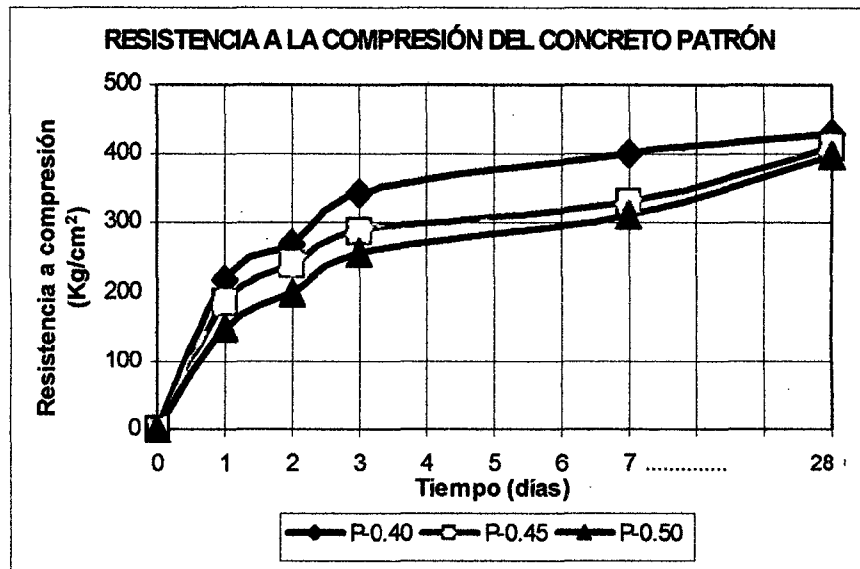
Denom.	NÚMERO DE DIAS				
	1	2	3	7	28
P-0.40	218	270	344	400	429
P-0.45	187	240	290	330	411
P-0.50	146	199	258	312	396

(Ver ANEXO F)

**Leyenda**

- Cemento Sol Tipo I
- Piedra de la cantera "La Gloria"
- Arena de la cantera "La Gloria"
- Asentamiento constante ( 2" a 3" )

Gráfico N° 9.3.1: Resultados de ensayo a la compresión en probetas de 4" x 8", en Kg/cm<sup>2</sup>.



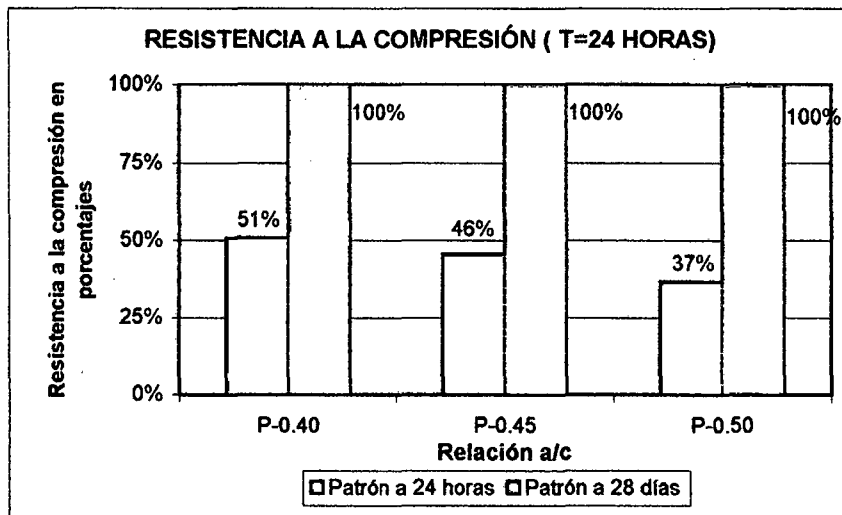
**Cuadro N° 9.3.3:** Resistencia a la compresión a 24 horas del concreto patrón en porcentajes.

Denom.	NÚMERO DE DÍAS	
	1	28
<b>P-0.40</b>	51%	100%
<b>P-0.45</b>	46%	100%
<b>P-0.50</b>	37%	100%

Leyenda

Cemento Sol Tipo I  
 Piedra de la cantera "La Gloria"  
 Arena de la cantera "La Gloria"  
 Asentamiento constante ( 2" a 3" )

**Gráfico N° 9.3.2:** Resistencias a la compresión a 24 horas del concreto patrón en porcentajes.



### 9.3.3 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXIÓN.

Cuadro N° 9.3.4: Las resistencias a la flexión para 24 horas, dados en Kg/cm<sup>2</sup>.

a/c	0.40	0.45	0.50
P	35.0	29.5	26.7

( Ver ANEXO G)

#### Leyenda

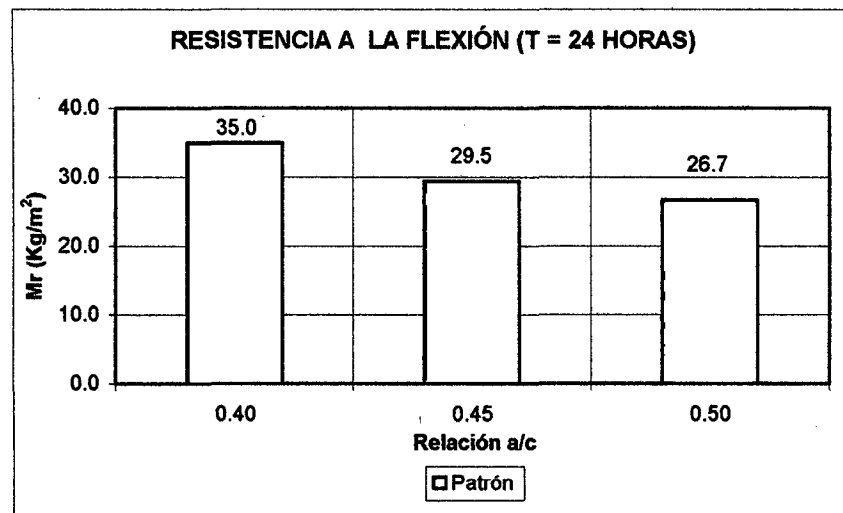
Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Asentamiento constante ( 2" a 3" )

Gráfico N° 9.3.3: Resistencias a la flexión a las 24 horas en el concreto patrón.



### 9.3.4 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN DIAMETRAL.

Cuadro N° 9.3.5: Compresión diametral en el concreto patrón a 24 horas, en Kg/cm<sup>2</sup>.

a/c	0.40	0.45	0.50
P	28.3	23.9	21.9

( Ver ANEXO G)

#### Leyenda

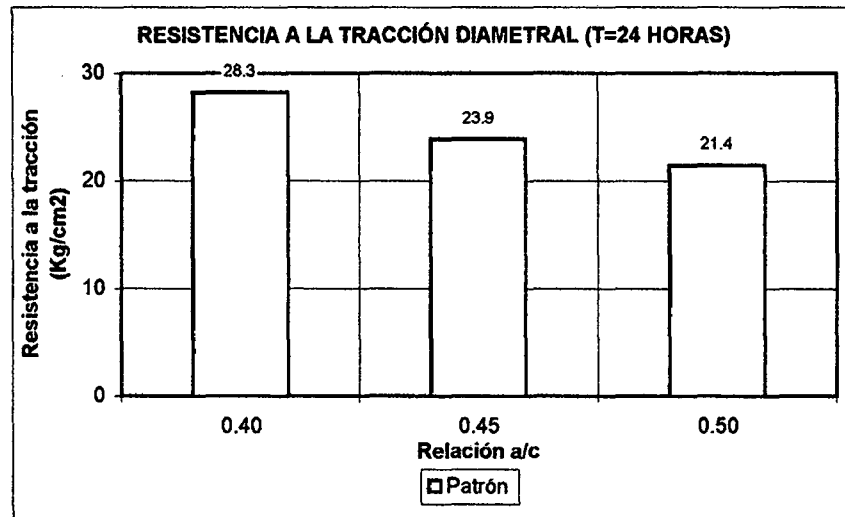
Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Asentamiento constante ( 2" a 3" )

Gráfico N° 9.3.4: Resistencias a la compresión diametral a las 24 horas en el concreto patrón.



## **9.4 CONCRETO PATRÓN CON ADITIVOS**

### **RESUMEN DE CUADROS Y GRÁFICOS**

#### **9.4.1 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON ADITIVOS**

##### **9.4.1.1 Concreto patrón con aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3**

**Cuadro N° 9.4.1:** Concreto con aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3, a 24 horas.

**Gráfico N° 9.4.1:** Concreto con aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3, a 24 horas.

##### **9.4.1.2 Concreto patrón con aditivo del Acelerante Sika-Rapid-1**

**Cuadro N° 9.4.2:** Concreto con aditivo Acelerante Sika-Rapid-1, a 24 horas.

**Gráfico N° 9.4.2:** Concreto con aditivo Acelerante Sika-Rapid-1, a 24 horas.

##### **9.4.1.3 Concreto patrón con aditivo Acelerante Rapid-1 y Súper-plastificante Viscocrete-3**

**Cuadro N° 9.4.3:** Concreto con aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 y Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3, a 24 horas.

**Gráfico N° 9.4.3:** Concreto con aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 con Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3, a 24 horas.

#### **9.4.2 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN.**

**Cuadro N° 9.4.4:** Las resistencias a la compresión a 24 horas de vaciado, en Kg/cm<sup>2</sup>

**Gráfico N° 9.4.4:** Resistencias a la compresión a 24 horas de vaciado.

**Cuadro N° 9.4.5:** Las resistencias a la compresión respecto del patrón tomado como 100%, a 24 horas.

**Gráfico N° 9.4.5:** Resistencias a la compresión respecto del patrón tomado como 100%, a 24 horas.

**Cuadro N° 9.4.6:** Las resistencias a la compresión para  $a/c = 0.40$ , en  $\text{Kg/cm}^2$

**Gráfico N° 9.4.6:** Resistencias a la compresión para  $a/c = 0.40$ .

**Cuadro N° 9.4.7:** Las resistencias a la compresión para  $a/c = 0.45$ , en  $\text{Kg/cm}^2$ .

**Gráfico N° 9.4.7:** Resistencias a la compresión para  $a/c = 0.45$

**Cuadro N° 9.4.8:** Las resistencias a la compresión para  $a/c = 0.50$ , en  $\text{Kg/cm}^2$ .

**Gráfico N° 9.4.8:** Resistencias a la compresión para  $a/c = 0.50$

**Cuadro N° 9.4.9:** Resistencia a la compresión respecto de la resistencia a la compresión del concreto patrón a 28 días, para  $a/c = 0.40$

**Cuadro N° 9.4.10:** Resistencia a la compresión respecto de la resistencia a la compresión del concreto patrón a 28 días, para  $a/c = 0.45$

**Cuadro N° 9.4.11:** Resistencia a la compresión respecto de la resistencia a la compresión del concreto patrón a 28 días, para  $a/c = 0.50$

**Gráfico N° 9.4.9:** Resistencia a la compresión del concreto con aditivo a las 24 horas, respecto del concreto patrón a 28 días tomado como 100%.

**Gráfico N° 9.4.10:** Resistencia a la compresión del concreto con aditivo respecto del concreto patrón tomado como 100%, a 28 días.

#### 9.4.3 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXIÓN.

**Cuadro N° 9.4.12:** Las resistencias a la flexión dados en  $\text{Kg/cm}^2$ , para 24 horas.

**Gráfico N° 9.4.11:** Resistencia a la flexión a las 24 horas.

**Cuadro N° 9.4.13:** Las resistencias a la flexión dados en porcentajes, a las 24 horas.

**Gráfico N° 9.4.12:** Resistencia a la flexión en porcentajes, a las 24 horas.



#### 9.4.4 RESULTADOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL.

**Cuadro N° 9.4.14:** Resistencia a la tracción diametral a 24 horas, en Kg/cm<sup>2</sup>.

**Gráfico N° 9.4.13:** Resistencia a la tracción diametral a 24 horas, en Kg/cm<sup>2</sup>.

**Cuadro N° 9.4.15:** Las resistencias a la tracción diametral dados en porcentajes, a las 24 horas.

**Gráfico N° 9.4.14:** Resistencia a la tracción diametral en porcentajes, a las 24 horas.

#### 9.4.5 COMPARACIÓN ENTRE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y TRACCIÓN DIAMETRAL.

**Cuadro N° 9.4.16:** Resultados de los ensayos realizados en el concreto patrón a 24 horas, en Kg/cm<sup>2</sup>.

**Cuadro N° 9.4.17:** Comparación de los ensayos realizados en el concreto patrón en porcentajes, a 24 horas.

**Cuadro N° 9.4.18:** Resultados de los ensayos realizados en el concreto patrón con Acelerante Sika-Rapid-1 y Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 a 24 horas, en Kg/cm<sup>2</sup>.

**Cuadro N° 4.19:** Comparación de los ensayos realizados en el concreto patrón con Acelerante Sika-Rapid-1 y Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 en porcentajes, a 24 horas.

#### 9.4.6 REDUCCIÓN DE AGUA

**Cuadro N° 9.4.20:** Porcentaje de agua utilizada y reducida al emplear Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 en el concreto patrón.

**Gráfico N° 9.4.15:** Reducción de agua para concreto patrón con Viscocrete-3.

**Cuadro N° 9.4.21:** Porcentaje de agua utilizada y reducida al emplear Acelerante Sika-Rapid-1 con Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3

**Gráfico N° 9.4.16:** Reducción de agua para concreto patrón con Rapid-1 y Viscocrete-3.

## 9.4.1 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON ADITIVOS

### 9.4.1.1 Concreto patrón con aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3

Cuadro N° 9.4.1: *Concreto con aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3, a 24 horas.*

Concreto patrón + aditivo Viscocrete-3 ( T=24 Horas)	
% Aditivo Viscocrete-3	f'c ( Kg/m <sup>2</sup> )
0.40%	197
0.80%	273
1.20%	317

#### Leyenda

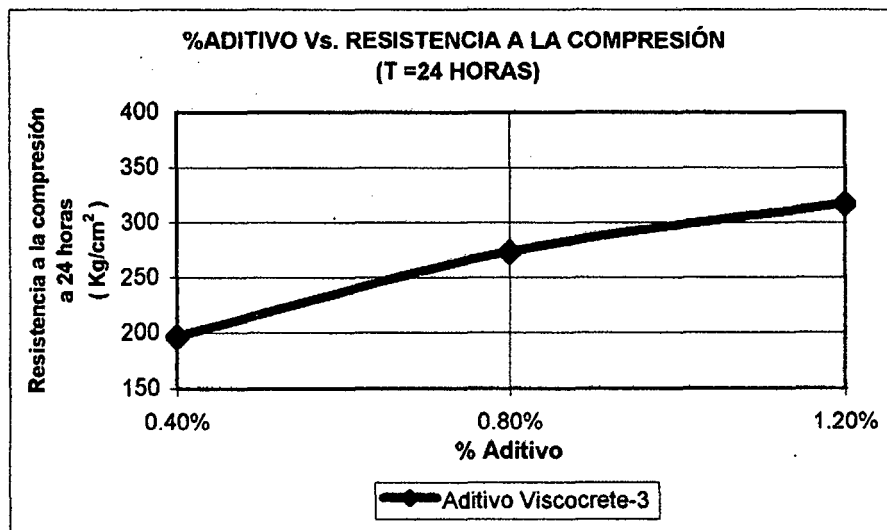
Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3

Gráfico N° 9.4.1: *Concreto con aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3, a 24 horas.*



En la gráfica que antecede podemos observar que la dosificación 1.2% del Viscocrete-3, da los más altos resultados de resistencia a la compresión a las 24 horas.

### 9.4.1.2 Concreto patrón con aditivo del Acelerante Sika-Rapid-1

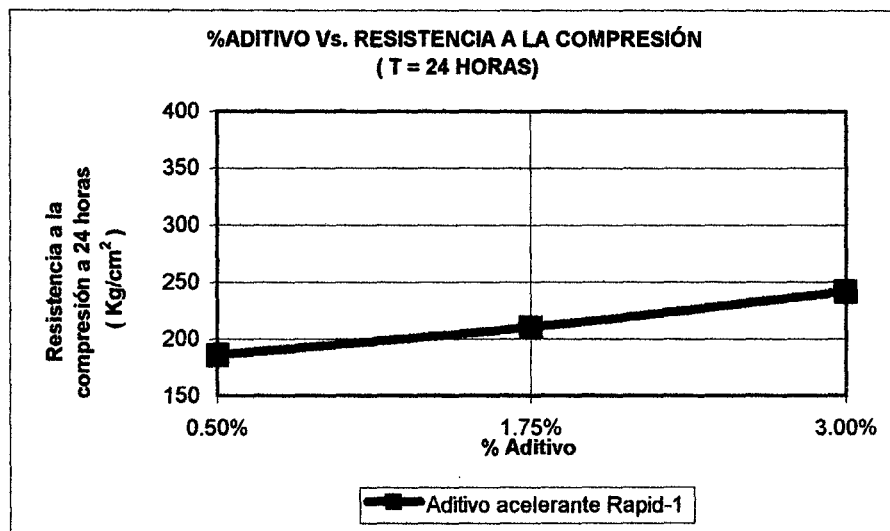
Cuadro N° 9.4.2: Concreto con aditivo Acelerante Sika-Rapid-1, a 24 horas.

Concreto patrón + aditivo Rapid – 1 (T=24 horas)	
% Aditivo Rapid-1	f <sub>c</sub> ( Kg/m <sup>2</sup> )
0.50%	186
1.75%	210
3.00%	241

#### Leyenda

Cemento Sol Tipo I  
Piedra de la cantera "La Gloria"  
Arena de la cantera "La Gloria"  
Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1

Gráfico N° 9.4.2: Concreto con aditivo Acelerante Sika-Rapid-1, a 24 horas.



En la grafica podemos observar que la dosificación 3 % del acelerante Rapid-1, da los más altos resultados de resistencia a la compresión a las 24 horas.

**9.4.1.3 Concreto patrón con aditivo Acelerante Rapid-1 y Súper-plastificante Viscocrete-3**

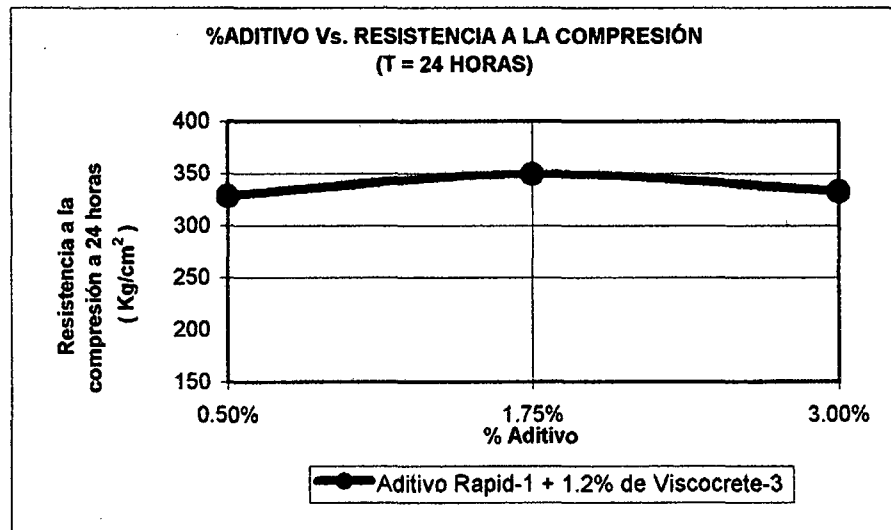
**Cuadro N° 9.4.3:** Concreto con aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 y Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3, a 24 horas.

<b>Concreto patrón + aditivo Rapid - 1 + 1.2% de Viscocrete-3 (T = 24 horas)</b>	
<b>% Aditivo Rapid-1</b>	<b>f<sub>c</sub> ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>
0.50%	329
1.75%	350
3.00%	333

**Leyenda**

- Cemento Sol Tipo I
- Piedra de la cantera "La Gloria"
- Arena de la cantera "La Gloria"
- Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1
- Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 ( dosis = 1.2 %)

**Gráfico N° 9.4.3:** Concreto con aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 con Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3, a 24 horas.



Del gráfico anterior vemos que el la optima dosificación de los aditivos en el concreto patrón a las 24 horas es: 1.75 % de acelerante Rapid-1 y 1.2% de súper-plastificante Viscocrete-3. Esta dosificación es la que estará en estudio en la presente investigación y se le denominara : **Concreto "RV"**

### 9.4.2 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN.

Cuadro Nº 9.4.4: Las resistencias a la compresión a 24 horas de vaciado, en Kg/cm<sup>2</sup>.

a/c	0.40	0.45	0.50
P	218	187	146
V	283	280	231
RV	349	324	288

#### Leyenda

Cemento Sol Tipo I

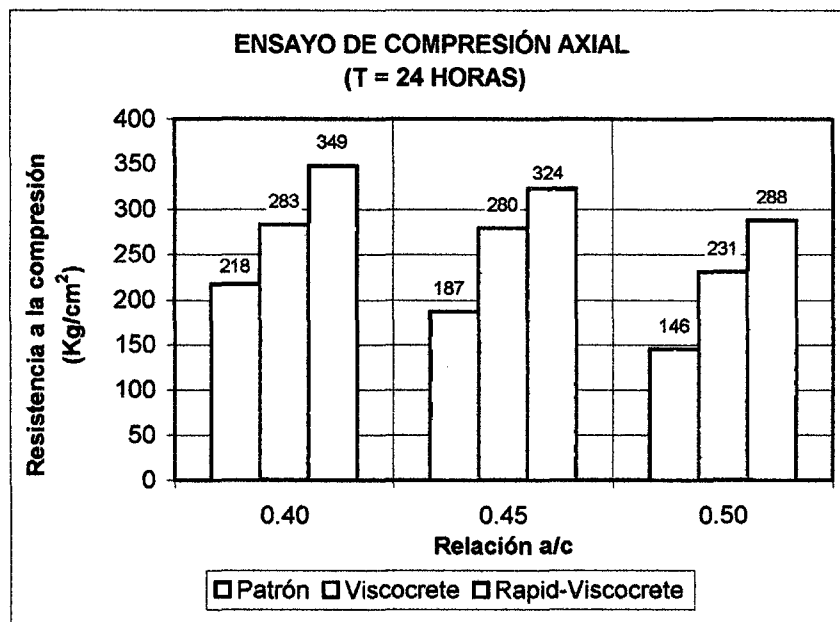
Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

Gráfico Nº 9.4.4: Resistencias a la compresión a 24 horas de vaciado.



Se puede notar que para todas las relaciones agua/cemento el concreto "RV" es el de mejores resultados.

El concreto patrón con aditivo Súper-plastificante Viscocrete-3 fue diseñado con una dosificación de 1.2% del peso de cemento, y a este concreto se le denota con la letra "V" seguida de su relación agua/cemento.

**Cuadro N° 9.4.5:** Las resistencias a la compresión respecto del patrón tomado como 100%, a 24 horas.

a/c	0.40	0.45	0.50
<b>P</b>	100%	100%	100%
<b>V</b>	130%	150%	158%
<b>RV</b>	160%	173%	198%

**Leyenda**

Cemento Sol Tipo I

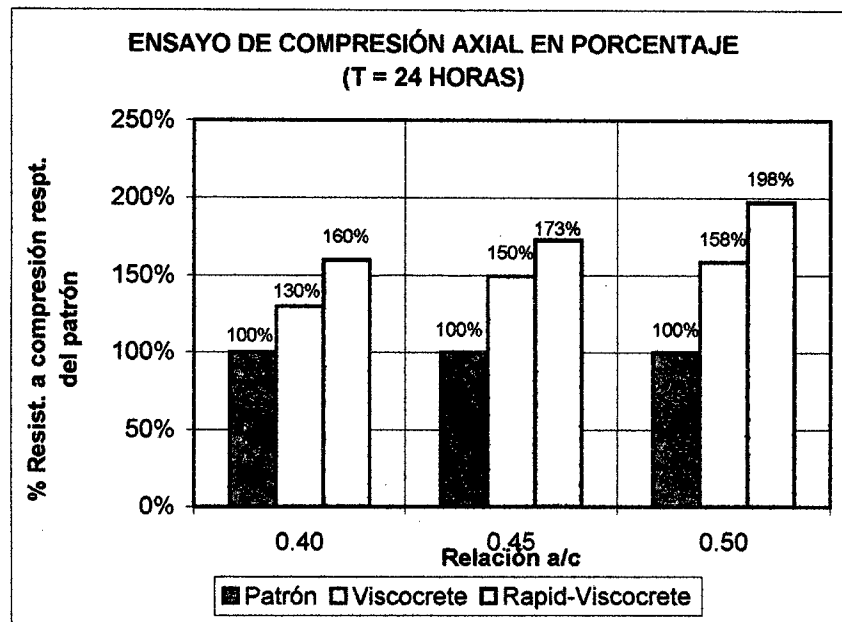
Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

**Gráfico N° 9.4.5:** Resistencias a la compresión respecto del patrón tomado como 100%, a 24 horas.



Del gráfico mostrado arriba vemos que respecto de los concretos patrones; los concretos "RV" tiene los mejores resultados y que además estos resultados mejoran conforme aumenta la relación agua/cemento. Todo esto a las 24 horas de vaciadas las mezclas.

**Cuadro N° 9.4.6:** Las resistencias a la compresión para  $a/c = 0.40$ , en  $\text{Kg/cm}^2$ .

Denom.	NÚMERO DE DÍAS				
	1	2	3	7	28
<b>P-0.40</b>	218	270	344	400	429
<b>V-0.40</b>	283	375	410	438	483
<b>RV-0.40</b>	349	444	346	475	510

**Leyenda**

Cemento Sol Tipo I

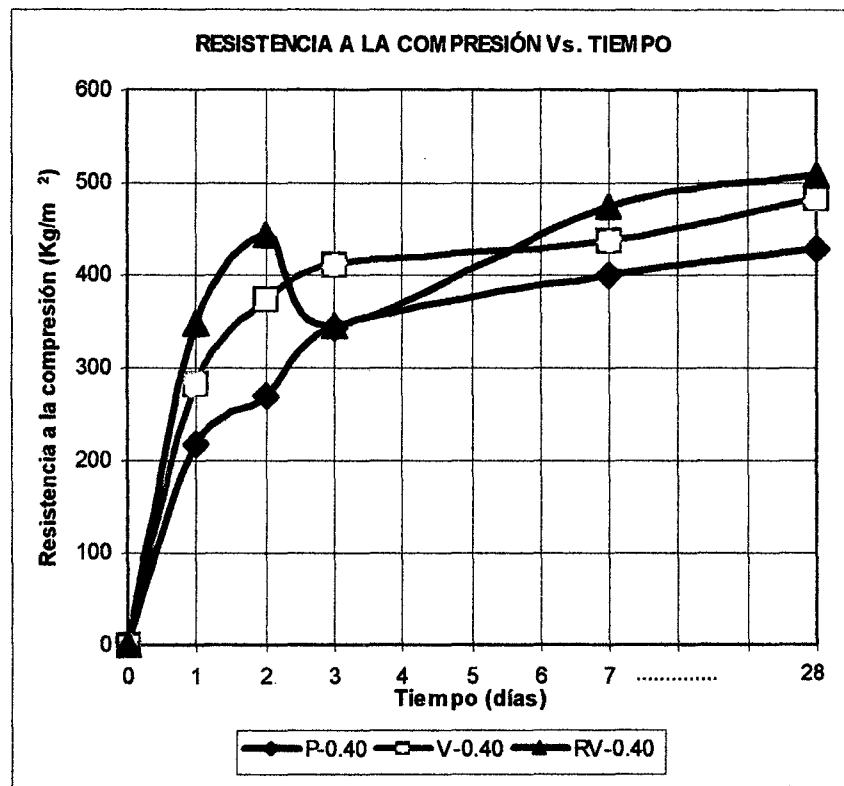
Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

**Gráfico N° 9.4.6:** Resistencias a la compresión para  $a/c = 0.40$ .



En el gráfico se puede notar el efecto del acelerante en el concreto "RV" que hace que la resistencia caiga al tercer día. Este efecto es más notorio para la relación de agua/cemento de 0.40. El concreto patrón con Viscocrete-3 mantiene en todo instante su resistencia en ascenso y arriba de las resistencias del concreto patrón.

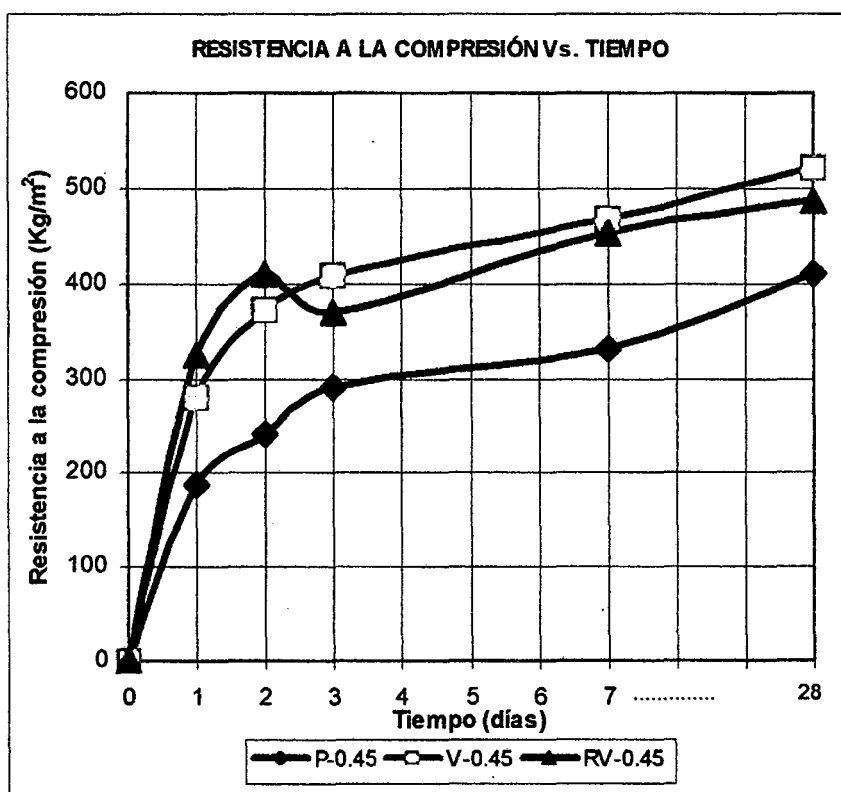
Cuadro N° 9.4.7: Las resistencias a la compresión para a/c = 0.45, en Kg/cm<sup>2</sup>.

Denom.	NÚMERO DE DÍAS				
	1	2	3	7	28
P-0.45	187	240	290	330	411
V-0.45	280	371	407	467	522
RV-0.45	324	410	369	453	486

**Legenda**

Cemento Sol Tipo I  
 Piedra de la cantera "La Gloria"  
 Arena de la cantera "La Gloria"  
 Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)  
 Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

Gráfico N° 9.4.7: Resistencias a la compresión para a/c = 0.45



Vemos la caída de la resistencia del concreto "RV" al tercer día. Después de este instante al curva de resistencia del concreto "RV" aparece por debajo de la curva del concreto patrón con Viscocrete-3.



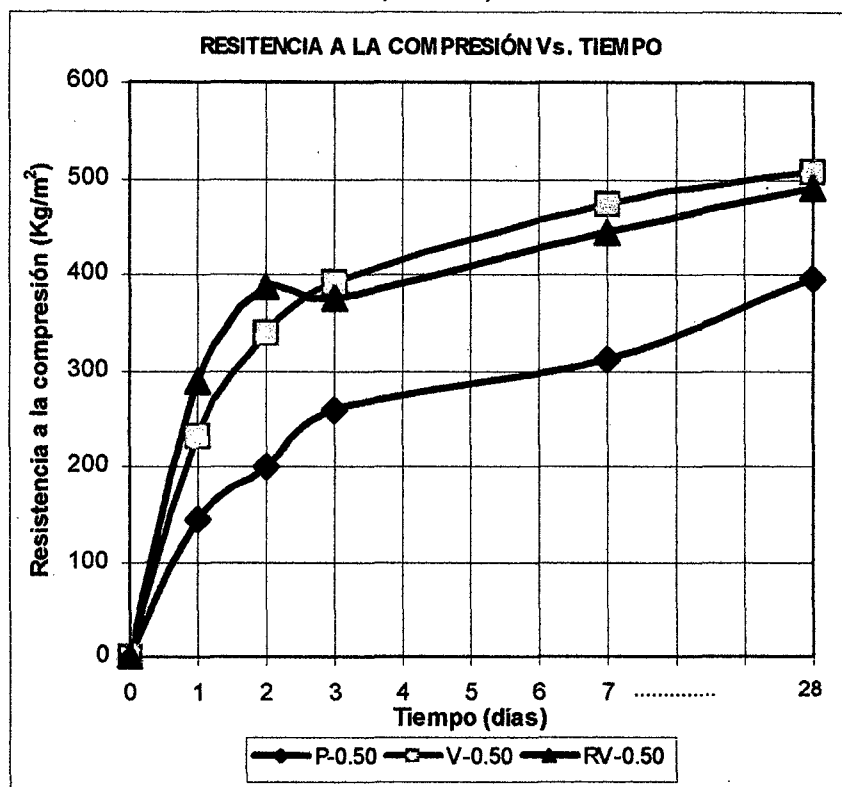
Cuadro N° 9.4.8: Las resistencias a la compresión para  $a/c = 0.50$ , en  $\text{Kg/cm}^2$ .

Denom.	NÚMERO DE DÍAS				
	1	2	3	7	28
P-0.50	146	199	258	312	396
V-0.50	231	340	393	474	507
RV-0.50	288	386	375	444	492

**Legenda**

- Cemento Sol Tipo I
- Piedra de la cantera "La Gloria"
- Arena de la cantera "La Gloria"
- Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)
- Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

Gráfico N° 9.4.8: Resistencias a la compresión para  $a/c = 0.50$



**Cuadro N° 9.4.9:** Resistencia a la compresión respecto de la resistencia a la compresión del concreto patrón a 28 días, para  $a/c = 0.40$

Denom.	NÚMERO DE DÍAS				
	1	2	3	7	28
<b>P-0.40</b>	51%	63%	80%	93%	<b>100%</b>
<b>V-0.40</b>	66%	87%	96%	102%	113%
<b>RV-0.40</b>	81%	104%	81%	111%	119%

**Cuadro N° 9.4.10:** Resistencia a la compresión respecto de la resistencia a la compresión del concreto patrón a 28 días, para  $a/c = 0.45$

Denom.	NÚMERO DE DÍAS				
	1	2	3	7	28
<b>P-0.45</b>	46%	59%	71%	80%	<b>100%</b>
<b>V-0.45</b>	68%	90%	99%	114%	127%
<b>RV-0.45</b>	79%	100%	90%	110%	118%

**Cuadro N° 9.4.11:** Resistencia a la compresión respecto de la resistencia a la compresión del concreto patrón a 28 días, para  $a/c = 0.50$

Denom.	NÚMERO DE DÍAS				
	1	2	3	7	28
<b>P-0.50</b>	37%	50%	65%	79%	<b>100%</b>
<b>V-0.50</b>	58%	86%	99%	120%	128%
<b>RV-0.50</b>	73%	97%	95%	112%	124%

**Leyenda**

Cemento Sol Tipo I

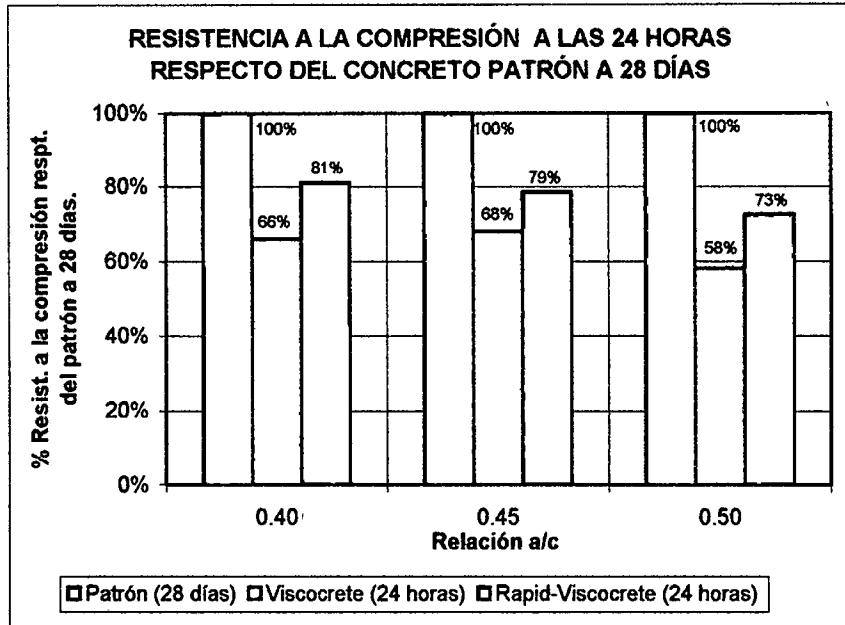
Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

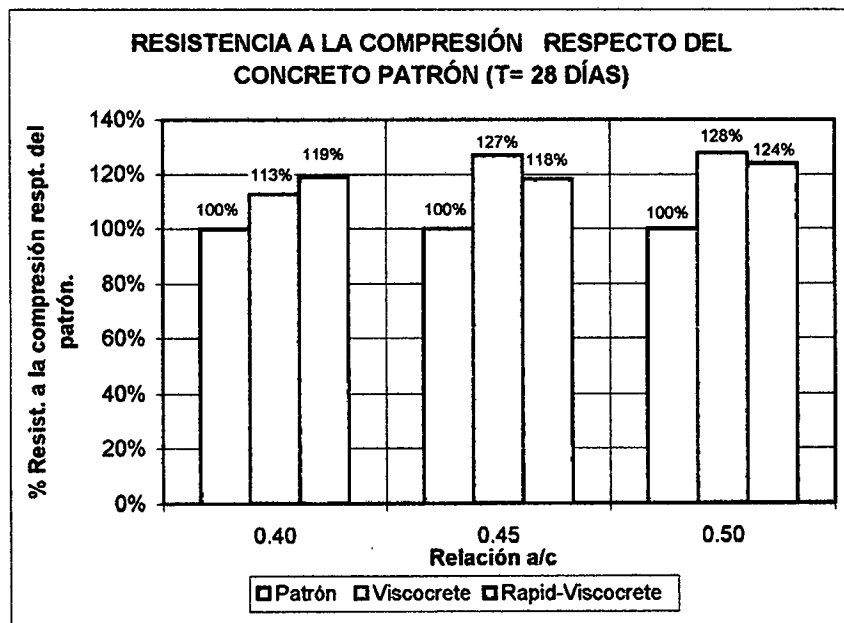
Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

**Gráfico N° 9.4.9:** Resistencia a la compresión del concreto con aditivo a las 24 horas, respecto del concreto patrón a 28 días tomado como 100%.



**Gráfico N° 9.4.10:** Resistencia a la compresión del concreto con aditivo respecto del concreto patrón tomado como 100%, a 28 días.



### 9.4.3 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXIÓN.

Cuadro N° 9.4.12: Las resistencias a la flexión dados en Kg/cm<sup>2</sup>, para 24 horas.

<b>a/c</b>	<b>0.40</b>	<b>0.45</b>	<b>0.50</b>
<b>P</b>	35.0	29.5	26.7
<b>RV</b>	54.8	46.6	42.3

#### Leyenda

Cemento Sol Tipo I

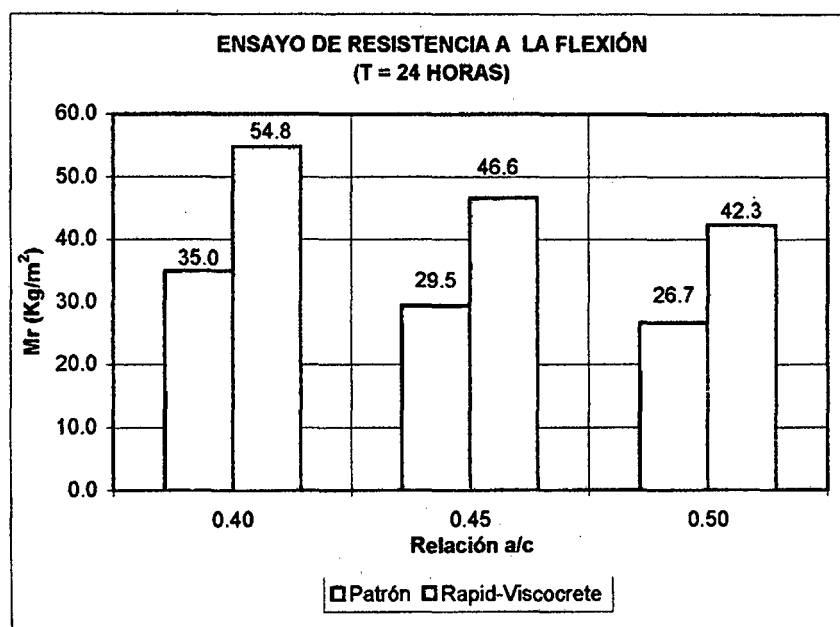
Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

Gráfico N° 9.4.11: Resistencia a la flexión a las 24 horas.



La resistencia a la flexión del concreto "RV" supera a la del concreto patrón, para todas las relaciones agua/cemento estudiadas.

**Cuadro N° 9.4.13:** Las resistencias a la flexión dados en porcentajes, a las 24 horas.

a/c	0.40	0.45	0.50
P	100%	100%	100%
RV	157%	158%	158%

**Legenda**

Cemento Sol Tipo I

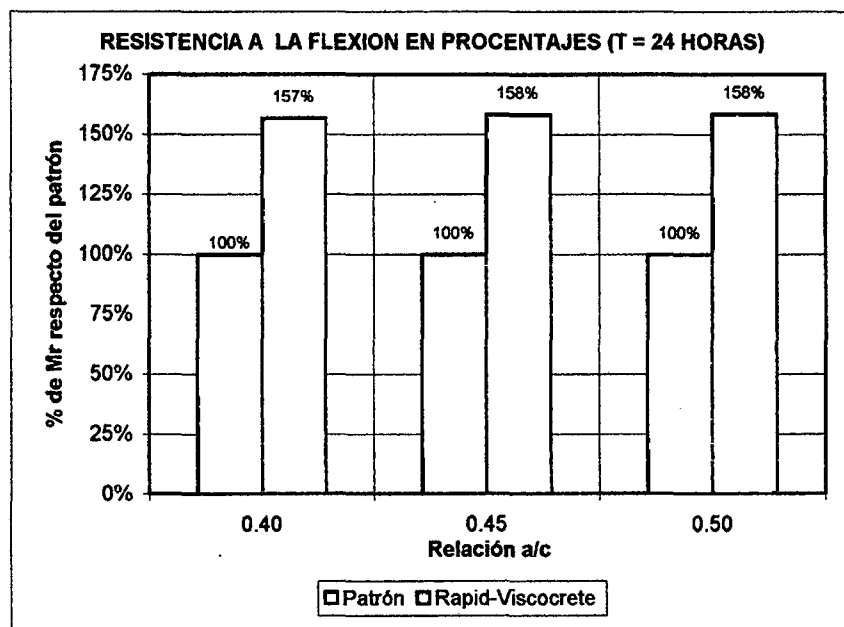
Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

**Gráfico N° 9.4.12:** Resistencia a la flexión en porcentajes, a las 24 horas.



Se puede observar que la resistencia al flexión del concreto "RV" supera a la del concreto patrón en todas la relaciones agua/cemento estudiadas.

#### 9.4.4 RESULTADOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL.

Cuadro N° 9.4.14: Resistencia a la tracción diametral a 24 horas, en Kg/cm<sup>2</sup>.

a/c	0.40	0.45	0.50
P	28.3	23.9	21.4
RV	40.4	37.5	35.4

#### Levenda

Cemento Sol Tipo I

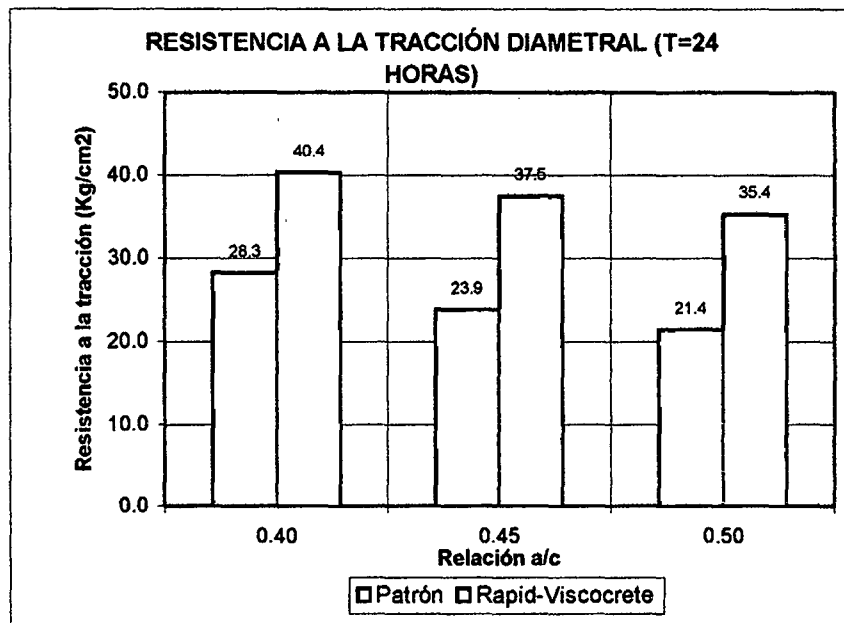
Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

Gráfico N° 9.4.13: Resistencia a la tracción diametral a 24 horas, en Kg/cm<sup>2</sup>.



**Cuadro N° 9.4.15:** Las resistencias a la tracción diametral dados en porcentajes, a las 24 horas.

a/c	0.40	0.45	0.50
<b>P</b>	100%	100%	100%
<b>RV</b>	143%	157%	165%

**Levenda**

Cemento Sol Tipo I

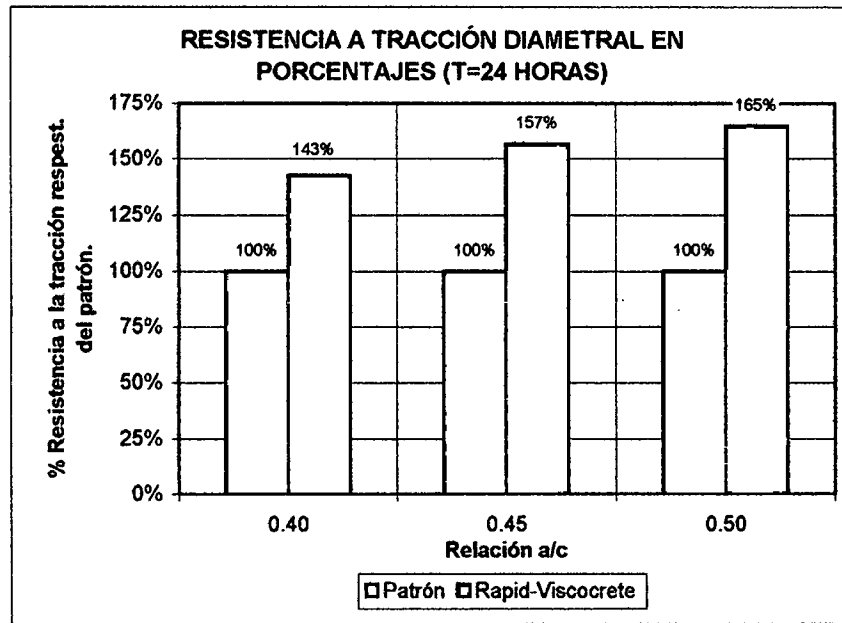
Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

**Gráfico N° 9.4.14:** Resistencia a la tracción diametral en porcentajes, a las 24 horas.



**9.4.5 COMPARACIÓN ENTRE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y TRACCIÓN DIAMETRAL.**

**Cuadro N° 9.4.16:** Resultados de los ensayos realizados en el concreto patrón a 24 horas, en Kg/cm<sup>2</sup>.

ENSAYO DE :	Concreto Patrón		
	P-0.40	P-0.45	P-0.50
COMPRESIÓN	218	187	146
FLEXIÓN	35.0	29.5	26.7
TRACCIÓN DIAMETRAL	28.3	23.9	21.4

**Cuadro N° 9.4.17:** Comparación de los ensayos realizados en el concreto patrón en porcentajes, a 24 horas.

ENSAYO DE :	Concreto Patrón		
	P-0.40	P-0.45	P-0.50
COMPRESIÓN	100%	100%	100%
FLEXIÓN	16%	16%	18%
TRACCIÓN DIAMETRAL	13%	13%	15%

**Cuadro N° 9.4.18:** Resultados de los ensayos realizados en el concreto patrón con Acelerante Sika-Rapid-1 y Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 a 24 horas, en Kg/cm<sup>2</sup>.

ENSAYO DE :	Concreto RV		
	RV-0.40	RV-0.45	RV-0.50
COMPRESIÓN	349	324	288
FLEXIÓN	54.8	46.6	42.3
TRACCIÓN DIAMETRAL	40.4	37.5	35.4

**Cuadro N° 9.4.19:** Comparación de los ensayos realizados en el concreto patrón con Acelerante Sika-Rapid-1 y Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 en porcentajes, a 24 horas.

ENSAYO DE :	Concreto RV		
	RV-0.40	RV-0.45	RV-0.50
COMPRESIÓN	100%	100%	100%
FLEXIÓN	16%	14%	15%
TRACCIÓN DIAMETRAL	12%	12%	12%

Aquí se puede notar como se relacionan entre si los diferentes ensayos del concreto endurecido. Los resultados en flexión diametral son mayores que el de tracción diametral para el concreto patrón y también para el concreto "RV".

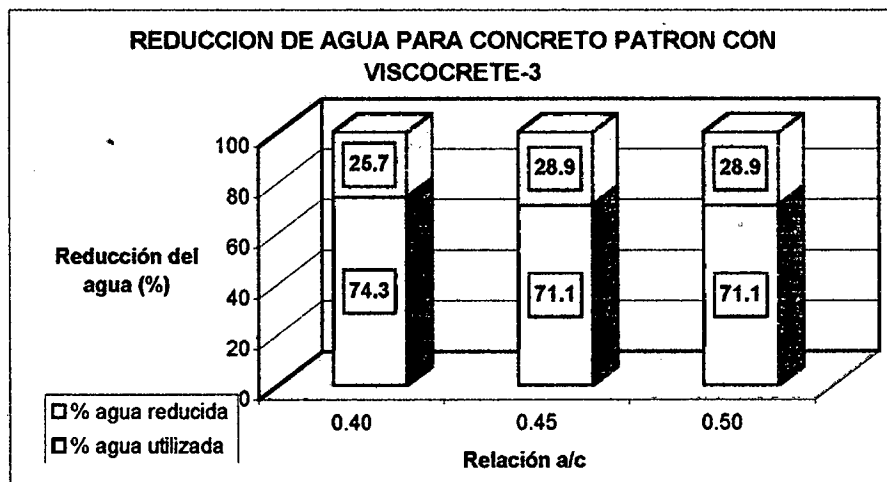


### 9.4.6 REDUCCIÓN DE AGUA

Cuadro N° 9.4.20: Porcentaje de agua utilizada y reducida al emplear Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 en el concreto patrón.

	V-0.40	V-0.45	V-0.50
% agua utilizada	74.3	71.1	71.1
% agua reducida	25.7	28.9	28.9

Gráfico N° 9.4.15: Reducción de agua para concreto patrón con Viscocrete-3.



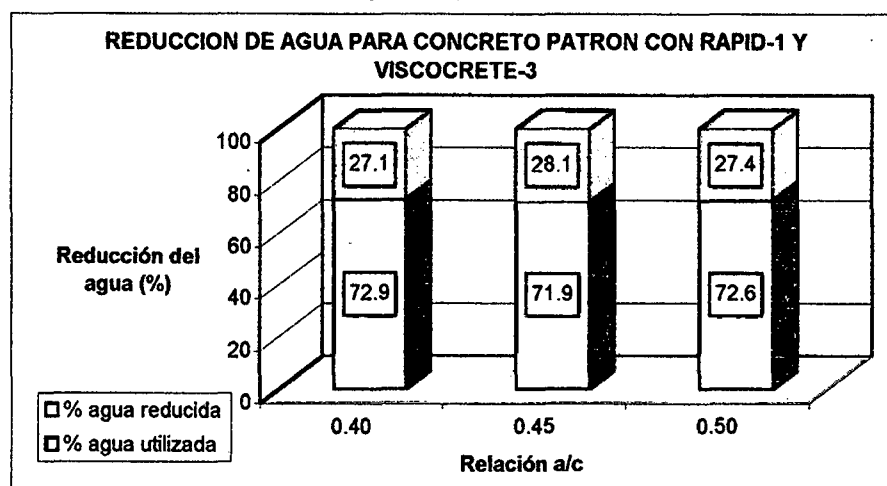
Se ha logrado reducciones de agua en el concreto patrón empleando el Súper-plastificante Viscocrete -3. Se puede notar que estas reducciones son cercanas al 29% pero no menores del 25% del agua. Además cabe resaltar que la consistencia promedio con estas reducciones de agua fueron de 9 pulgadas por el método del Cono de Abrams.

El agua que se empleó en toda la investigación es la que se capta de la red pública y llega a las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales (Laboratorio N°1) de la UNI.

**Cuadro N° 9.4.21: Porcentaje de agua utilizada y reducida al emplear Acelerante Sika-Rapid-1 con Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3**

	<b>RV-0.40</b>	<b>RV-0.45</b>	<b>RV-0.50</b>
<b>% agua utilizada</b>	72.9	71.9	72.6
<b>% agua reducida</b>	27.1	28.1	27.4

**Gráfico N° 9.4.16: Reducción de agua para concreto patrón con Rapid-1 y Viscocrete-3**



Se ha logrado reducciones de agua en el concreto patrón con Acelerante Rapid-1 y Súper-plastificante Viscocrete-3. Se puede notar que estas reducciones aproximadamente entre 27% y 28% del agua. Además cabe resaltar que la consistencia promedio con estas reducciones de agua fueron de 9 pulgadas por el método del Cono de Abrams.

Los resultados más al detalle se muestran en el ANEXO J.

## **9.5 CONCRETO PATRÓN CON ADITIVOS Y CENIZA VOLANTE**

### **RESUMEN DE CUADROS Y GRÁFICOS**

#### **9.5.1 DISEÑO DE MORTEROS CON CENIZA VOLANTE**

**Cuadro N° 9.5.1:** Diseños de mortero patrón (0% de ceniza volante) con diferentes porcentajes de ceniza volante.

##### **9.5.1.1 Resultados del ensayo a compresión de mortero.**

**Cuadro N° 9.5.2:** Resistencia a la compresión del mortero con ceniza volante.

**Gráfico N° 9.5.1:** Resistencia a la compresión del mortero con ceniza volante.

**Gráfico N° 9.5.2:** Resistencia a la compresión del mortero con ceniza volante, a las 24 horas.

#### **9.5.2 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON SÚPER-PLASTIFICANTE VISCOCRETE-3 Y CENIZA VOLANTE.**

##### **9.5.2.1 Resultados del ensayo a compresión.**

**Cuadro N° 9.5.3:** Resistencia a la compresión de concreto V-0.45 con cenizas volantes a 24 horas.

**Gráfico N° 9.5.3:** Resistencia a la compresión de concreto V-0.45 con cenizas volantes a 24 horas.

**Gráfico N° 9.5.4:** Resistencia a la compresión del concreto V-0.45 con cenizas volantes a las 24 horas, tomando como 100% al concreto V-0.45.

### 9.5.3 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON ACELERANTE RAPID-1 Y SÚPER-PLASTIFICANTE VISCOCRETE-3 Y CENIZA VOLANTE.

#### 9.5.3.1 Resultados del ensayo a compresión.

**Cuadro N° 9.5.4:** Resistencia a la compresión de concreto RV-0.45 con cenizas volantes a 24 horas.

**Gráfico N° 9.5.5:** Resistencia a la compresión de concreto RV-0.45 con cenizas volantes a 24 horas.

**Gráfico N° 9.5.6:** Resistencia a compresión de concreto RV-0.45 con cenizas volantes a 24 horas, tomando como 100% al concreto RV-0.45.

### 9.5.1 DISEÑO DE MORTEROS CON CENIZA VOLANTE

Cuadro N° 9.5.1: Diseños de mortero patrón (0% de ceniza volante) con diferentes porcentajes de ceniza volante.

% Ceniza Volante		0%	5%	10%	15%	20%
Materiales	Relación de peso	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4	Mezcla 5
		Peso en	Peso en	Peso en	Peso en	Peso en
Cemento	1.00	639.5	633.3	633.3	630	633.3
Ceniza	-	0	31.7	63.3	94.5	126.7
Arena	3.00	1918.5	1900	1900	1890	1900
Agua	0.99	633	627	627	624	627

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Arena de Otawa artificial (de la cantera "La Gloria")

Ceniza volante (Mixercon)

#### 9.5.1.1 Resultados del ensayo a compresión de mortero.

Cuadro N° 9.5.2: Resistencia a la compresión del mortero con ceniza volante.

% de Ceniza Volante	Resistencia a la compresión de cubos de 2"x2" ( Kg/cm <sup>2</sup> )		
	1 día	3 días	7 días
0%	86	149	208
5%	58	130	167
10%	56	139	193
15%	62	131	161
20%	75	141	175

(Ver ANEXO L)

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Arena de Otawa artificial (de la cantera "La Gloria")

Ceniza volante (Mixercon)

Gráfico N° 9.5.1: Resistencia a la compresión del mortero con ceniza volante.

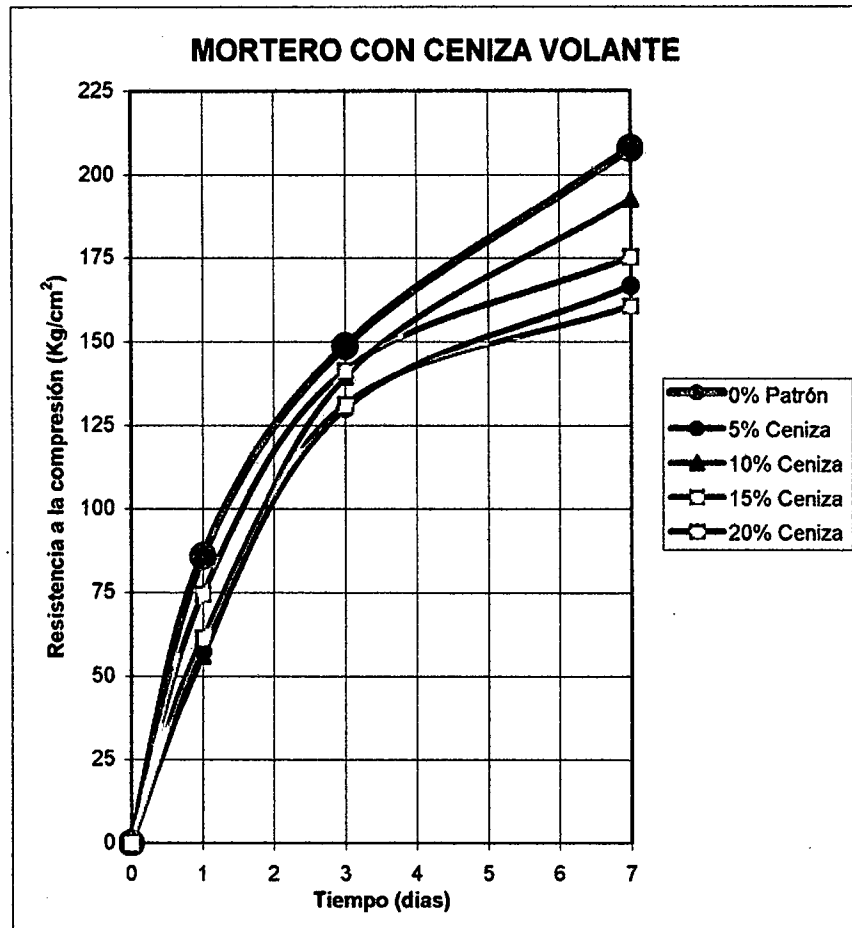
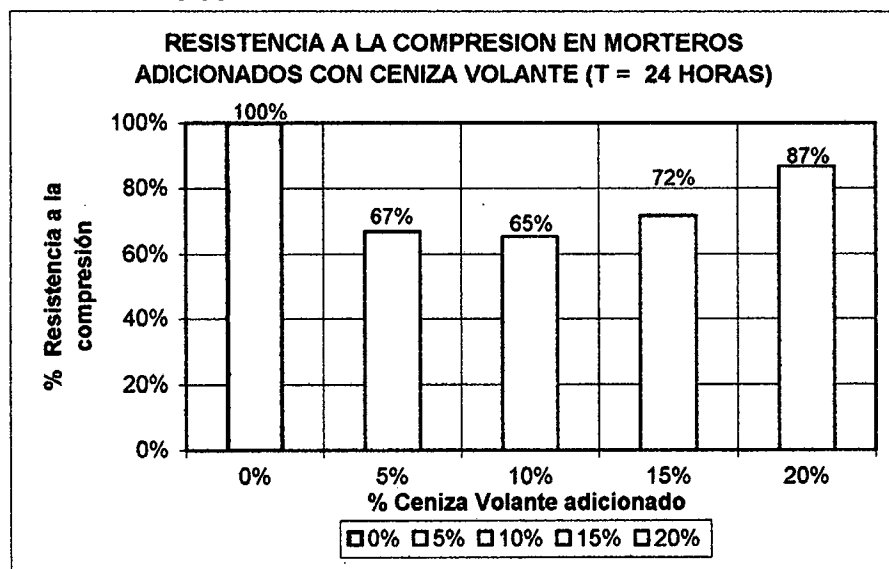


Gráfico N° 9.5.2: Resistencia a la compresión del mortero con ceniza volante, a las 24 horas.



## 9.5.2 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON SÚPER-PLASTIFICANTE VISCOCRETE-3 Y CENIZA VOLANTE.

### 9.5.2.1 Resultados del ensayo a compresión.

Cuadro N° 9.5.3: Resistencia a la compresión de concreto V-0.45 con cenizas volantes a 24 horas.

% Ceniza Volante	0	10	20	30
Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	280	138	119	101
Resistencia a compresión en %	100	49	43	36

(Ver ANEXO M)

#### Legenda

Cemento Sol Tipo I

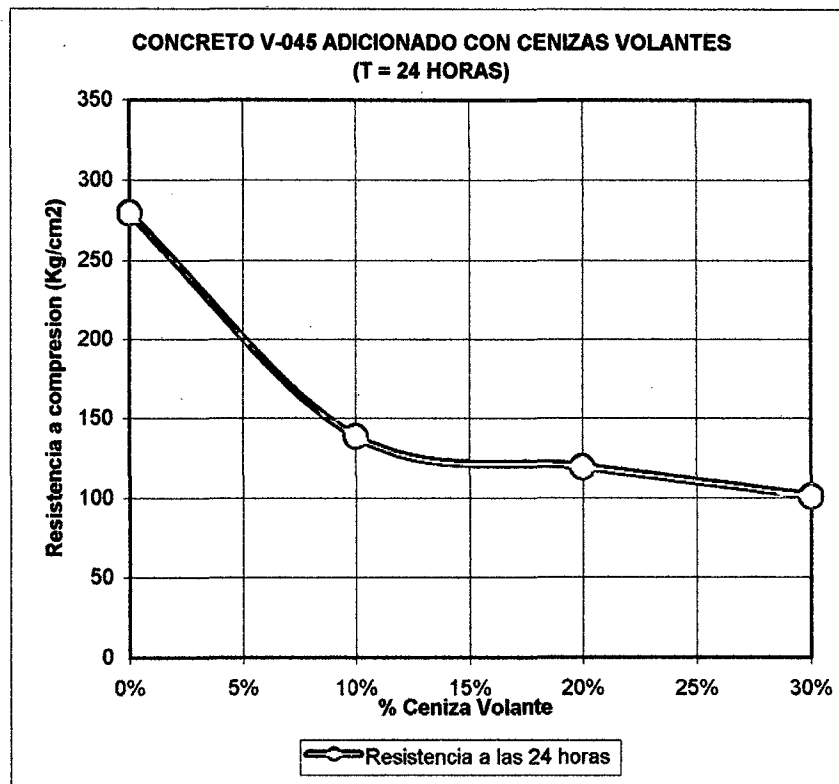
Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

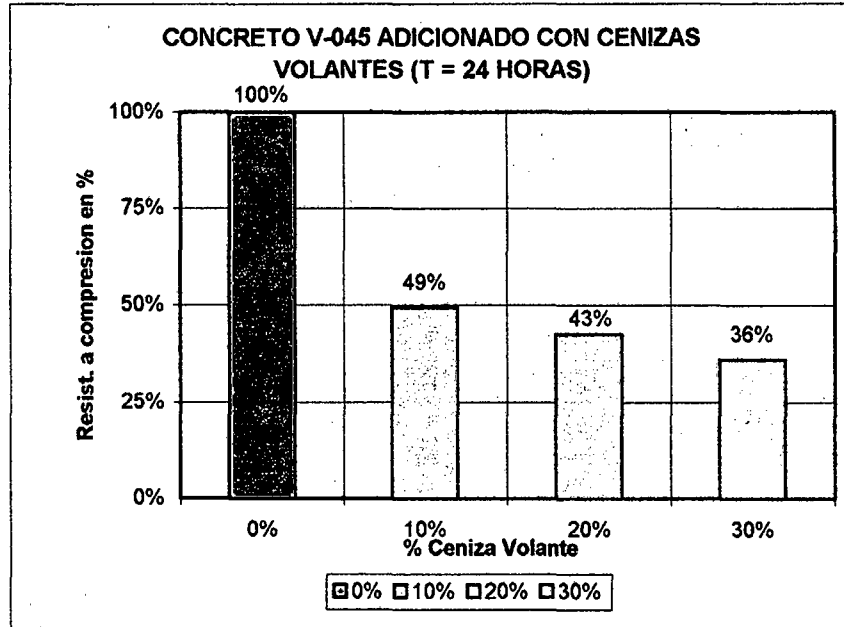
Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

Ceniza volante (Mixercon)

Gráfico N° 9.5.3: Resistencia a la compresión de concreto V-0.45 con cenizas volantes a 24 horas.



**Gráfico N° 9.5.4:** Resistencia a la compresión del concreto V-0.45 con cenizas volantes a las 24 horas, tomando como 100% al concreto V-0.45.



El concreto patrón con Viscocrete-3 reduce su resistencia a la compresión a menos del 50% , al añadirsele diferentes porcentajes de ceniza volante.



### **9.5.3 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON ACELERANTE RAPID-1 Y SÚPER-PLASTIFICANTE VISCOCRETE-3 Y CENIZA VOLANTE.**

#### **9.5.3.1 Resultados del ensayo a compresión.**

**Cuadro N° 9.5.4:** Resistencia a la compresión de concreto RV-0.45 con cenizas volantes a 24 horas.

% Ceniza Volante	0	10	20	30
Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	324	290	207	194
Resistencia a compresión en %	100%	90%	64%	60%

(Ver ANEXO N)

**Levenda**

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

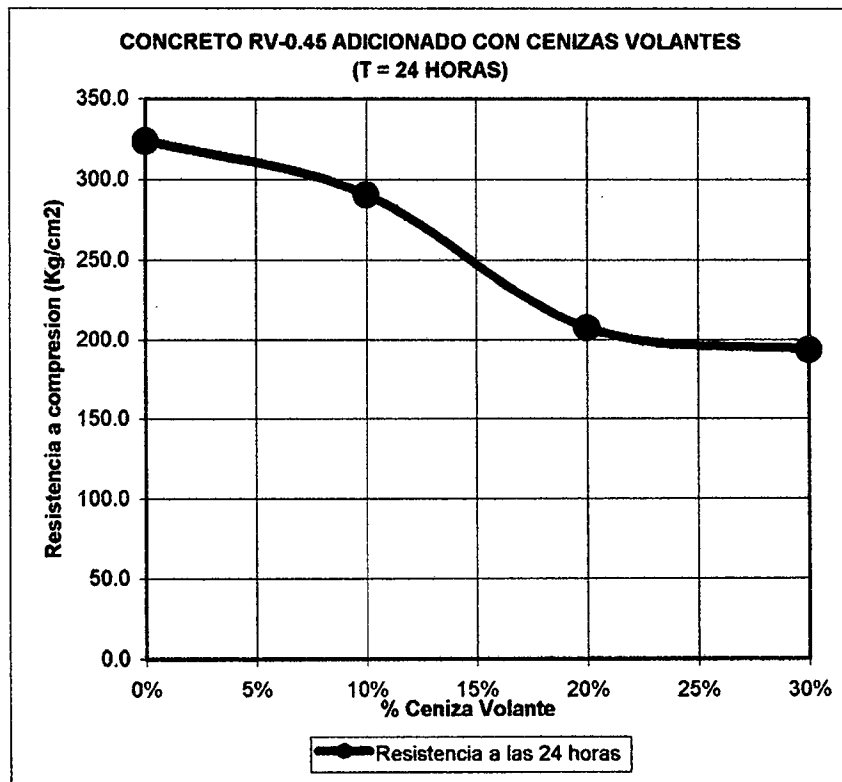
Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

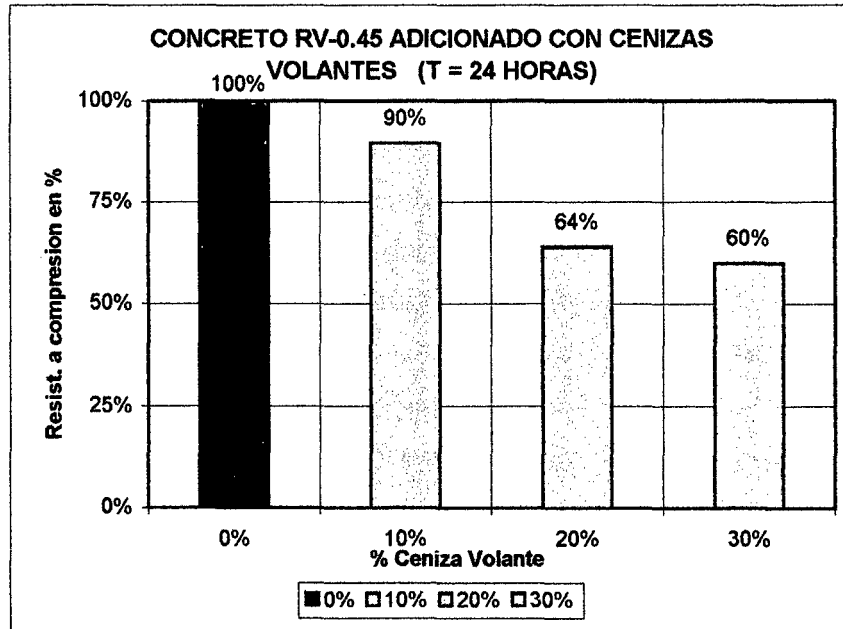
Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

Ceniza volante (Mixercon)

**Gráfico N° 9.5.5:** Resistencia a la compresión de concreto RV-0.45 con cenizas volantes a 24 horas.



**Gráfico N° 9.5.6:** Resistencia a compresión de concreto RV-0.45 con cenizas volantes a 24 horas, tomando como 100% al concreto RV-0.45.



El concreto "RV-0.45" reduce su resistencia a la compresión al añadirsele diferentes porcentajes de ceniza volante.

## **9.6 CONCRETO FRESCO.**

### **RESUMEN DE CUADROS Y GRÁFICOS**

#### 9.6.1 Peso Unitario.

**Cuadro N° 9.6.1:** Peso unitario del concreto fresco.

**Gráfico N° 9.6.1:** Peso unitario del concreto fresco en porcentajes respecto del patrón.

#### 9.6.2 Consistencia

#### 9.6.3 Fluidéz.

**Cuadro N° 9.6.2:** Índice de fluidez del concreto fresco.

#### 9.6.4 Exudación

**Cuadro N° 9.6.3:** Porcentaje de exudación del concreto fresco.

#### 9.6.5 Tiempo de fraguado

**Cuadro N° 9.6.4:** Tiempo de fragua del concreto fresco.

#### 9.6.6 Contenido de aire

**Cuadro N° 9.6.5:** Porcentaje de aire en el concreto fresco.

### 9.6.1 Peso Unitario.

#### Resultados de laboratorio.

Cuadro N° 9.5.1: *Peso unitario del concreto fresco.*

Tipo mezcla	P.U. Laborat. (Kg/m <sup>3</sup> )	% respt. de patrón
P - 0.40	2360	100
P - 0.45	2360	100
P - 0.50	2382	100
RV - 0.40	2410	102
RV - 0.45	2431	103
RV - 0.50	2403	101

#### Leyenda

Cemento Sol Tipo I

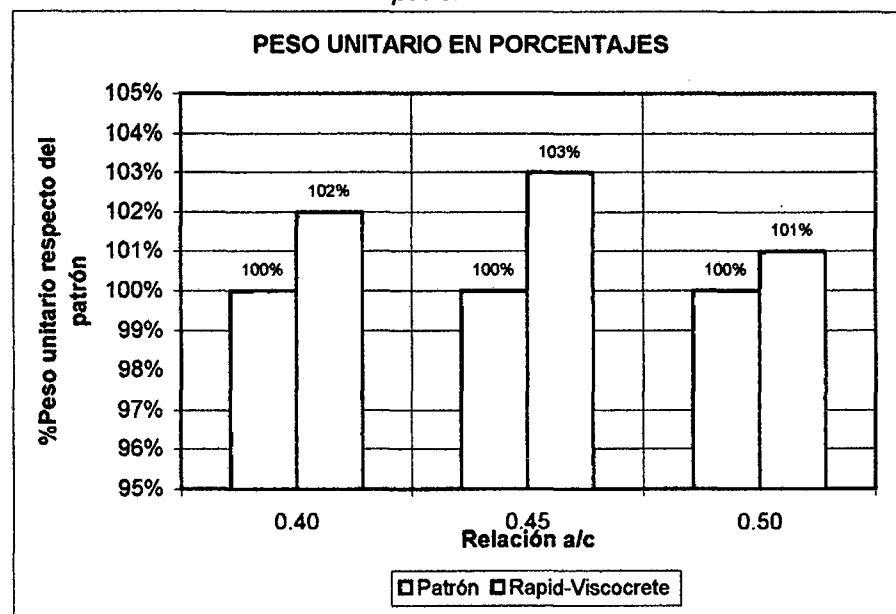
Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

Gráfico N° 9.6.1: *Peso unitario del concreto fresco en porcentajes respecto del patrón.*



### **9.6.2 Consistencia.**

#### **Resultados de laboratorio.**

El concreto patrón se diseño experimentalmente para un asentamiento de 3 pulgadas, para todas las relaciones agua/cemento.

El concreto con aditivo "RV" dio un asentamiento promedio de 9 pulgadas para todas las relaciones agua/cemento empleadas. Esto debido a que se utilizo el aditivo Súper-plastificante Viscocrete-3.

### **9.6.3 Fluidez.**

#### **Resultados de laboratorio.**

**Cuadro N° 9.6.2: Índice de fluidez del concreto fresco.**

<b>Tipo mezcla</b>	<b>Índice de Fluidez (%)</b>
<b>P - 0.40</b>	66.7
<b>P - 0.45</b>	64.7
<b>P - 0.50</b>	61.1
<b>RV - 0.40</b>	126.7
<b>RV - 0.45</b>	128.0
<b>RV - 0.50</b>	67.3

#### **Leyenda**

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

#### 9.6.4 Exudación

##### Resultados de laboratorio.

Cuadro N° 9.6.3: Porcentaje de exudación del concreto fresco.

Tipo de mezcla	EXUDACION (%)
P - 0.40	2.3
P - 0.45	4.4
P - 0.50	3.9
RV - 0.40	0.0
RV - 0.45	0.0
RV - 0.50	0.0

##### Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

#### 9.6.5 Tiempo de fraguado

##### Resultados de laboratorio.

Cuadro N° 9.6.4: Tiempo de fragua del concreto fresco.

Tipo de mezcla	T.F.I. (min.)	T.F.F. (min.)	T.F.I. respecto del patrón (%)	T.F.F. respecto del patrón (%)
P - 0.40	280	400	100	100
P - 0.45	330	455	100	100
P - 0.50	315	440	100	100
RV - 0.40	365	595	130	149
RV - 0.45	385	565	117	124
RV - 0.50	350	505	111	115

##### Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

T.F.I. : Tiempo de fragua inicial.

T.F.F. : Tiempo de fragua final.

### **9.6.6 Contenido de aire**

#### **Resultados de laboratorio.**

**Cuadro N° 9.6.5: Porcentaje de aire en el concreto fresco.**

<b>Tipo de mezcla</b>	<b>Contenido de aire (%)</b>
<b>P - 0.40</b>	<b>1.90</b>
<b>P - 0.45</b>	<b>1.85</b>
<b>P - 0.50</b>	<b>1.60</b>
<b>RV - 0.40</b>	<b>2.10</b>
<b>RV - 0.45</b>	<b>1.80</b>
<b>RV - 0.50</b>	<b>2.60</b>

#### **Leyenda**

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

## **9.7 COMPARACIÓN DE COSTOS**

### **RESUMEN DE CUADROS Y GRÁFICOS**

**Cuadro N° 9.7.1:** Costo de los materiales para concreto patrón y concreto "RV".

**Cuadro N° 9.7.2:** Costo del concreto patrón por metro cúbico, sin considerar los costos de operación.

**Cuadro N° 9.7.3:** Costo del concreto "RV" por metro cúbico, sin considerar los costos de operación. Se a tenido en cuenta la dosificación de mejores resultados.

**Cuadro N° 9.7.4:** Comparación de costo del concreto "RV" con el costo del concreto patrón por metro cúbico, sin considerar los costos de operación.



**Cuadro N° 9.7.1: Costo de los materiales para concreto patrón y concreto "RV".**

MATERIALES	UNID.	Precio (S/.)	UNID.	P.U. (S/.)
Cemento Sol Tipo I	Bolsa	13.56	Kg	0.31906
Agua (Costo consumo comercial e indust.)	m <sup>3</sup>	3.335	Lt	0.00334
Arena Gruesa Gloria	m <sup>3</sup>	15.00	Kg	0.00906
Piedra Chancada Gloria	m <sup>3</sup>	25.00	Kg	0.01746
Acelerante Rapid-1 ( 42\$)	4 baldes	138.6	gr.	0.00693
Súper-plastificante Viscocrete-3 (99\$)	1 balde	326.7	gr.	0.01634

**Cuadro N° 9.7.2: Costo del concreto patrón por metro cúbico, sin considerar los costos de operación.**

Tipo de mezcla	P-0.40		P-0.45		P-0.50	
	Peso por m <sup>3</sup>	Costo (S/.)	Peso por m <sup>3</sup>	Costo (S/.)	Peso por m <sup>3</sup>	Costo (S/.)
Cemento (Kg)	583	186.01	496	158.25	420	134.00
Agua (Lts)	233	0.78	223	0.74	210	0.70
Arena (Kg)	735	6.66	782	7.09	829	7.51
Piedra (Kg)	746	13.02	794	13.86	841	14.68
<b>Costo Total (m<sup>3</sup>)</b>		<b>206.47</b>		<b>179.95</b>		<b>156.90</b>

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

**Cuadro N° 9.7.3:** Costo del concreto "RV" por metro cúbico, sin considerar los costos de operación. Se a tenido en cuenta la dosificación de mejores resultados.

Tipo de mezcla	RV-0.40		RV-0.45		RV-0.50	
	Peso por m <sup>3</sup>	Costo (S/.)	Peso por m <sup>3</sup>	Costo (S/.)	Peso por m <sup>3</sup>	Costo (S/.)
Cemento (Kg)	583	186.01	496	158.25	420	134.00
Agua (Lts)	169.9	0.57	160.3	0.53	152.5	0.51
Arena (Kg)	735	6.66	782	7.09	829	7.51
Piedra (Kg)	746	13.02	794	13.86	841	14.68
Rapid-1 (gr.)	10203	70.70	8680	60.15	7350	50.94
Viscocrete-3 (gr.)	6996	114.28	5952	97.23	5040	82.33
<b>Costo Total (m<sup>3</sup>)</b>		<b>391.25</b>		<b>337.12</b>		<b>289.97</b>

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

**Cuadro N° 9.7.4:** Comparación de costo del concreto "RV" con el costo del concreto patrón por metro cúbico, sin considerar los costos de operación.

Relación a/c	0.40	0.45	0.50
Patrón	100%	100%	100%
RV	189%	187%	185%

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

**CAPITULO X :**  
**ANÁLISIS DE LOS**  
**RESULTADOS**

## **CAPITULO X: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.**

### **INTRODUCCIÓN DEL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

El análisis de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, llevados a cabo en el estudio del "CONCRETO FAST TRACK O CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL PARA PAVIMENTOS", es decir a 24 horas de vaciado, constituye una parte esencial y de suma importancia en esta investigación.

Los materiales empleados para el estudio son:

1. CEMENTO SOL Pórtland Tipo I, fabricado por Cementos Lima S.A.
2. Aditivo Acelerante SIKA-RAPID-1, producto de marca Sika-Perú S.A.
3. Aditivo Súper-plastificante SIKA-VISCOCRETE-3, producto de la marca Sika-Perú S.A.
4. Los agregados, piedra chancada y arena gruesa, son de la cantera LA GLORIA de propiedad de Firth Industries Perú S.A
5. La CENIZA VOLANTE de la Concretera MIXERCON de procedencia de la ciudad de Ilo.

### **Ensayos preliminares**

Ensayamos los agregados: piedra chancada y arena gruesa, para hallar sus propiedades mecánicas.

Se halló el diseño de mezcla para el concreto patrón, los porcentajes de piedra y arena para el agregado global los hallamos con el Método del Agregado Global. Para el Método del Agregado Global se realizó ensayos de peso unitario compactado y el ensayos de resistencia a la compresión a los 7 días, para lo cual se diseñó concreto con diferentes porcentajes de agregado y empleando la relación agua/cemento de 0.45.

Las dosificaciones de los aditivos se hallaron experimentalmente con la resistencia a la compresión a 24 horas y empleando concreto patrón con la relación agua/cemento 0.45.

Primero ensayando por separado cada aditivo con su dosificación mínima, intermedia y máxima. El Viscocrete-3 fue el que dio mejores resultados para una dosificación de 1.2% (respecto del peso del cemento). Con esta dosificación del Viscocrete-3, se le combino con el Rapid-1 con su dosificación mínima, intermedia y máxima. Finalmente se obtuvo que la mejor dosificación se obtiene para 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1(\*).

### **Ensayos realizados**

#### **CONCRETO ENDURECIDO**

Se trabajó con las relaciones agua/cemento de 0.40, 0.45 y 0.50.

Se ensayo a la compresión axial al concreto patrón, concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y al concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1. Los ensayos se hicieron para 1, 2, 3, 7 y 28 días.

Sin embargo para los ensayos de flexión y tracción diametral solo se ha considerado al concreto patrón y el concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1 por ser este último el de más alta resistencia a la compresión axial a las 24 horas. Los ensayos se hicieron para las 24 horas.

Se ensayó la ceniza volante en morteros , agregándole 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza volante (respecto del peso del cemento). El resultado fue que la ceniza volante disminuía la resistencia a la compresión en el mortero. También se analizó el efecto de la ceniza con concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y con el concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1, ambos para la relación agua/cemento 0.45; y se observo que disminuía la resistencia a la compresión a las 24 horas, por lo cual no podía ser empleada para CONCRETO FAST TRACK.

---

(\*) Al concreto de mejores resultados en el ensayo a la compresión a las 24 horas se le denomino "CONCRETO RV", por emplear los dos aditivos Rapid-1 y Viscocrete-3, en las dosificaciones de 1.75% y 1.20% (del peso del cemento) respectivamente.

## CONCRETO FRESCO

Se ha realizado también ensayos de concreto fresco, para comparar el concreto patrón con el concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1. Los ensayos en el concreto fresco fueron:

1. Peso unitario: el concreto patrón presento menor peso unitario que el concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1.
2. Índice de fluidez: el concreto patrón presento menor índice en comparación con concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1.
3. Porcentaje de exudación: el concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1 presento una exudación nula.
4. Tiempo de fragua: concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1 presento un aumento en el tiempo de fragua.
5. Consistencia: el concreto patrón se diseño experimentalmente para 3 pulgadas y el concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1 presento una consistencia de 9 pulgadas.
6. El contenido de aire: concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1 presenta mayor contenido de aire.

Con el empleo del Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 se logra una reducción de agua no menor del 25% y una mejor consistencia y trabajabilidad en el concreto.

Así mismo al final se ha comparado los costos del concreto patrón y el concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1, aunque esto es muy referencial ya que dichos costos pueden variar con la oferta y la demanda del mercado.

Los resultados que se analizarán en este capítulo, se muestran en tablas en el CAPITULO IX de "CUADROS Y RESULTADOS", pero también se pueden ver más al detalle en los ANEXOS.

## **10.1 LOS AGREGADOS.**

- 1) Lo más resaltante en cuanto a las características mecánicas de los agregados es el análisis granulométrico que en el caso de la piedra (**Gráfico N° 9.1.1**) se encuentra en su totalidad fuera del huso especificado por la Norma Técnica Peruana. En el caso de la arena (**Gráfico N° 9.1.2**) esta cumple en casi en su totalidad, estando fuera de los husos solo en la malla N° 8, donde falta más material. Las demás características de los agregados se muestran en un cuadro resumen (**Cuadro N° 9.1.1**).

## **10.2 MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL.**

- 1) A partir de las graficas de los ensayos de Peso Unitario Compactado (**Gráfico N° 9.2.1**) y la Resistencia a la Compresión a los 7 días (**Gráfico N° 9.2.2**), así como también teniendo en consideración un asentamiento de 3 pulgadas se obtuvo una combinación de agregados de: Piedra 50% y Arena 50%.
- 2) La granulometría del agregado global se pega más a la curva "B" (**Gráfico N° 9.2.3**) de los HUSOS DIN 1045, aunque en las mallas de  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ " retiene mucha piedra lo que hace que se separe de la curva "B".

## **10.3 CONCRETO PATRÓN.**

- 1) Los diseños de mezcla (**Cuadro N° 9.3.1**) fueron realizados para las relaciones de agua/cemento de 0.40, 0.45 y 0.50. La condición para el asentamiento del concreto era que tenía que estar en el rango de 2 a 3 pulgadas.
- 2) Para cada relación agua/cemento se tuvo que hallar la cantidad de agua para un asentamiento de 3 pulgadas, empleando el método del Cono de Abrams, obteniéndose 233, 223 y 210 litros de agua por

metro cúbico de concreto para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente.

- 3) El concreto patrón hallado presenta resistencias a la compresión(**Cuadro N° 9.3.2**) de 429, 411 y 396 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente.
- 4) A las 24 horas el concreto patrón alcanza el 51%, 46% y 37%(**Cuadro N° 9.3.3**) de su resistencia a la compresión a los 28 días para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente.
- 5) En cuanto a la resistencia a la flexión a las 24 horas(**Cuadro N° 9.3.4**), el concreto patrón alcanza 35, 29.5 y 26.7 Kg/cm<sup>2</sup> para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente. Estas resistencias son menores a la mínima establecida por la norma EG-2000 ( 38.6 Kg/cm<sup>2</sup> ) para la puesta en marcha de pavimentos de concreto.
- 6) La resistencia a la tracción diametral del concreto patrón a 24 horas(**Cuadro N° 9.3.5**), fue de 28.3, 23.9 y 21.9 Kg/cm<sup>2</sup> para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente.

#### **10.4 CONCRETO PATRÓN CON ADITIVOS**

- 1) Para hallar la dosificación de los aditivos se hizo unos diseños previos, empleando la relación de agua/cemento de 0.45. Al concreto patrón se le añadió Viscocrete-3 en dosis de 0.40%, 0.80% y 1.20% (dosis respecto del peso de cemento para concretos plásticos suaves). Se ensayo a la compresión a las 24 horas y se tuvo que la dosificación de 1.20% (**Gráfico N° 9.4.1**) era la de mejor resultado(317 Kg/cm<sup>2</sup>).
- 2) Para el acelerante Rapid-1 también se hizo en forma análoga con dosificaciones de 0.50%, 1.75% y 3 % (dosis respecto del peso de cemento). Se ensayo a la compresión a las 24 horas y se tuvo que la



dosificación de 3 %(**Gráfico N° 9.4.2**)era la de mejor resultado (241 Kg/cm<sup>2</sup>).

- 3) Comparando ambos aditivos se vio que el Súper-plastificante Viscocrete-3 acelera más rápido la resistencia en el concreto que el Acelerante Rapid-1( incluso para dosis menores). Por lo cual se combino ambas dosificaciones haciendo variar las dosificaciones del Rapid-1 (0.5 %, 1.75% y 3%) y teniendo constante la dosificación del Viscocrete-3 (1.20% dosis de mejor resultado). Se ensayo a la compresión a las 24 horas (**Gráfico N° 9.4.3**) y se tuvo que la dosificación de 1.75 % de Acelerante Rapid-1 y 1.20% Súper-plastificante Viscocrete-3 de era la de mejor resultado (350 Kg/cm<sup>2</sup>), por lo que es esta dosificación la que estuvo en estudio y se le denominara también: Concreto"RV".
- 4) Comparando la resistencia a la compresión axial a las 24 horas tenemos que el concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3 dio 283,280 y 231 Kg/cm<sup>2</sup> para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente; y el Concreto "RV" 349, 324 y 288 Kg/cm<sup>2</sup> para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 en ese orden. Por lo cual observamos nuevamente que la combinación de aditivos planteada anteriormente da mejores resultados(**Gráfico N° 9.4.4**).
- 5) La resistencia a la compresión en el concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3 a las 24 horas se incrementan en 30%, 50% y 58% respecto del concreto patrón a la misma edad, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente(**Gráfico N° 9.4.5**).
- 6) La resistencia a la compresión en el Concreto "RV" a las 24 horas se incrementan en 60%, 73% y 98% respecto del concreto patrón a la misma edad, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente(**Gráfico N° 9.4.5**).

- 7) La curva Resistencia a la Compresión versus. Tiempo para las diferentes relaciones estudiadas(**Gráfico N° 9.4.6, 9.4.7 y 9.4.8**), muestra en todo momento al concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3 y al Concreto "RV" por encima de la grafica de resistencia del concreto patrón.
- 8) Para los 2 primeros días el Concreto "RV" se muestra encima de las curvas de Resistencia a la Compresión versus. Tiempo, del concreto patrón y concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3. Sin embargo al tercer día se nota una disminución en su resistencia a la compresión. Sin embargo este efecto disminuye conforme aumenta la relación agua/cemento en el concreto(**Gráfico N° 9.4.6, 9.4.7 y 9.4.8**),.
- 9) La resistencia a la compresión en el concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3 a las 24 horas representan el 66%, 68% y 58% de la resistencia del concreto patrón a los 28 días, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente(**Gráfico N° 9.4.9**).
- 10) La resistencia a la compresión en el Concreto "RV" a las 24 horas representan el 81%, 79% y 73% de la resistencia del concreto patrón a los 28 días, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente(**Gráfico N° 9.4.9**).
- 11) La resistencia a la compresión en el concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3 a los 28 días se incrementa en 13%, 27% y 28% respecto del concreto patrón del concreto patrón a los 28 días, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente(**Gráfico N° 9.4.10**).
- 12) La resistencia a la compresión en el Concreto "RV" a los 28 días se incrementa en 19%, 18% y 24% respecto del concreto patrón del concreto patrón a los 28 días, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente(**Gráfico N° 9.4.10**).

- 13) La resistencia a la flexión a las 24 horas, del Concreto "RV" alcanza 54.8, 46.6 y 42.3 Kg/cm<sup>2</sup> (**Cuadro N° 9.4.12**) para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente. Lo que significa un incremento de 57% (a/c =0.40), 58%(a/c =0.45) y 58%(a/c =0.50) respecto del concreto patrón a la misma edad (**Gráfico N° 9.4.12**). Estas resistencias son mayores a la mínima establecida por la norma EG-2000 ( 38.6 Kg/cm<sup>2</sup> ) para la puesta en marcha de pavimentos de concreto.
- 14) La resistencia a la tracción diametral a las 24 horas, del Concreto "RV" alcanza 40.4, 37.5, y 35.4 Kg/cm<sup>2</sup> (**Cuadro N° 9.4.14**) para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente. Lo que significa un incremento de 43% (a/c =0.40), 57%(a/c =0.45) y 65% (a/c = 0.50) respecto del concreto patrón a la misma edad (**Gráfico N° 9.4.14**).
- 15) En el concreto patrón a las 24 horas, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 en ese orden, la resistencia a la flexión alcanza el 16%, 16% y 18% de los resultados del ensayo a la compresión axial(**Cuadro N° 9.4.17**).
- 16) En el concreto patrón a las 24 horas, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 en ese orden, la resistencia a la compresión diametral alcanza el 13%,13% y 15% de los resultados del ensayo a la compresión axial(**Cuadro N° 9.4.17**).
- 17) En el Concreto "RV" a las 24 horas, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 en ese orden, la resistencia a la flexión del alcanza el 16%, 14% y 15% de los resultados del ensayo a la compresión axial del Concreto "RV" (**Cuadro N° 9.4.19**).
- 18) En el Concreto "RV" a las 24 horas, para todas las relaciones agua/cemento estudiadas, la resistencia a la compresión diametral del

concreto alcanza el 12% de los resultados del ensayo a la compresión axial del Concreto "RV" (Cuadro N° 9.4.19).

19) La cantidad de agua utilizada en el concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3 (Gráfico N° 9.4.15). para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 fue de 74.3%, 71.1% y 71.1% del agua empleado en los diseños del concreto patrón, respectivamente.

20) La cantidad de agua utilizada en el Concreto "RV" (Gráfico N° 9.4.16). para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 fue de 72.9%, 71.9% y 72.6% del agua empleado en los diseños del concreto patrón, respectivamente.

#### **10.5 CONCRETO PATRÓN CON ADITIVOS Y LA CENIZA VOLANTE**

- 1) En la gráfica de resistencia a la compresión del mortero con ceniza volante (Gráfico N° 9.5.1) observamos que la curva del mortero sin ceniza volante se encuentra por encima de todas las curvas de los morteros con diferentes porcentajes de ceniza volante.
- 2) La resistencia a la compresión a las 24 horas, en el mortero con ceniza volante alcanzo el 67%, 65%, 72% y 87% de la resistencia del mortero sin ceniza volante a la misma edad, para 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza adicionado respectivamente (Gráfico N° 9.5.2). El porcentaje de ceniza es respecto del peso de cemento del mortero.
- 3) Empleando la relación de agua/cemento de 0.45 se fabrico concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3 con 10%, 20% y 30% de ceniza volante y se ensayo para hallar su resistencia a la compresión a las 24 horas; alcanzándose respectivamente 49%, 43% y 36% de la resistencia del concreto con 1.20% de Viscocrete-3 sin ceniza volante a la misma edad (Gráfico N° 9.5.4). El porcentaje de ceniza es respecto del peso de cemento.

- 4) También utilizando la relación de agua/cemento de 0.45 se fabrico Concreto "RV" con 10%, 20% y 30% de ceniza volante y se ensayo para hallar su resistencia a la compresión a las 24 horas; alcanzándose respectivamente 90%, 64% y 60% de la resistencia del Concreto "RV" sin ceniza volante a la misma edad (**Gráfico N° 9.5.6**). El porcentaje de ceniza es respecto del peso de cemento.

## **10.6 CONCRETO FRESCO.**

:

- 1) El peso unitario del concreto patrón fue de 2360, 2360 y 2382 Kg/m<sup>3</sup> y el peso unitario del Concreto "RV" fue de 2410, 2431 y 2403 Kg/m<sup>3</sup> para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente (**Cuadro N° 9.6.1**).
- 2) El peso unitario del Concreto "RV" aumento en 2%, 3% y 1% respecto del peso unitario del concreto patrón para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente (**Gráfico N° 9.6.1**).
- 3) El concreto patrón, en los ensayos del Cono de Abrams presento una consistencia promedio de 3 pulgadas, para lo que fue diseñado y el Concreto "RV" dio en los ensayos del Cono de Abrams una consistencia promedio de 9 pulgadas.
- 4) El índice de fluidez del concreto patrón es de 66.7%, 64.7% y 61.1% para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente. Así mismo para el Concreto "RV" los resultados para las respectivas relaciones agua cemento fueron 126.7%, 128% y 67.3% , superando en todos los casos a el concreto patrón (**Cuadro N° 9.6.2**).
- 5) La exudación en el concreto patrón para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 fueron de 2.3%, 4.4% y 3.9% respectivamente. Para el Concreto "RV" la exudación registrada es nula (**Cuadro N° 9.6.3**), además se observó que en su superficie expuesta al aire se formaba una película plástica que podría decirse lo impermeabilizaba.

- 6) El tiempo de fraguado inicial (T.F.I.) para el concreto patrón fue de 280, 330 y 315 minutos para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 en ese orden. El T.F.I. en el Concreto "RV" fue de 365, 385 y 350 minutos, significando un incremento del 30%, 17% y 11% respecto del T.F.I. del concreto patrón, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 en ese orden **(Cuadro N° 9.6.4)**.
- 7) El tiempo de fraguado final (T.F.F.) para el concreto patrón fue de 400, 455 y 440 minutos para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 en ese orden. El T.F.F. en el Concreto "RV" fue de 595, 565 y 505 minutos, significando un incremento del 49%, 24% y 15% respecto del T.F.F. del concreto patrón, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 en ese orden **(Cuadro N° 9.6.4)**.
- 8) El contenido de aire en el concreto patrón fue de 1.90%, 1.85% y 1.60% para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 en ese orden. Y el contenido de aire en el Concreto "RV" fue de 2.10%, 1.80% y 2.60% para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 en ese orden **(Cuadro N° 9.6.5)**.

## **10.7 COMPARACIÓN DE COSTOS**

- 1) El costo en soles del concreto patrón para octubre del 2004, por metro cúbico fue S/. 206.47, S/. 179.95 y S/. 156.90 para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 en ese orden **(Cuadro N° 9.7.2)**.
- 2) El costo en soles del Concreto "RV" para octubre del 2004, por metro cúbico fue S/. 391.25, S/. 337.12 y S/. 289.97 para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 en ese orden **(Cuadro N° 9.7.3)**. Lo que significa un costo adicional de 89% (a/c =0.40) , 87% (a/c =0.45) y 85% (a/c =0.50) respecto del concreto patrón **(Cuadro N° 9.7.4)**.

# **CONCLUSIONES Y** **RECOMENDACIONES**

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## GENERALIDADES

Las conclusiones de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, llevados a cabo en el estudio del "CONCRETO FAST TRACK O CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL PARA PAVIMENTOS", son dados a conocer en esta sección. Los materiales empleados para el estudio fueron:

1. CEMENTO SOL Tipo I, fabricado por Cementos Lima S.A.
2. Aditivo Acelerante SIKA-RAPID-1, producto de marca Sika-Perú S.A. (dosificación de 0.5% a 1.0% del peso del cemento).
3. Aditivo Súper-plastificante SIKA-VISCOCRETE-3, producto de la marca Sika-Perú S.A. (dosificación para concretos plásticos suaves: 0.40% a 1.20% del peso del cemento).
4. Los agregados, piedra chancada y arena gruesa, son de la cantera LA GLORIA de propiedad de Firth Industries Perú S.A.
5. La CENIZA VOLANTE de la Concretera Mixercon de procedencia de la ciudad de Ilo.

Las relaciones agua/cemento empleadas fueron de 0.40, 0.45 y 0.50. La combinación óptima de agregados gruesos y finos obtenido por el Método del Agregado Global fue de 50% de piedra chancada y 50% de arena gruesa. Seguidamente de esto se obtuvo los diseños de mezcla para el concreto patrón, con un asentamiento de 3".

Para hallar la dosificación de aditivos se hizo ensayos previos de compresión axial a las 24 horas, empleando la relación agua/cemento intermedia de 0.45.(\*)

---

(\*) Al concreto de mejores resultados en el ensayo a la compresión a las 24 horas se le denominó "CONCRETO RV", por emplear los dos aditivos Rapid-1 y Viscocrete-3, en las dosificaciones de 1.75% y 1.20% (del peso del cemento) respectivamente.



Se ensayó a la compresión axial : el concreto patrón, concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y al concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1. Los ensayos se hicieron para 1, 2, 3, 7 y 28 días.

Sin embargo para los ensayos de flexión y tracción diametral solo se ha considerado al concreto patrón y el concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1 por ser este último el de más alta resistencia a la compresión axial a las 24 horas. Los ensayos se hicieron para las 24 horas.

Para decidir el empleo de la ceniza volante se ensayo el mortero a compresión en cubos de 2" x 2" y en concreto con las dosificaciones de aditivos antes mencionadas y la relación agua/cemento 0.45.

## **CONCLUSIONES**

1. El Súper-plastificante Viscocrete-3 acelera la resistencia inicial en el concreto con más rapidez que el Acelerante Rapid-1, incluso para dosis menores, hasta un 30% mas comparando las dosis máximas de ambos aditivos (1.2% Viscocrete-3 con 3% Rapid-1) .
2. **La resistencia a la compresión en el Concreto "RV" a las 24 horas alcanzan del 73% al 81% de la resistencia del concreto patrón a los 28 días**, aumentando a medida que se disminuye la relación agua/cemento de 0.50 a 0.40. Con el concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3 alcanza máximo hasta el 68% (a/c =0.45 a 24h.)
3. El Concreto "RV" presenta una resistencias a la flexión entre 42.3 y 54.8 Kg/cm<sup>2</sup> a las 24 horas , que aumenta a medida que disminuye la relación agua/cemento de 0.50 a 0.40, mayor a la mínima establecida por la norma EG-2000 ( 38.6 Kg/cm<sup>2</sup> ) para la puesta en servicio de pavimentos de concreto.

4. En el Concreto "RV" a las 24 horas la resistencia a la flexión alcanza el 14% de su resistencia a la compresión axial a las 24 horas. Y el 12% para la resistencia a la compresión diametral a las 24 horas, para todas las relaciones agua/cemento empleadas.
5. El Concreto "RV" al tercer día presenta un descenso en su resistencia a la compresión. Este efecto disminuye conforme aumenta la relación agua/cemento en el concreto de 0.50 a 0.40.
6. El empleo del aditivo Viscocrete-3 reduce el agua de la mezcla del CONCRETO "RV" en aproximadamente 27% del agua del concreto patrón.
7. El estudio de la la CENIZA VOLANTE en el mortero y en los concretos patrón con 1.20% de Viscocrete-3 y Concreto "RV" nos permite concluir que: **la CENIZA VOLANTE obtenida actúa como RETARDANTE en la mezcla del concreto(\*\*). Por lo tanto SE DESCARTA SU EMPLEO en la fabricación de CONCRETO FAST-TRACK.**
8. El peso unitario del Concreto "RV" es ligeramente mayor (entre el 1% - 3%) que el peso unitario del concreto patrón.
9. El Concreto "RV" tiene mejor consistencia (9 pulgadas) y por lo tanto mejor trabajabilidad que el concreto patrón estudiado (3 pulgadas) lo que se refleja también en el índice de fluidez del Concreto "RV" que es mayor que la del concreto patrón para todas las relaciones agua/cemento estudiadas. Cabe notar que para asentamientos iguales a los del patrón, las mezclas con Viscocrete-3 se vuelven de muy difícil trabajabilidad. Esto debido a que este aditivo cohesiona mucho a la mezcla.

---

(\*\*) Alcanzando valores a las 24 horas :en el concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3 menores al 50% y en el Concreto "RV" valores entre 60% - 90% ; para contenidos de ceniza volante de 30% a 10% del peso del cemento en cada caso. Estos concretos se realizaron con la relación agua/cemento de 0.45.

10. La exudación en el Concreto "RV" es nula.
11. El tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se incrementa (entre el 11%-30%) en el Concreto "RV" siendo cada vez mayor a medida que se disminuye la relación agua/cemento de 0.50 a 0.40.
12. El costo del Concreto "RV" para octubre del 2004 **presenta un precio adicional entre el 85% y 89%** respecto del costo del concreto patrón, considerando solo los materiales.
13. El método experimental-gráfico para hallar la cantidad de agua en el concreto patrón nos da muy buenos resultados. Este método se ajusta más a la realidad de los agregados y materiales a emplear en obra.
14. La cantidad de agua que se halla por el método del ACI-211 no se ajusta a la realidad de los agregados de la cantera La Gloria ni a otros aquí en Lima, esto se concluye al revisar los resultados de las tesis de concreto en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y al presenciar directamente los ensayos de consistencia de otras investigaciones que se llevan a cabo en el Laboratorio de Ensayo de Materiales o Laboratorio N°1 de la UNI.
15. Con los aditivos actuales de alto poder se puede llegar a resistencias a la compresión cercanas a los 350 Kg/cm<sup>2</sup> en tan solo un día o 24 horas. Ejemplo de esto es el CONCRETO "RV" que hemos estudiado.

**Resumen: El CONCRETO FAST TRACK estudiado tiene la siguiente dosificación de aditivos: 1.75 % de Acelerante Rapid-1 y 1.20% de Súper-plastificante Viscocrete-3, con una reducción promedio de 27% de agua para las relaciones agua/cemento de 0.40,0.45 y 0.50 .**

## **RECOMENDACIONES**

1. Al emplear aditivo Súper-plastificante Viscocrete-3 se debe tener en cuenta que la reducción de agua debe ser tal que pueda producir un asentamiento de aproximadamente 9 pulgadas. Una reducción excesiva produce un concreto muy denso no trabajable.
2. Antes de tomar como válida cualquier literatura sobre diseño de concreto, se debe hacer los ensayos correspondientes para saber las características de los materiales a emplear.
3. Para hallar la cantidad de agua en el concreto patrón se recomienda tantear asumiendo 220 litros por metro cúbico.
4. Antes de tener en cuenta cualquier norma y/o método extranjero, para aplicarlo en nuestra realidad, habrá que considerar que estas han sido producto de investigaciones para realidades diferentes a la nuestra; esto es con diferentes calidades de materiales, condiciones climáticas diferentes, etc.
5. Por lo mencionado antes, el profesional tiene que saber adaptar las normas y/o métodos a nuestra realidad, basándose si fuese posible en investigaciones o a las experiencias en obras que se hayan llevado a cabo en el lugar donde se desea aplicar.
6. Anotar los datos tomados en laboratorio con claridad y de ser posible sacar copias de seguridad a los resultados obtenidos. Si los datos fuesen muy importantes, y para su seguridad, incluso se deben codificar los resultados.
7. La ceniza volante estudiada no debe ser empleada para la fabricación de CONCRETO FAST TRACK, ya que retarda la resistencia inicial en el concreto.

# **BIBLIOGRAFÍA**

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] TITULO : "ESTUDIO TÉCNICO DEL CONCRETO FAST TRACK EN REPARACIÓN Y REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS".  
AUTOR : CALDERÓN ANTEZANA, Wernher  
EDICIÓN : UNSAA. AREQUIPA – PERÚ. AÑO 2002.  
BIBLIOTECA : BIBLIOTECA DE CIENCIAS E INGENIERIA - UNSA  
CONTENIDO : ASPECTOS GENERALES.
- [2] TITULO : "CEMENTO: BOLETINES TÉCNICOS Nros 1 AL 58"  
AUTOR : ASOCEM.  
EDICIÓN : LIMA-PERÚ, AÑO 1993  
BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL"  
CONTENIDO : BOLETIN TECNICO N° 57"EL CONCRETO FAST TRACK EN REPARACIÓN Y REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS" (Aplicaciones, materiales, puesta en servicio).
- [3] TITULO : Revista "CEMENTO"  
AUTOR : ICPA.  
EDICIÓN : ARGENTINA, AÑO 2003  
BIBLIOTECA : WEB: [www.hormigonelaborado.com/Whitetopping](http://www.hormigonelaborado.com/Whitetopping)  
CONTENIDO : PRIMERA EXPERIENCIA DE ULTRA THIN WHITETOPPING EN LA ARGENTINA
- [4] TITULO : "ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS ( EG-2000)". Tomo II.  
AUTOR : MTC & DGC.  
EDICIÓN : LIMA-PERÚ. AÑO 2000  
BIBLIOTECA : PERSONAL  
CONTENIDO : CONCRETO: PUESTA EN SERVICIO DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO.
- [5] TITULO : "PRODUCTOS: CEMENTO PÓRTLAND TIPO I".  
AUTOR : CEMENTOS LIMA S.A.  
EDICIÓN : LIMA-PERÚ. AÑO 2004  
BIBLIOTECA : PAGINA WEB: [www.cementoslima.com.pe](http://www.cementoslima.com.pe)  
CONTENIDO : ESPECIFICACIONES TECNICAS
- [6] TITULO : "NORMA TÉCNICA PERUANA".  
AUTOR : INDECOPI  
EDICIÓN : LIMA-PERÚ. AÑO 2001  
BIBLIOTECA : LEM-FIC-UNI  
CONTENIDO :  
• NTP. 400.012:2001 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO,

GRUESO Y GLOBAL

- NTP.400.017:1999 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO DEL AGREGADO.
- NTP.400.024:1999 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR CUALITATIVAMENTE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL AGREGADO FINO PARA CONCRETO.
- NTP 339.034:1999 MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO.
- NTP 339.035:1999 MÉTODO DE ENSAYO PARA LA MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL HORMIGÓN (CONCRETO) CON EL CONO DE ABRAMS.
- NTP 339.078:2001 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN (CONCRETO) EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CONCARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO.
- NTP 339.082:2001 MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DEFRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN.

**[7]** TITULO : "NATURALEZA Y MATERIALES DEL CONCRETO"  
AUTOR : RIVA LOPEZ, ENRIQUE  
EDICIÓN : LIMA-PERÚ, 2000, CAPITULO PERUANO DEL ACI.  
BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL"  
CONTENIDO : CAPITULO 7 : "ADITIVOS Y ADICIONES"

**[8]** TITULO : "LAS CENIZAS VOLANTES COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN".  
AUTOR : GASPAR TEBAR, DEMETRIO.  
EDICIÓN : MADRID-ESPAÑA, INSTITUTO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEL CEMENTO.  
BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL"  
CONTENIDO : EMPLEO DE LAS CENIZAS VOLANTES, PROPIEDADES DE LOS HORMIGONES CON CENIZAS VOLANTES

**[9]** TITULO : "TECNOLOGÍA DEL CONCRETO (TEORÍA Y PROBLEMAS)".  
AUTOR : ABANTO CASTILLO, FLAVIO.  
EDICIÓN : LIMA - PERÚ. EDITORIAL SAN MARCOS.  
BIBLIOTECA : PERSONAL  
CONTENIDO : EL AGUA, AGREGADOS, PROPIEDADES DEL CONCRETO.

- [10]** TITULO : "MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL Y MÓDULO DE FINURA PARA CONCRETO DE MEDIANA Y ALTA RESISTENCIA".
- AUTOR : CACHAY HUAMAN, RAFAEL.
- EDICIÓN : LIMA – PERÚ. AÑO 1998./ TESIS UNI
- BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL"
- CONTENIDO : DEFINICIONES, ESTUDIO TEORICO DEL METODO DEL AGREGADO GLOBAL, ASPECTO TEORICO DEL DISEÑO, DISEÑO Y DOSIFICACIÓN, CONCRETO EN ESTADO FRESCO
- 
- [11]** TITULO : "INVESTIGACIÓN DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA METODOLOGÍA DE OBTENCIÓN Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS CONCRETOS DE 550-1200 Kg/cm<sup>2</sup>".
- AUTOR : MORALES ALFARO, MARY P.
- EDICIÓN : LIMA - PERÚ. AÑO 2000 / TESIS UNI
- BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL"
- CONTENIDO : DISEÑO DE MEZCLAS-ESTUDIO DE LA SECUENCIA DE MEZCLADO, MÉTODO DEL ACI-211.
- 
- [12]** TITULO : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON UN ADITIVO ACELERANTE DE ALTO PODER QUE MEJORA LA PERFORMANCE DE LA RESISTENCIA Y FRAGUADO UTILIZANDO CEMENTO PÓRTLAND TIPO I "
- AUTOR : ARROYO ESCUDEDRO, JESÚS.
- EDICIÓN : LIMA-PERÚ, 1997 / TCO 002 T
- BIBLIOTECA : BIBLIOTECA DEL DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CONSTRUCCIÓN-UNI-FIC
- CONTENIDO : TAMAÑO MÁXIMO, TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL, MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL.
- 
- [13]** TITULO : "MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (EM 2000)".
- AUTOR : MTC & DGC.
- EDICIÓN : LIMA - PERÚ. AÑO 2000. ICG – INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA.
- BIBLIOTECA : PERSONAL
- CONTENIDO : MTC E-205-2000 GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS. MTC E-206-2000 GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS. SECCIÓN 7:CONCRETO



- [14]** TITULO : "FACTIBILIDAD Y ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE BAJA RESISTENCIA ADICIONADO CON CAL".  
 AUTOR : CHINEN GUIMA, KATIA V.  
 EDICIÓN : LIMA-PERÚ. AÑO 2002  
 BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL"  
 CONTENIDO : CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS
- [15]** TITULO : "REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES"  
 AUTOR : CAPECO  
 EDICIÓN : LIMA - PERÚ. AÑO 2002 / TESIS UNI  
 BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL"  
 CONTENIDO : DISEÑO DE MEZCLAS-ESTUDIO DE LA SECUENCIA DE MEZCLADO, MÉTODO DEL ACI-211.
- [16]** TITULO : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO, DE MEDIANA A ALTA RESISTENCIA CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y RETARDADOR DE FRAGUA, CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I."  
 AUTOR : ARI QUEQUE, ISMAEL.  
 EDICIÓN : LIMA-PERÚ, 2002 / TP 4145  
 BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL"  
 CONTENIDO : ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.
- [17]** TITULO : "ESTRUCTURACIÓN DE VÍAS TERRESTRES"  
 AUTOR : OLIVERA BUSTAMANTE, FERNANDO.  
 EDICIÓN : MÉXICO, AÑO 1999, COMPAÑÍA EDITORIAL CONTINENTAL S.A. de C.V. MÉXICO, 2º EDICIÓN.  
 BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL"  
 CONTENIDO : ESTRUCTURACIÓN DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS, LOSAS DE CONCRETO HIDRÁULICO.
- [18]** TITULO : "INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS".  
 AUTOR : MONTEJO FONSECA, ALONSO.  
 EDICIÓN : SANTA FE DE BOGOTA-COLOMBIA, AÑO 1998.  
 BIBLIOTECA : BIBLIOTECA UNI-FIC " ALBERTO REGAL"  
 CONTENIDO : DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA CALLES Y CARRETERAS.

# ANEXOS

	Pag.
CUADRO RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS.....	161
<b><u>ANEXO A</u></b> : AGREGADO GRUESO.....	162
<b><u>ANEXO B</u></b> : AGREGADO FINO. ....	177
<b><u>ANEXO C</u></b> : AGREGADO GLOBAL. ....	195
<b><u>ANEXO D</u></b> : METODO DEL ACI – 211.....	203
<b><u>ANEXO E</u></b> : DISEÑO DEL CONCRETO PATRON.....	206
<b><u>ANEXO F</u></b> : RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PATRON.....	209
<b><u>ANEXO G</u></b> : RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXIÓN A 24 HORAS.....	214
<b><u>ANEXO H</u></b> : RESULTADOS DE DISEÑO DEL CONCRETO PATRON CON ADITIVOS.....	220
<b><u>ANEXO I</u></b> : RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PATRON MÁS ADITIVOS. ....	223
<b><u>ANEXO J</u></b> : REDUCCIÓN DE AGUA.....	233
<b><u>ANEXO K</u></b> : ARENA DE OTAWA.....	234
<b><u>ANEXO L</u></b> : MORTEO CON CENIZA VOLANTE. ....	235
<b><u>ANEXO M</u></b> : CONCRETO “V-0.45” Y CENIZA VOLANTE.....	236
<b><u>ANEXO N</u></b> : CONCRETO “RV-0.45” Y CENIZA VOLANTE. ....	237
<b><u>ANEXO Ñ</u></b> : CONCRETO FRESCO. ....	238
<b><u>ANEXO O</u></b> : MÓDULO ELÁSTICO.....	249
<b><u>ANEXO P</u></b> : AGUA EMPLEADA PARA EL ESTUDIO.....	250
<b><u>ANEXO Q</u></b> : CEMENTO EMPLEADA PARA EL ESTUDIO.....	251
<b><u>ANEXO R</u></b> : FOTOS.....	254

## CUADRO RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

### PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS

Agregado Grueso : Cantera "La Gloria"

Agregado Fino : Cantera "La Gloria"

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Peso Unitario Suelto	Kg / m <sup>3</sup>	1432	1655
Peso Unitario Compactado	Kg / m <sup>3</sup>	1616	1876
Peso Específico	gr / m <sup>3</sup>	2563	2525
Peso Específico de Masa S.S.S.	gr / m <sup>3</sup>	2581	2583
Tamaño Máximo	Pulg	1 1/2	-
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	1	-
Módulo de Finura		7.46	3.16
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> / gr	4.57	44.68
Contenido de Humedad	%	0.40	2.29
Porcentaje de Absorción	%	0.70	2.28
Material que pasa la Malla N° 200	%	-	4.87

## **ANEXO A : AGREGADO GRUESO**

### **A.1 PROPIEDADES Y NORMAS**

#### **A.1.1 Granulometría y módulo de fineza del agregado grueso** **( NTP 400.012)**

En este ensayo se mide los diferentes diámetros de las partículas que componen el agregado grueso, así como los porcentajes que ocupan la muestra representativa del agregado. Los tamices estándar usados para determinar la gradación del agregado grueso son: 4", 3 ½", 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8". La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

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

#### **Procedimiento.**

- La muestra se obtiene por cuarteo.
- Secar la muestra a 110°C +/- 5°C hasta que en dos pesadas sucesivas y separadas por una hora de secado, su peso no difiera en mas de 0.1% entre ambas mediciones.
- Se pesa 5000 gr. , las pesadas se hacen con una aproximación de 0.1%.
- El material a tamizarse se colocará en la malla superior, las que están dispuestas en orden decreciente según tamaño de aberturas.

- El tamizado puede hacerse a mano, pero también se puede emplear una maquina adecuada, como se hizo en este caso.
- En ningún caso se facilita con la mano, el pasaje de una partícula a través del tamiz.
- El vibrado de los tamices se hace por el transcurso de un minuto, luego del cual se pesan los retenidos en cada tamiz dando por finalizado el ensayo.
- Se calcula el modulo de fineza.

### **Resultados de laboratorio.**

Se muestra a continuación la granulometría para el agregado grueso de la cantera LA GLORIA.

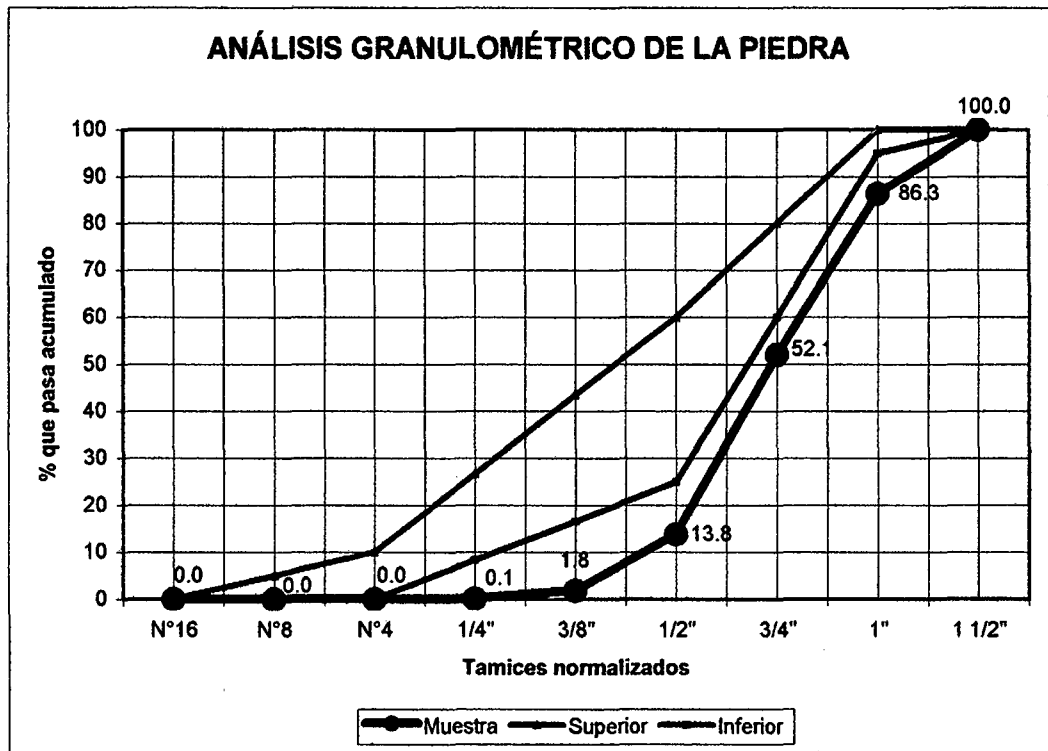
**Cuadro N° A.1: Resumen del ensayo de granulometría del agregado grueso.**

TAMIZ	Porcentajes retenidos (%)			% Retenido promedio	% Retenido Acum.	% que pasa Acum.
	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3			
1 1/2"	0	0	0	0.0	0.0	100.0
1"	12.14	12.73	16.37	13.7	13.7	86.3
3/4 "	33.12	35.67	33.77	34.2	47.9	52.1
1/2"	41.1	38.04	35.77	38.3	86.2	13.8
3/8"	11.77	11.88	12.31	12.0	98.2	1.8
1/4"	1.74	1.56	1.72	1.7	99.9	0.1
N°4	0.08	0.07	0.02	0.1	100.0	0.0
F	0.05	0.05	0.05	0.0	100.0	0.0

El modulo de fineza del agregado grueso de la cantera LA GLORIA, se calcula así:

$$(47.9 + 98.2 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100) / 100 = 7.46$$

Gráfico N° A.1: Granulometría del agregado grueso.



En el gráfico elaborado arriba, puede observar que la piedra (muestra) se encuentra fuera de los husos que establece la norma para el agregado grueso, según la N.T.P. 400.037[6].

Tabla N° A.1: Husos o límites empleados para el agregado grueso ( para un tamaño máximo nominal de 1" a N°4.) según la NTP 400.037.

Malla	% que pasa (acumulado)
1 1/2" 37.5 mm	100
1" 25.0 mm	95 a 100
1/2" 12.5 mm	25 a 60
N°4 4.75 mm	0 a 10
N°8 2.36 mm	0 a 5

[6] INDECOPÍ "Norma técnica peruana". Lima - Perú. Año 2001.

### **A.1.2 Tamaño máximo (NTP 400.011)**

El tamaño máximo es el tamaño de la abertura de la malla mas pequeña que deja pasar toda la muestra del agregado[8]. En general no debe exceder de :

- Un quinto de la dimensión de los miembros sin refuerzo.
- Tres cuartos del espacio libre entre las varillas del refuerzo y los moldes.
- Un tercio del espesor de las losas sin refuerzo situadas sobre el terreno.

En el caso del agregado grueso de LA GLORIA tiene un tamaño máximo de 1 1/2" (una pulgada y media).

### **A.1.3 Tamaño máximo nominal (NTP 400.011)**

Es el diámetro del tamiz superior al que se retiene el 15% o más en el porcentaje retenido acumulado del material[12].

En el caso del agregado grueso de LA GLORIA tiene un tamaño máximo nominal de 1" (una pulgada).

Tabla N° A.2 : *Volumen recipiente a escoger para los ensayos de PU del agregado grueso, según el tamaño máximo nominal del agregado.*

<b>Tamaño Máximo Nominal del Agregado</b>	<b>Volumen del Recipiente.</b>
1/2"	1/10 pie <sup>3</sup>
1"	1/3 pie <sup>3</sup>
1 1/2"	1/2 pie <sup>3</sup>
4"	1 pie <sup>3</sup>

[12] ARROYO ESCUDEDRO, Jesús. "Estudio de las propiedades del concreto con un aditivo acelerante de alto poder que mejora la performance de la resistencia y fraguado utilizando cemento Pórtland Tipo I". Pag. 74-75. Tesis-UNI. Lima - Perú. Año 1997.

#### **A.1.4 Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso (NTP400.017)**

##### **Peso unitario suelto (P.U.S.)**

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

##### **Procedimiento.**

- La muestra se obtiene por cuarteo.
- Se pesa el recipiente metálico de  $1/3 \text{ Pie}^3$ , escogido según la Tabla N° A.2.
- En el recipiente de  $1/3 \text{ Pie}^3$ , se deja caer suavemente el agregado fino, hasta llenarlo.
- Se enrasa y se pesa el recipiente metálico con la muestra.
- Se calcula el peso de la muestra y se divide entre el volumen del recipiente.

##### **Resultados de laboratorio**

Cuadro N° A.2: Se emplea tres muestras para el cálculo del P.U.S.

<b><u>P.U.S.</u></b>	<b>P.U.S. (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
Muestra N°1	1483
Muestra N°2	1398
Muestra N°3	1414
<b>P.U.S. Prom =</b>	<b>1432</b>



### **Peso unitario compactado (P.U.C.)**

El objetivo del ensayo es hallar el peso del agregado grueso en un volumen unitario compacto. Todos los agregados presentan distinta la proporción entre el peso unitario compactado con el peso unitario suelto. Este ensayo nos puede determinar el grado de compactación que pueden presentar los materiales en su estado natural.

### **Procedimiento.**

- La muestra se obtiene por cuarteo.
- Se pesa el recipiente metálico de  $1/3 \text{ Pie}^3$
- En el recipiente metálico de  $1/3 \text{ Pie}^3$ , se llena el agregado fino en tres (3) capas y se le da 25 golpes en cada capa, compactando con una varilla de metal de  $5/8''$  de diámetro extremo redondeado.
- Se enraza y se pesa el recipiente metálico con la muestra compactada.
- Se calcula el peso de la muestra compactada y se divide entre el volumen del recipiente.

### **Resultados de laboratorio**

Cuadro N° A.3: Se empleo tres muestras para el cálculo del P.U.C.

<b><u>P.U.C.</u></b>	<b>P.U.C. (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
Muestra N°1	1628
Muestra N°2	1600
Muestra N°3	1621
<b>P.U.C. Prom =</b>	<b>1616</b>

## **A.1.5 Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.022)**

### **Peso específico**

El peso específico de un agregado es la relación de su peso, al peso de un volumen igual de agua. Se usa en los cálculos para el control y diseño de mezclas. El peso específico es también un indicador de la calidad del agregado que se usa en la preparación de concretos.

Para comprender de los resultados mostrados, incluiremos algunas definiciones según la norma MTC E-205-2000 [13] basados en la norma ASTM C-128 Y AASHT T-84 :

**Volúmenes aparentes y nominales.-** En un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado "aparente"; si se excluye este volumen de vacíos, al volumen resultante se le denomina "nominal".

**Peso específico aparente y nominal.-** En estos materiales, se define el peso específico aparente como la relación entre el peso al aire del sólido (peso de la muestra seco) y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente y peso específico nominal a la relación entre el peso al aire del sólido (peso de la muestra seco) y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal.

Luego tenemos los denominados :

Peso específico aparente =  $\text{Peso}_{\text{seco}} / \text{Vol. aparente}$

Peso específico de masas saturada superficialmente seca =  $\text{Peso}_{\text{s.s.s}} / \text{Vol. aparente}$

Peso específico nominal =  $\text{Peso}_{\text{seco}} / \text{Vol. nominal}$

---

[13] MTC & DGC. "Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000)". MTC E-205-2000 pag. 1. ICG – Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima - Perú. Año 2000.

## **Absorción**

Debido a la porosidad interna que presentan los agregados, el agua o la humedad exterior pueden penetrar hacia el interior de estos. Como consecuencia de esto es necesario estudiar o determinar cuantitativamente la capacidad de absorción de los agregados para tenerse en cuenta en la respectiva dosificación del concreto. Debe cuantificarse para tener un mejor control del agua de mezcla, pues de no ser así se corre el riesgo que absorba una gran cantidad de agua destinada para el fraguado total del cemento.

La absorción de los agregados debe determinarse, de manera que la proporción de agua en el concreto pueda controlarse y puedan determinar los pesos correctos de las mezclas. La absorción de un agregado esta representada por el porcentaje de agua que le es necesaria para llegar a la condición de saturada superficialmente seca.

Se calcula de la siguiente manera.

$$A_b = \frac{(W_{SSS} - W_{SECO})}{W_{SECO}} \times 100$$

Donde:

$A_b$  = Porcentaje de absorción.

$W_{SSS}$  = Peso de la muestra saturada y superficialmente seca.

$W_{SECO}$  = Peso de la muestra seca.

## **Procedimiento.**

- La muestra se obtiene por cuarteo.
- Se satura la muestra mínimo 24 horas, sumergiéndola en agua.
- Secar la muestra hasta que se encuentre saturada superficialmente seca(S.S.S.). Para llegar a este estado se empleara una franela y se secura si fuese posible piedra por piedra.

- Tarar la balanza donde se ha de tomar los pesos.
- Pesar una tara, donde se introducirá la muestra S.S.S.
- Introducir 600 gramos de la muestra S.S.S. en la tara.
- Llenar una probeta con agua, hasta 500 ml.
- Introducir la muestra S.S.S. dentro de la probeta, dejar reposar y medir el volumen desplazado por la muestra.
- Vaciar la muestra de la probeta a la tara, con mucho cuidado para no perder parte de la muestra.
- Dejar reposar, retirar el agua en exceso de la tara y llevar al horno 24 horas.
- Dejar enfriar a temperatura ambiente durante una (1) hora y pesar.

### **Resultados de laboratorio**

La piedra de la cantera LA GLORIA fue ensayada dándonos los resultados que se muestran en el siguiente cuadro:

*Cuadro N° A.4: Peso específico y absorción del agregado grueso de la cantera LA GLORIA.*

	<b>Muestra N°1</b>	<b>Muestra N°2</b>	<b>Promedio</b>
<b>Pe (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	2582	2544	<b>2563</b>
<b>Abs. (%)</b>	0.63	0.77	<b>0.70</b>

Los resultados obtenidos para el peso específico se hallaron con el método de volúmenes desplazados.

### **A.1.6 Contenido de humedad del agregado grueso**

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

#### **Procedimiento.**

- La muestra se obtiene por cuarteo.
- Se pesa en una tara metálica 1000 gr. de la muestra (con su humedad natural).
- Colocar al horno por 24 horas (110 °C).
- Pesar la tara con la muestra seca.
- Pesar la tara sola.

#### **Resultados de laboratorio**

Mostrare a continuación los resultados del contenido de humedad del agregado grueso de la cantera LA GLORIA, para condiciones de laboratorio. Si se desea conocer el contenido de humedad para condiciones de cantera léase en los anexos.

*Cuadro N° A.5: Contenido de humedad en condiciones de laboratorio.*

	<b>C.H. (%)</b>	<b>Observación.</b>
Muestra N°1	0.36	En el laboratorio
Muestra N°2	0.44	En el laboratorio
<b>C.H. prom. =</b>	<b>0.40</b>	En el laboratorio

### **A.1.7 Superficie Específica del agregado grueso.**

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

Para determinar la superficie específica se tendrá en cuenta dos suposiciones:

- Que todas las partículas son esféricas.
- Que el tamaño medio de las partículas que pasan un tamiz y quedan retenidas en otro, es igual al promedio de las dos aberturas.

Se calcula con la siguiente formula:  $S_e = 6 \times \frac{SUM}{(100 \times P_e)}$

Donde:

$S_e$  = Superficie específica

SUM = Sumatoria de los cocientes de los porcentajes retenidos entre el diámetro promedio.

$P_e$  = Peso específico.

## Resultados de laboratorio

El cuadro siguiente muestra los cálculos para hallar la superficie específica del agregado grueso.

Cuadro N° A.6: Cuadro de los cocientes de los porcentajes retenidos entre el diámetro promedio.

TAMIZ	% Retenido (1)	Diámetro prom. en cm. (2)	Cociente (1)/(2)
1 1/2"	0	4.445	0.00
1"	13.7	3.175	43.50
3/4 "	34.2	2.223	76.01
1/2"	38.3	1.588	60.80
3/8"	12	1.111	13.33
1/4"	1.7	0.793	1.35
N°4	0.1	0.555	0.06
<b>SUM =</b>			<b>195.04</b>

$$\text{Luego : } S_o = (6 \times 195.04) / (100 \times 2.563) \Rightarrow S_o = 4.57 \text{ cm}^2/\text{gr}$$

## A.2 TABLAS Y GRÁFICOS

### A.2.1.- Resultados al realizar LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO.

TAMIZ N°	Pesos retenidos (gr)		
	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
1 1/2"	0.0	0.0	0.0
1"	606.9	636.3	816.5
3/4 "	1656.1	1782.3	1684.3
1/2"	2055.1	1900.6	1784.2
3/8"	588.5	593.5	614.1
1/4"	87.2	78.0	85.9
N°4	3.8	3.4	0.9
F	2.3	2.4	2.3
TOTAL	4999.9	4996.5	4988.2
MUESTRA	5000.0	5000.0	5000.0
Error (%)	0.002	0.070	0.236

TAMIZ N°	Pesos retenidos corregidos (gr)		
	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
1 1/2"	0.0	0.0	0.0
1"	606.9	636.7	818.4
3/4 "	1656.1	1783.5	1688.3
1/2"	2055.2	1902.0	1788.5
3/8"	588.5	593.9	615.5
1/4"	87.2	78.1	86.1
N°4	3.8	3.4	0.9
F	2.3	2.4	2.3
	5000.0	5000.0	5000.0

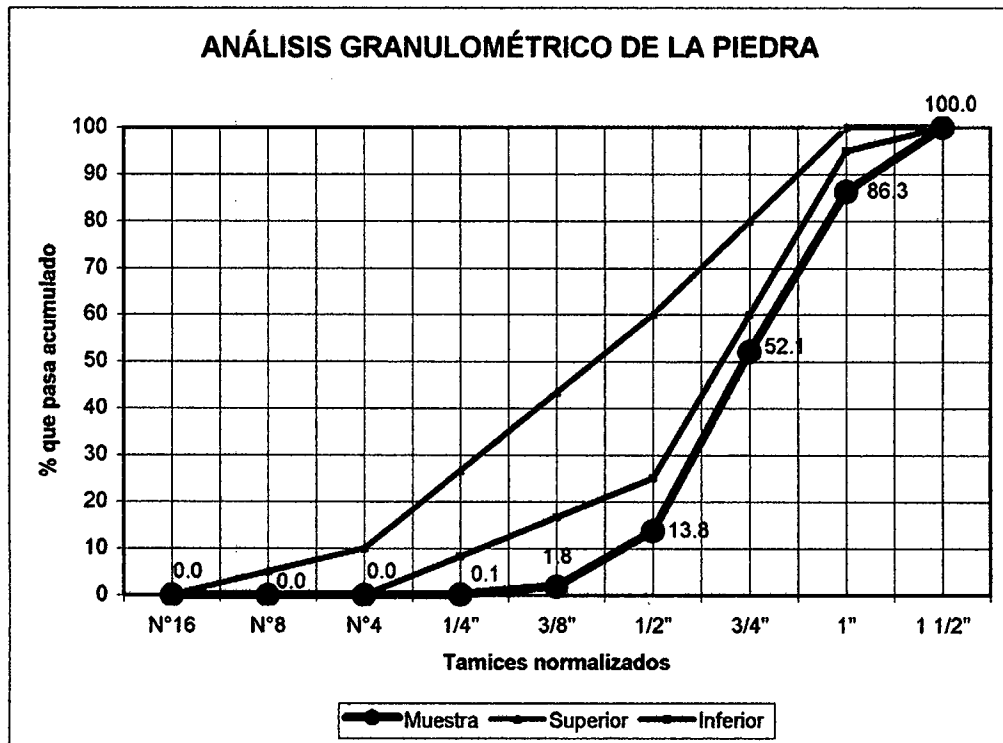
TAMIZ	Porcentajes retenidos (%)			% Retenido promedio	% Retenido Acum.	% que pasa Acum.
	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3			
1 1/2"	0	0	0	0.0	0.0	100.0
1"	12.14	12.73	16.37	13.7	13.7	86.3
3/4 "	33.12	35.67	33.77	34.2	47.9	52.1
1/2"	41.1	38.04	35.77	38.3	86.2	13.8
3/8"	11.77	11.88	12.31	12.0	98.2	1.8
1/4"	1.74	1.56	1.72	1.7	99.9	0.1
N°4	0.08	0.07	0.02	0.1	100.0	0.0
F	0.05	0.05	0.05	0.0	100.0	0.0

Leyenda

Piedra de la cantera "La Gloria"



**GRÁFICO DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO .**



**A.2.2.- Resultados obtenidos al realizar los ensayos de PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.**

	Muestra N°1	Muestra N°2
<b>Wsss (gr)</b>	600.0	600.0
<b>Vo (ml)</b>	500.0	500.0
<b>Vf (ml)</b>	731.0	734.0
<b>Vsss (ml)</b>	231.0	234.0
<b>Wseco+Wtara</b>	766.3	734.6
<b>Wtara (gr)</b>	170.0	139.2
<b>Wseco (gr)</b>	596.3	595.4
<b>Pe sss (Kg/m3)</b>	2597	2564
<b>Pe (Kg/m3)</b>	2581	2544
<b>Abs. (%)</b>	0.62	0.77

Leyenda  
Piedra de la cantera "La Gloria"

A.2.3.- Se realizo los ensayos de **PESO UNITARIO SUELTO Y PESO UNITARIO COMPACTADO DE EL AGREGADO GRUESO** de la cantera LA GLORIA, obteniendo los siguientes resultados:

<b>P.U.S.</b>	<b>W balde + Wp (Kg)</b>	<b>Wp (Kg)</b>	<b>P.U.S. (Kg/M3)</b>
Muestra N°1	20.55	14.00	1483
Muestra N°2	19.75	13.20	1398
Muestra N°3	19.90	13.35	1414
<b>P.U.S. Prom =</b>			<b>1432</b>

<b>P.U.C.</b>	<b>W balde + Wp (Kg)</b>	<b>Wp (Kg)</b>	<b>P.U.C. (Kg/M3)</b>
Muestra N°1	21.92	15.37	1628
Muestra N°2	21.65	15.10	1600
Muestra N°3	21.85	15.30	1621
<b>P.U.C. Prom =</b>			<b>1616</b>

**Leyenda**

Piedra de la cantera "La Gloria"  
 Vol. BALDE =  $1/3 \text{ Pie}^3 = 0.0094 \text{ m}^3$   
 W BALDE = 6.55 Kg.

A.2.4.- Resultados del **CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO** de la cantera LA GLORIA.

	<b>Peso húmedo (gr)</b>	<b>Peso seco + Peso tara (gr)</b>	<b>Peso de tara (gr)</b>	<b>C.H. (%)</b>
Muestra N°1	1000.0	1144.2	147.8	0.36
Muestra N°2	1000.0	1111.6	116.0	0.44

**Leyenda**

Piedra de la cantera "La Gloria"

## **ANEXO B : AGREGADO FINO**

### **B.1 PROPIEDADES Y NORMAS DEL AGREGADO FINO**

#### **B.1.1 Granulometría y Módulo de fineza del agregado fino(NTP 400.012)**

Con este ensayo se busca averiguar la distribución del agregado fino, con relación a los diferentes diámetros de sus partículas. Los tamices estándar usados para determinar la gradación de los agregados finos son las N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100.

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

Las cantidades de agregado que pasan los tamices N°50 y N°100 afectan la manejabilidad, la facilidad para lograr buenos acabados, la textura superficial y la exudación del concreto. Se permite que pase el tamiz N° 50 del 10% al 30% cuando el vaciado es fácil o cuando los acabados se hacen mecánicamente, como en los pavimentos. Se recomienda que las sustancias dañinas, no excederán los porcentajes máximos siguientes: 1) Partículas deleznable: 3% , 2) Material mas fino que la malla N°200: 5 %

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

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

**Tabla N° B.1: Husos o límites para la arena gruesa ( agregado fino ) según la Norma ASTM-C33 (Arena gruesa-C)**

<b>Malla</b>		<b>% que pasa (acumulado)</b>
3/8"	9.5 mm	100
N°4	4.75 mm	95 a 100
N°8	2.36 mm	80 a 100
N°16	1.18 mm	50 a 85
N°30	600 µm	25 a 60
N°50	300 µm	10 a 30
N°100	150 µm	2 a 10

El módulo de fineza es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario.

Según la Norma ASTM la arena debería tener un modulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor que 3.1.

Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las mas favorables para los concretos de alta resistencia.

### **Procedimiento.**

- La muestra se obtiene por cuarteo.
- Se seca la muestra a 110°C +/- 5°C hasta que en dos pesadas sucesivas y separadas por una hora de secado, su peso no difiera en mas de 0.1% entre ambas mediciones.
- Se pesa 500 gr. , las pesadas se hacen con una aproximación de 0.1%.

- El material a tamizarse se colocará en la malla superior, las que están dispuestas en orden decreciente según tamaño de aberturas.
- El tamizado puede hacerse a mano, pero también se puede emplear una maquina adecuada, como se hizo en este caso.
- En ningún caso se facilita con la mano, el pasaje de una partícula a través del tamiz.
- El vibrado de los tamices se hace por el transcurso de un minuto, luego del cual se pesan los retenidos en cada tamiz dando por finalizado el ensayo.
- Se calcula el modulo de fineza sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de las mallas estándar: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y dividiendo entre 100 la suma anterior.
- Tomar tres muestras, para al final promediar los resultados de cada uno y obtener resultados con una mejor aproximación.

### **Resultados de laboratorio.**

El agregado fino con el que se desarrollo esta tesis es la arena gruesa de la cantera LA GLORIA. A continuación se muestra los resultados obtenidos.

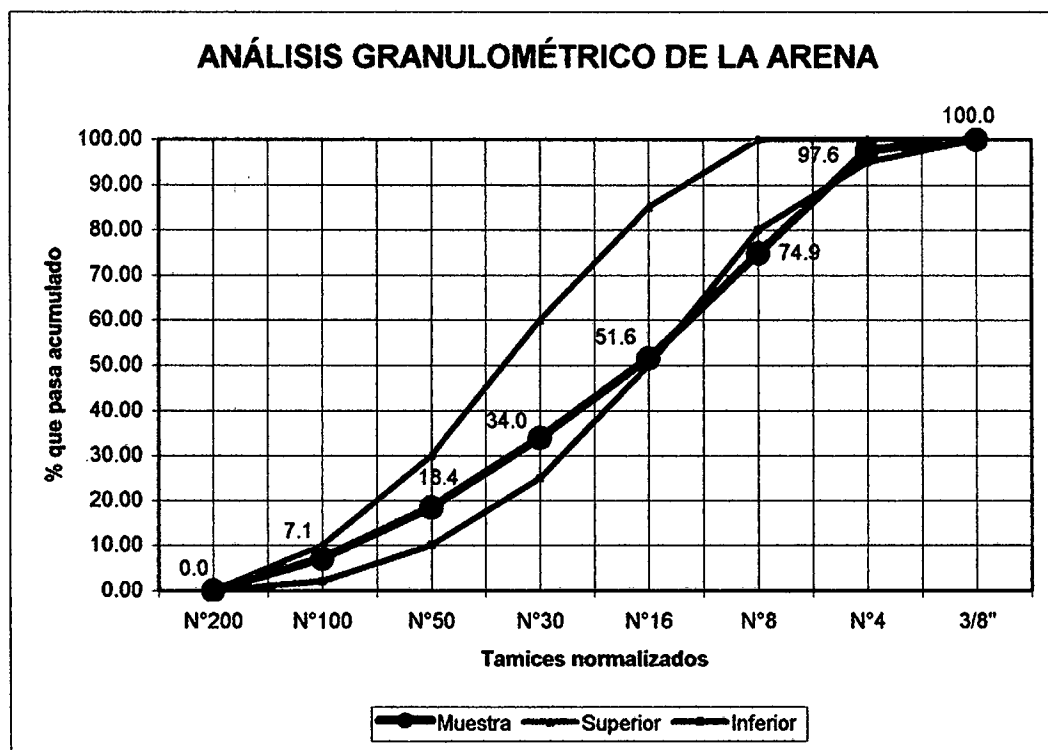
**Cuadro N° B.1: Resumen del ensayo de granulometría del agregado fino.**

TAMIZ	Porcentajes retenidos (%)			% Retenido promedio	% Retenido Acum.	% que pasa Acum.
	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3			
3/8"	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	100.0
N°4	1.72	2.60	2.84	2.4	2.4	97.6
N°8	21.90	23.20	22.88	22.7	25.0	74.9
N°16	23.08	23.68	23.12	23.3	48.3	51.6
N°30	17.88	17.56	17.34	17.6	65.9	34.0
N°50	16.24	15.24	15.40	15.6	81.6	18.4
N°100	12.06	11.00	10.92	11.3	92.9	7.1
F	7.12	6.72	7.50	7.1	100.0	0.0
Total (Σ)				100.0	316.1	

Del Cuadro N° B.1 se puede calcular que el módulo de fineza de la arena de la cantera LA GLORIA es de 3.16 .

Analizando el gráfico de los usos para la arena gruesa, podemos observar que el agregado fino no se encuentra dentro de los límites de la norma ASTM-C33 mostrados en la Tabla N°B.1.

Gráfico N° B.1: Granulometría del agregado fino.



## **B.1.2 Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.021)**

### **Peso específico**

El peso específico de un agregado es la relación de su peso, al peso de un volumen igual de agua. Se usa en los cálculos para el control y diseño de mezclas. El peso específico es también un indicador de la calidad del agregado que se usa en la preparación de concretos.

Para entendimiento de los resultados mostrados, incluiremos algunas definiciones según la norma MTC E-205-2000[13] basados en la norma ASTM C-128 Y AASHT T-84 :

**Volúmenes aparentes y nominales.-** En un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado "aparente"; si se excluye este volumen de vacíos, al volumen resultante se le denomina "nominal".

**Peso específico aparente y nominal.-** En estos materiales, se define el peso específico aparente como la relación entre el peso al aire del sólido (peso de la muestra seco) y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente y peso específico nominal a la relación entre el peso al aire del sólido (peso de la muestra seco) y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal.

Luego tenemos los denominados :

Peso específico aparente =  $\text{Peso}_{\text{seco}} / \text{Vol. aparente}$

Peso específico de masas saturada superficialmente seca =  $\text{Peso}_{\text{s.s.s}} / \text{Vol. aparente}$

Peso específico nominal =  $\text{Peso}_{\text{seco}} / \text{Vol. nominal}$

---

[13] MTC & DGC. "Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000)". MTC E-205-2000 pag. 1. ICG – Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima - Perú. Año 2000.

## **Absorción**

Debido a la porosidad interna que presentan los agregados, el agua o la humedad exterior pueden penetrar hacia el interior de estos. Como consecuencia de esto es necesario estudiar o determinar cuantitativamente la capacidad de absorción de los agregados para tenerse en cuenta en la respectiva dosificación del concreto. Debe cuantificarse para tener un mejor control del agua de mezcla, pues de no ser así se corre el riesgo que absorba una gran cantidad de agua destinada para el fraguado total del cemento.

La absorción de los agregados debe determinarse, de manera que la proporción de agua en el concreto pueda controlarse y puedan determinar los pesos correctos de las mezclas. La absorción de un agregado esta representada por el porcentaje de agua que le es necesaria para llegar a la condición de saturada superficialmente seca.

Se calcula de la siguiente manera.

$$A_b = \frac{(W_{SSS} - W_{SECO})}{W_{SECO}} \times 100$$

Donde:

$A_b$  = Porcentaje de absorción.

$W_{SSS}$  = Peso de la muestra saturada y superficialmente seca.

$W_{SECO}$  = Peso de la muestra seca.

## **Procedimiento.**

- La muestra se obtiene por cuarteo.
- Se satura la muestra mínimo 24 horas, sumergiéndola en agua.
- Secar la muestra hasta que se encuentre saturada superficialmente seca(S.S.S.). Para saber este estado de la arena se empleara el método del cono.
- Tarar la balanza donde se ha de tomar los pesos.
- Pesar una tara, donde se introducirá la muestra S.S.S.



- Introducir 500 gramos de la muestra S.S.S. en la tara.
- Llenar una probeta con agua, hasta 500 ml.
- Introducir la muestra S.S.S. dentro de la probeta, dejar reposar y medir el volumen desplazado por la muestra.
- Vaciar la muestra de la probeta a la tara, con mucho cuidado para no perder los finos de la muestra.
- Dejar reposar, retirar el agua exceso de la tara y llevar al horno 24 horas.
- Dejar enfriar a temperatura ambiente durante una (1) hora y pesar.

### **Resultados de laboratorio**

La arena gruesa de la cantera LA GLORIA fue ensayada dándonos los resultados que se muestran en el siguiente cuadro:

*Cuadro N° B.2: Peso específico y absorción del agregado fino de la cantera LA GLORIA.*

	<b>Muestra N°1</b>	<b>Muestra N°2</b>	<b>Muestra N°3</b>	<b>Promedio</b>
<b>Pe (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	2509	2513	2553	<b>2525</b>
<b>Abs. (%)</b>	2.61	2.04	2.20	<b>2.28</b>

Los resultados obtenidos para el peso específico se hallaron con el método de volúmenes desplazados.

### **B.1.3 Superficie Especifica**

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

Para determinar la superficie específica se tendrá en cuenta dos suposiciones:

- Que todas las partículas son esféricas.
- Que el tamaño medio de las partículas que pasan un tamiz y quedan retenidas en otro, es igual al promedio de las dos aberturas.

Se calcula con la siguiente formula:  $S_e = 6 \times \frac{SUM}{(100 \times P_e)}$

Donde:

$S_e$  = Superficie específica

SUM = Sumatoria de los cocientes de los porcentajes retenidos entre el diámetro promedio.

$P_e$  = Peso específico.

### Resultados de laboratorio

El cuadro siguiente muestra los cálculos para hallar la superficie específica del agregado fino.

Cuadro N° B.3: Cuadro de los cocientes de los porcentajes retenidos entre el diámetro promedio.

TAMIZ	% Retenido (1)	Diámetro prom. (cm.) (2)	Cociente (1)/(2)
3/8"	0.0	1.111	0.00
1/4"	0.0	0.793	0.00
N°4	2.4	0.555	4.30
N°8	22.7	0.356	63.74
N°16	23.3	0.177	131.60
N°30	17.6	0.089	197.68
N°50	15.6	0.045	347.26
N°100	11.3	0.023	503.41
F	7.1	0.011	632.30
<b>SUM =</b>			<b>1880.28</b>

$$\text{Luego : } S_e = (6 \times 1880.28) / (100 \times 2.525) \Rightarrow S_e = 44.68 \text{ cm}^2/\text{gr}$$

#### **B.1.4 Peso unitario suelto y compactado del agregado fino (NTP400.017)**

##### **Peso unitario suelto (P.U.S.)**

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

##### **Procedimiento.**

- La muestra se obtiene por cuarteo.
- Se pesa el recipiente metálico de  $1/10 \text{ Pie}^3$ .
- En el recipiente de  $1/10 \text{ Pie}^3$ , se deja caer suavemente el agregado fino, hasta llenarlo.
- Se enraza y se pesa el recipiente metálico con la muestra.
- Se calcula el peso de la muestra y se divide entre el volumen del recipiente.

##### **Resultados de laboratorio**

Cuadro N° B.4: Se empleo tres muestras para el cálculo del P.U.S.

<b><u>P.U.S.</u></b>	<b>P.U.S. (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
Muestra N°1	1646
Muestra N°2	1660
Muestra N°3	1660
<b>P.U.S. Prom =</b>	<b>1655</b>

### **Peso unitario compactado (P.U.C.)**

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

### **Procedimiento.**

- La muestra se obtiene por cuarteo.
- Se pesa el recipiente metálico de  $1/10 \text{ Pie}^3$ .
- En el recipiente metálico de  $1/10 \text{ Pie}^3$ , se llena el agregado fino en tres (3) capas y se le da 25 golpes en cada capa, compactando con una varilla de metal de  $5/8''$  de diámetro extremo redondeado.
- Se enrasa y se pesa el recipiente metálico con la muestra compactada.
- Se calcula el peso de la muestra compactada y se divide entre el volumen del recipiente.

### **Resultados de laboratorio**

Cuadro N° B.5: Se empleo tres muestras para el cálculo del P.U.C.

<b><u>P.U.C.</u></b>	<b>P.U.C. (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
Muestra N°1	1865
Muestra N°2	1889
Muestra N°3	1875
<b>P.U.C. Prom =</b>	<b>1876</b>

### **B.1.5 Contenido de humedad del agregado fino (NTP 400.022)**

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

#### **Procedimiento.**

- La muestra se obtiene por cuarteo.
- Se pesa en una tara metálica 1000 gr. de la muestra (con su humedad natural).
- Colocar al horno por 24 horas (110 °C).
- Pesar la tara con la muestra seca.
- Pesar la tara sola.

#### **Resultados de laboratorio**

Mostrare a continuación los resultados del contenido de humedad de la arena gruesa de la cantera LA GLORIA, para condiciones de laboratorio.

Cuadro N° B.6: *Contenido de humedad en condiciones de laboratorio.*

	C.H. (%)	Observación.
Muestra N°1	2.46	En el laboratorio
Muestra N°2	2.11	En el laboratorio
<b>C.H. prom. =</b>	<b>2.29</b>	En el laboratorio

La arena gruesa sale mojada de la cantera perdiendo esa humedad a lo largo del tiempo en el almacén. Por lo cual este ensayo se realizo, para la arena gruesa, en condiciones de laboratorio, ya que se necesitaba una arena con contenido de humedad estándar a lo largo de todo el trabajo de investigación en el laboratorio.

### **B.1.6 Material que pasa la malla N° 200 (NTP 400.018)**

El objetivo de este ensayo es la de averiguar cuanto material que pasa por el tamiz N°200 es la que se encuentra dentro del agregado fino. Valores altos son perjudiciales para el concreto porque afectan la adherencia y aumentan la cantidad de agua necesaria. En concretos normales el porcentaje máximo es de 5%. La fórmula para calcularla es como sigue:

$$A = \frac{W_{SECO1} - W_{SECO2}}{W_{SECO1}} \times 100$$

Donde:

A = Es el porcentaje de material que pasa el tamiz N°200.

$W_{SECO1}$  = Peso seco de la muestra original.

$W_{SECO2}$  = Peso seco de la muestra después del lavado.

#### **Procedimiento.**

- Colocar al horno 2000 gr. aproximadamente, del agregado fino. Esto se hace por 24 horas (110 °C), hasta lograr que el material este seco.
- Pesar 500 gr. de la muestra seca.
- Introducir la muestra seca dentro de la malla N° 200.
- Lavar a chorro de agua, con mucho cuidado, el material retenido en la malla N° 200. Esto se hace hasta que el agua ya no se ensucie.
- Vaciar el retenido en la malla N° 200 en una tara metálica.
- Colocar al horno por 24 horas (110 °C).
- Pesar la tara con la muestra seca sin finos.
- Pesar la tara sola.

#### **Resultados de laboratorio**

*Cuadro N° B.7: Porcentaje de finos que pasa la malla N°200, (máx. perm. es 5%).*

	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3	Promedio
<b>% pasa malla 200</b>	6.00	4.10	4.50	<b>4.87</b>

### **B.1.7 Determinación cualitativa de impurezas orgánicas (NTP 400.024)**

Los agregados naturales pueden ser suficientemente fuertes y resistentes al desgaste y aun no resultar adecuados para la elaboración del concreto si contiene impurezas orgánicas que interfieran el proceso de hidratación. La materia orgánica consiste en productos de descomposición de material vegetal, en forma de humus o marga orgánica (que interfieren el proceso de hidratación), que suele estar presente en la arena más que en la piedra y que es removible fácilmente con un lavado.

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

#### **Procedimiento:**

- Se lleno una frasco de vidrio incoloro (transparente), donde con un cono de plástico se introdujo 500gr de arena gruesa.
- Se mide en la probeta 500ml de agua y se mezcla con hidróxido de sodio (NaOH) al 3%. Esta solución es realizada en una tara de metal.
- Verter la solución en la botella, utilizando el cono de plástico.
- Cerrar la botella con su tapa rosca, agitar vigorosamente y dejar reposar durante 24 horas.
- Al final del reposo se compara el color del liquido con la PLACA ORGANICA ó el PATRON GARDNER, anotando si es más oscuro, mas claro o igual que una de sus escalas numeradas.

#### **Resultados de laboratorio**

El resultado obtenido con la arena gruesa de la cantera LA GLORIA es del color más claro que el color Estándar N°1 del PATRON GARDNER.



## B.2 TABLAS Y GRÁFICOS.

### B.2.1- Resultados al realizar LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO.

TAMIZ N°	Pesos retenidos (gr)		
	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
3/8"	0.0	0.0	0.0
N°4	8.6	12.9	14.1
N°8	108.9	115.5	113.9
N°16	114.8	117.9	115.1
N°30	88.9	87.4	86.2
N°50	80.8	75.9	76.6
N°100	60.0	54.8	54.3
F	35.4	33.5	37.3
TOTAL	497.4	497.9	497.5
MUESTRA	500.0	500.0	500.0
Error (%)	0.520	0.420	0.500

TAMIZ N°	Pesos retenidos corregidos (gr)		
	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
3/8"	0.0	0.0	0.0
N°4	8.6	13.0	14.2
N°8	109.5	116.0	114.4
N°16	115.4	118.4	115.6
N°30	89.4	87.8	86.7
N°50	81.2	76.2	77.0
N°100	60.3	55.0	54.6
F	35.6	33.6	37.5
TOTAL	500.0	500.0	500.0

TAMIZ	Porcentajes retenidos (%)			% Retenido promedio	% Retenido Acum.	% que pasa Acum.
	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3			
3/8"	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	100.0
N°4	1.72	2.60	2.84	2.4	2.4	97.6
N°8	21.90	23.20	22.88	22.7	25.0	74.9
N°16	23.08	23.68	23.12	23.3	48.3	51.6
N°30	17.88	17.56	17.34	17.6	65.9	34.0
N°50	16.24	15.24	15.40	15.6	81.6	18.4
N°100	12.06	11.00	10.92	11.3	92.9	7.1
F	7.12	6.72	7.50	7.1	100.0	0.0

Total (Σ)

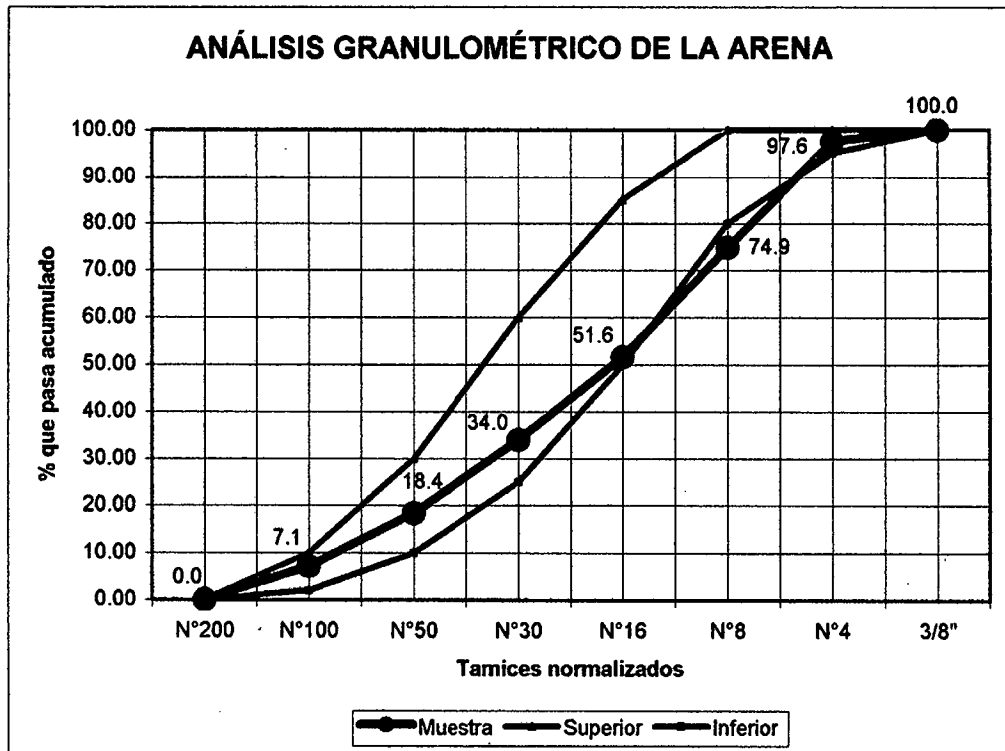
100.0

316.1

Leyenda

Arena de la cantera "La Gloria"

**GRÁFICO DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO.**



**B.2.2.- Resultados obtenidos al realizar los ensayos de PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.**

	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
Wsss (gr)	600.0	600.0	600.0
Vo (ml)	600.0	600.0	600.0
Vf (ml)	833.0	834.0	830.0
Vsss (ml)	233.0	234.0	230.0
Wseco+Wtara	732.0	855.1	763.8
Wtara (gr)	147.3	267.1	176.7
Wseco (gr)	584.7	588.0	587.1
Pe sss	2575	2564	2609
Pe (Kg/m3)	2509	2513	2553
Abs. (%)	2.61	2.04	2.20

Leyenda  
 Arena de la cantera "La Gloria"

B.2.3.- Se realizó los ensayos de **PESO UNITARIO SUELTO Y PESO UNITARIO COMPACTADO DE EL AGREGADO FINO** de la cantera LA GLORIA, obteniendo los siguientes resultados

<b>P.U.S.</b>	<b>W balde + Wp (Kg)</b>	<b>Wp (Kg)</b>	<b>P.U.S. (Kg/M3)</b>
Muestra N°1	7.41	4.66	1646
Muestra N°2	7.45	4.70	1660
Muestra N°3	7.45	4.70	1660
<b>P.U.S. Prom =</b>			<b>1655</b>

<b>P.U.C.</b>	<b>W balde + Wp (Kg)</b>	<b>Wp (Kg)</b>	<b>P.U.C. (Kg/M3)</b>
Muestra N°1	8.03	5.28	1865
Muestra N°2	8.10	5.35	1889
Muestra N°3	8.06	5.31	1875
<b>P.U.C. Prom =</b>			<b>1876</b>

**Leyenda**

Arena de la cantera "La Gloria"  
 Vol. BALDE =  $1/10 \text{ Pie}^3 = 0.0028 \text{ m}^3$   
 W BALDE = 2.75 Kg.

B.2.4.- Resultados del **CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO** de la cantera LA GLORIA.

	<b>Peso húmedo (gr)</b>	<b>Peso seco + Peso tara (gr)</b>	<b>Peso de tara (gr)</b>	<b>C.H. (%)</b>	<b>Observación.</b>
Muestra N°1	1000.0	1139.0	163.0	2.46	En el laboratorio
Muestra N°2	1000.0	1246.4	267.1	2.11	En el laboratorio
Muestra N°3	1000.0	1113.8	147.3	3.47	Tal como fue traído de cantera
Muestra N°4	1000.0	1240.0	271.0	3.20	Tal como fue traído de cantera

**Leyenda**

Arena de la cantera "La Gloria"

**B.2.5.- Resultados del ensayo de MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200**

	<b>Muestra N°1</b>	<b>Muestra N°2</b>	<b>Muestra N°3</b>
<b>Wseco con finos (gr)</b>	500.0	500.0	500.0
<b>Wseco sin finos+Wtara</b>	739.5	628.5	649.5
<b>Wtara (gr)</b>	269.5	149.0	172.0
<b>W finos pasan malla N° 200 (gr)</b>	30.0	20.5	22.5
<b>% que pasa malla N° 200</b>	6.00	4.10	4.50
		<b>% Prom =</b>	<b>4.87</b>

Leyenda

Arena de la cantera "La Gloria"

## ANEXO C : AGREGADO GLOBAL

1.- Resultados obtenidos al realizar el ensayo de PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL.

<b>( P=58/A=42)</b>			
<b>P.U.C.</b>	<b>W balde + Wp (Kg)</b>	<b>Wp (Kg)</b>	<b>P.U.C. (Kg/M3)</b>
Muestra N°1	41.00	29.30	2069
Muestra N°2	40.80	29.10	2055
Muestra N°3	41.65	29.95	2115
<b>P.U.C. Prom =</b>			<b>2080</b>

<b>( P=56/A=44)</b>			
<b>P.U.C.</b>	<b>W balde + Wp (Kg)</b>	<b>Wp (Kg)</b>	<b>P.U.C. (Kg/M3)</b>
Muestra N°1	41.20	29.50	2084
Muestra N°2	41.95	30.25	2137
Muestra N°3	41.71	30.01	2120
<b>P.U.C. Prom =</b>			<b>2113</b>

<b>( P=54/A=46)</b>			
<b>P.U.C.</b>	<b>W balde + Wp (Kg)</b>	<b>Wp (Kg)</b>	<b>P.U.C. (Kg/M3)</b>
Muestra N°1	40.70	29.00	2048
Muestra N°2	41.25	29.55	2087
Muestra N°3	41.41	29.71	2098
<b>P.U.C. Prom =</b>			<b>2078</b>

<b>( P=52/A=48)</b>			
<b>P.U.C.</b>	<b>W balde + Wp (Kg)</b>	<b>Wp (Kg)</b>	<b>P.U.C. (Kg/M3)</b>
Muestra N°1	40.50	28.80	2034
Muestra N°2	41.10	29.40	2077
Muestra N°3	41.25	29.55	2087
<b>P.U.C. Prom =</b>			<b>2066</b>

### Leyenda

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Vol. BALDE =  $1/2 \text{ Pie}^3 = 0.0142 \text{ m}^3$

W BALDE = 11.7 Kg.

<b>( P=50/A=50)</b>			
<b>P.U.C.</b>	<b>W balde + Wp (Kg)</b>	<b>Wp (Kg)</b>	<b>P.U.C. (Kg/M3)</b>
Muestra N°1	40.80	29.10	2055
Muestra N°2	41.30	29.60	2091
Muestra N°3	41.00	29.30	2069
		<b>P.U.C. Prom =</b>	<b>2072</b>

**Leyenda**

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Vol. BALDE = 1/2 Pie<sup>3</sup> = 0.0142 m<sup>3</sup>

W BALDE = 11.7 Kg.

**PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL**

<b>AGREGADO</b>			<b>PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL ( Kg / m<sup>3</sup> )</b>			<b>P.U.C. PROMEDIO (Kg / m<sup>3</sup>)</b>
<b>COMB.</b>	<b>PIEDRA (%)</b>	<b>ARENA (%)</b>				
1	58	42	2069	2055	2115	<b>2080</b>
2	56	44	2084	2137	2120	<b>2113</b>
3	54	46	2048	2087	2098	<b>2078</b>
4	52	48	2034	2077	2087	<b>2066</b>
5	50	50	2055	2091	2069	<b>2072</b>

**Leyenda**

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Vol. BALDE = 1/2 Pie<sup>3</sup> = 0.0142 m<sup>3</sup>

W BALDE = 11.7 Kg.

2.- Resultados obtenidos al realizar el ensayo de **CONSISTENCIA Y TRABAJABILIDAD DEL AGREGADO GLOBAL**. Se necesitaba un asentamiento (Slump) de 3 pulgadas.

50% Piedra y 50% Arena	Diseño peso seco		
Cemento	489	511	522
Agua	220	230	235
Arena	789	767	756
Piedra	801	779	768
Slump	2 1/2	3 3/4	4 1/4

50% Piedra y 50% Arena	Diseño peso seco
Cemento	496
Agua	223
Arena	782
Piedra	794
Slump	3

52% Piedra y 48% Arena	Diseño peso seco		
Cemento	489	511	522
Agua	220	230	235
Arena	757	737	726
Piedra	833	810	799
Slump	2 3/4	4 1/4	5 1/2

52% Piedra y 48% Arena	Diseño peso seco
Cemento	493
Agua	222
Arena	753
Piedra	828
Slump	3

54% Piedra y 46% Arena	Diseño peso seco		
Cemento	489	511	522
Agua	220	230	235
Arena	726	706	696
Piedra	865	841	829
Slump	2	2 5/8	3 3/8

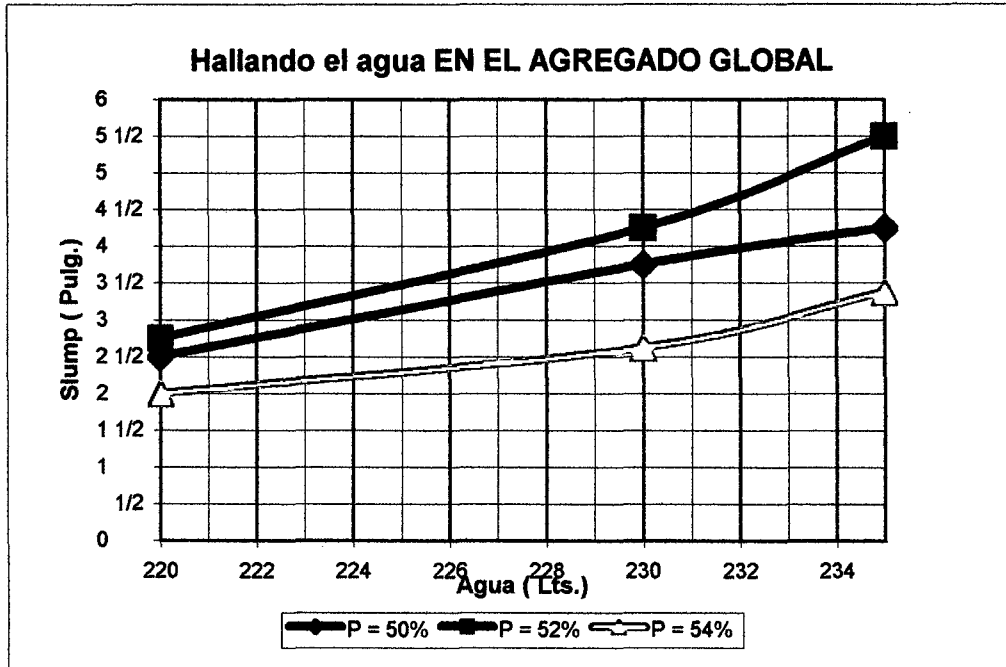
54% Piedra y 46% Arena	Diseño peso seco
Cemento	518
Agua	233
Arena	700
Piedra	834
Slump	3

Leyenda

Cemento Sol Tipo I  
 Piedra de la cantera "La Gloria"  
 Arena de la cantera "La Gloria"

Graficando los resultados para 50, 52 y 54 % de piedra en el Agregado Global.

### CANTIDAD DE AGUA EN EL AGREGADO GLOBAL.





56% Piedra y 44% Arena	Diseño peso seco		
Cemento	511	522	533
Agua	<b>230</b>	<b>235</b>	<b>240</b>
Arena	675	666	656
Piedra	872	860	848
Slump	<b>1 7/8</b>	<b>2 3/8</b>	<b>3 3/4</b>

56% Piedra y 44% Arena	Diseño peso seco
Cemento	529
Agua	<b>238</b>
Arena	660
Piedra	853
Slump	<b>3</b>

58% Piedra y 42% Arena	Diseño peso seco		
Cemento	511	522	533
Agua	<b>230</b>	<b>235</b>	<b>240</b>
Arena	644	635	626
Piedra	903	891	878
Slump	<b>2 1/4</b>	<b>2 3/4</b>	<b>4</b>

58% Piedra y 42% Arena	Diseño peso seco
Cemento	524
Agua	<b>236</b>
Arena	634
Piedra	888
Slump	<b>3</b>

60% Piedra y 40% Arena	Diseño peso seco		
Cemento	511	522	533
Agua	<b>230</b>	<b>235</b>	<b>240</b>
Arena	614	605	597
Piedra	935	921	908
Slump	<b>2 7/8</b>	<b>3 3/8</b>	<b>4 1/2</b>

60% Piedra y 40% Arena	Diseño peso seco
Cemento	516
Agua	<b>232</b>
Arena	610
Piedra	929
Slump	<b>3</b>

**Leyenda**

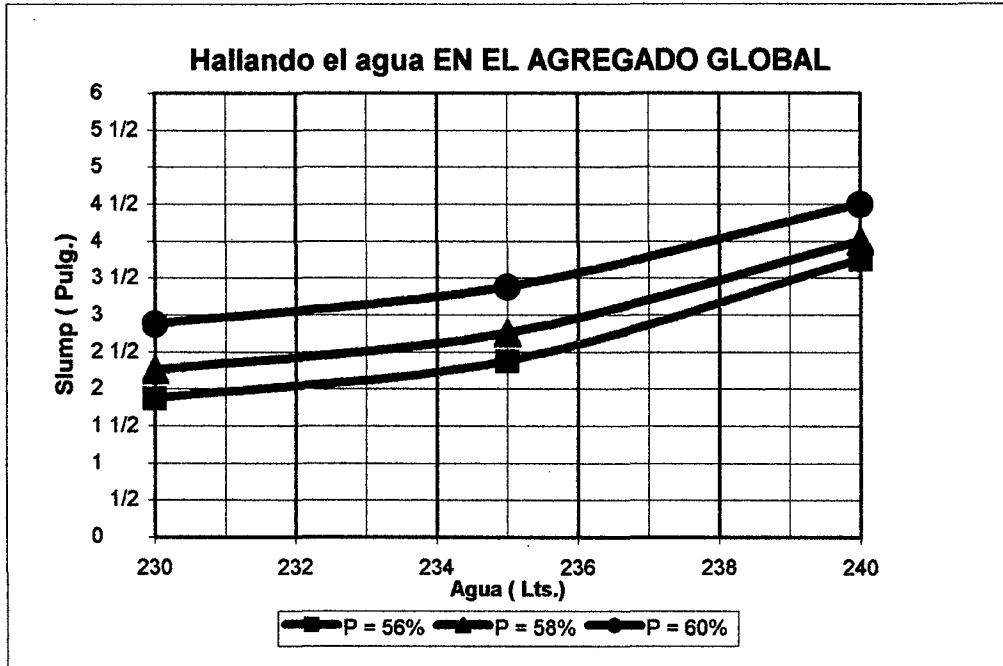
Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Graficando los resultados para 56, 58 y 60 % de piedra en el Agregado Global.

### CANTIDAD DE AGUA EN EL AGREGADO GLOBAL.



3.- Resultados obtenidos al realizar el ensayo de compresión axial a los 7 días del Agregado Global.

**COMPRESIÓN AXIAL A LOS 7 DÍAS DEL AGREGADO GLOBAL.**

% Piedra	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)	D prom	Carga (Kg-f)	Area (cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
50%	10.24	10.31	10.16	10.24	28200	82.30	342.6
	10.21	10.27	10.08	10.19	31000	81.50	380.4
	10.24	10.29	10.24	10.26	30500	82.62	369.1
	10.19	10.12	10.17	10.16	29000	81.07	357.7
<b>PROMEDIO =</b>							<b>362</b>

% Piedra	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)	D prom	Carga (Kg-f)	Area (cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
52%	10.19	10.18	10.16	10.18	26400	81.34	324.6
	9.98	10.22	10.28	10.16	25300	81.07	312.1
	10.15	10.15	10.16	10.15	29000	80.97	358.2
	10.47	10.54	10.5	10.50	28700	86.65	331.2
<b>PROMEDIO =</b>							<b>332</b>

% Piedra	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)	D prom	Carga (Kg-f)	Area (cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
54%	10.18	10.27	10.26	10.24	31300	82.30	380.3
	10	10.27	10.18	10.15	28200	80.91	348.5
	10.53	10.5	10.57	10.53	29800	87.14	342.0
	10.28	10.3	10.22	10.27	28300	82.78	341.9
<b>PROMEDIO =</b>							<b>353</b>

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

**COMPRESIÓN AXIAL A LOS 7 DÍAS DEL AGREGADO GLOBAL.**

% Piedra	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)	D prom	Carga (Kg-f)	Area (cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
56%	10.21	10.26	10.27	10.25	24800	82.46	300.7
	10.13	10.11	10.3	10.18	27300	81.39	335.4
	10.1	10.19	10.06	10.12	25500	80.38	317.2
	10.25	10.26	10.26	10.26	26300	82.62	318.3
<b>PROMEDIO =</b>							<b>318</b>

% Piedra	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)	D prom	Carga (Kg-f)	Area (cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
58%	10.3	10.28	10.27	10.28	29800	83.05	358.8
	10.33	10.28	10.35	10.32	27300	83.65	326.4
	10.28	10.23	10.33	10.28	27500	83.00	331.3
	10.12	10.31	10.15	10.19	21200	81.61	259.8
<b>PROMEDIO =</b>							<b>339</b>

% Piedra	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)	D prom	Carga (Kg-f)	Area (cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
60%	10.21	10.23	10.22	10.22	23500	82.03	286.5
	10.19	10.18	10.14	10.17	23500	81.23	289.3
	10.21	10.01	10	10.07	23000	79.70	288.6
	10.23	10.23	10.24	10.23	21300	82.25	259.0
<b>PROMEDIO =</b>							<b>281</b>

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

## **ANEXO D : MÉTODO DEL ACI - 211**

Este método norteamericano proporciona la cantidad de agua necesaria para la mezcla que es hallada con tablas, la cuál ha sido preparada de acuerdo a las características de los agregados y las condiciones de clima y temperatura norte americanas, al aplicarlas en le Perú resultan solo como un valor de tanteo, a partir del cuál se realizan mezclas de prueba, con las que se van corrigiendo los diseños hasta hallar la verdadera cantidad de agua.

### **Parámetros en los que se basa el método**

- Relación agua-cemento.
- Asentamiento requerido.
- Tamaño nominal máximo del agregado grueso
- Proporciones de los agregados.

La cantidad de agua en litros por metro cúbico, se calcula con la tabla del ACI presentada abajo:

CANTIDAD DE AGUA EN Lt / m <sup>3</sup> SEGÚN EL TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO									
Conc.	Slump	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Sin aire incorp.	1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
	2" - 3"	228	216	205	193	181	169	145	124
	3" - 4"	243	228	216	202	190	178	160	-
Con aire incorp.	1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
	2" - 3"	202	193	184	175	165	157	133	119
	3" - 4"	216	205	197	184	174	166	154	-
% Aire atrapado		3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

### **Datos de las características físicas de los materiales requeridas**

- Peso específico del tipo de cemento.
- Peso específico de los agregados.
- Contenido de humedad de los agregados.
- Porcentaje de absorción de los agregados.

## **Ejemplo ilustrativo de aplicación del Método del ACI-211**

### 1) Cálculo volúmenes de los agregados.

Se diseñara un concreto sin aire incorporado y para una relación  $a/c = 0.50$ :

Tamaño nominal del agregado grueso = 1" y Slump. 2" – 3" de la tabla:

⇒ Agua = 193 Lt/m<sup>3</sup>

- Peso cemento =  $193 / (a/c) = 193 / 0.5 = 386$
- Volumen cemento =  $386 / 3150 = 0.123 \text{ m}^3$
- Volumen de agua =  $193 / 1000 = 0.193 \text{ m}^3$
- Contenido de aire =  $1.5\% = 0.015 \text{ m}^3$
  
- Volumen total de agregados =  $1 - (0.123+0.193+0.015) = 0.670 \text{ m}^3$
- Volumen de arena =  $0.670 * 50\% = 0.335$  (Método Agregado Global)
- Volumen de piedra =  $0.670 * 50\% = 0.335$  (Método Agregado Global)

### 2) Peso seco de agregados

El peso específico de la arena es : 2525 Kg / m<sup>3</sup>.

El peso específico de la piedra es 2563 Kg / m<sup>3</sup>.

- Peso seco de arena =  $0.335 * 2525 = 845 \text{ Kg}$ .
- Peso seco de piedra =  $0.335 * 2563 = 858 \text{ Kg}$ .

### 3) Pesos húmedos de los agregados

- P. H de arena =  $845 (1 + [2.29]/100) = 865 \text{ Kg}$ .
- P. H. de piedra =  $858 (1 + [0.40]/100) = 861 \text{ Kg}$ .

4) Corrección del agua por agregados.

- C. A. de arena =  $845 [2.29 - 2.28]/100 = 0.0 \text{ Lt}$
- C. A. de piedra =  $858 [0.40 - 0.70]/100 = -2.5 \text{ Lt}$
- Corrección total de agua por los gregados =  $-2.5 \text{ Lt}$
- Agua corregida =  $193 - (-2.5) = 195.5 \text{ Lt}$

5) Diseño unitario de obra

- D. U. O. Cemento =  $386 / 386 = 1.00$
  - D. U. O. Agua =  $195.5 / 386 = 0.51$
  - D. U. O. de arena =  $865 / 386 = 2.24$
  - D. U. O. de piedra =  $861 / 386 = 2.23$
- SUMA TOTAL = 5.98 Kg.

6) Diseño de tanda de 65 Kg.

- Cemento =  $65 / 5.98 = 10.9$
  - Agua =  $0.51 \times 10.9 = 5.5 \text{ 1}$
  - Arena =  $2.24 \times 10.9 = 24.4$
  - Piedra =  $2.23 \times 10.9 = 24.3$
- SUMA TOTAL = 65 Kg.

Al diseñar esta mezcla el asentamiento es prácticamente NULO por lo cual NO EMPLEAMOS la tabla de cantidad de agua dada anteriormente, sino que se halló el agua experimentalmente. Por este motivo el % de Aire atrapado se considero CERO.

## ANEXO E : DISEÑO DEL CONCRETO PATRON

1.- Diseños de mezcla para hallar experimentalmente la **CANTIDAD DE AGUA EN EL CONCRETO PATRÓN, CON  $a/c = 0.40$**

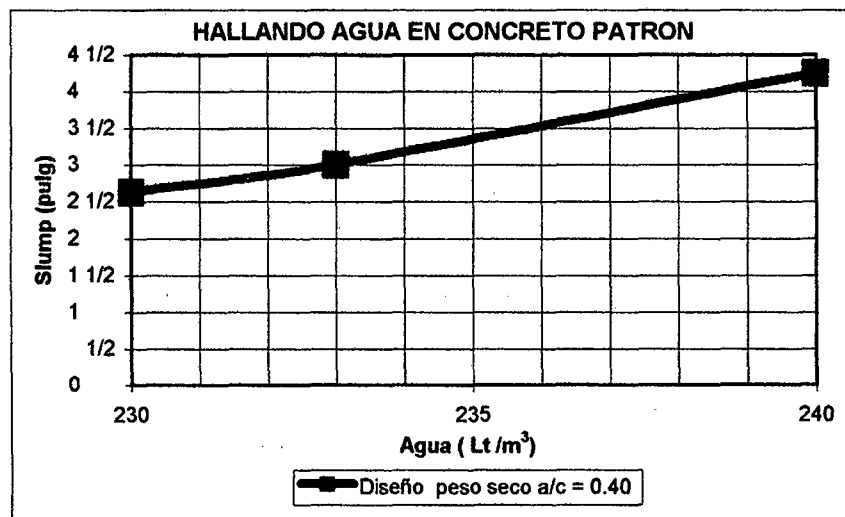
50% Piedra y 50% Arena	Diseño peso seco $a/c = 0.40$			
	1°	2°	3°	4°
Cemento (Kg)	575	583	600	583
Agua (Lts)	230	233	240	233
Arena (Kg)	742	735	719	735
Piedra (Kg)	753	746	730	746
Slump (Pulg)	2 5/8	3	4 1/4	3

### Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"





2.- Diseños de mezcla para hallar experimentalmente la CANTIDAD DE AGUA EN EL CONCRETO PATRÓN, CON  $a/c = 0.45$

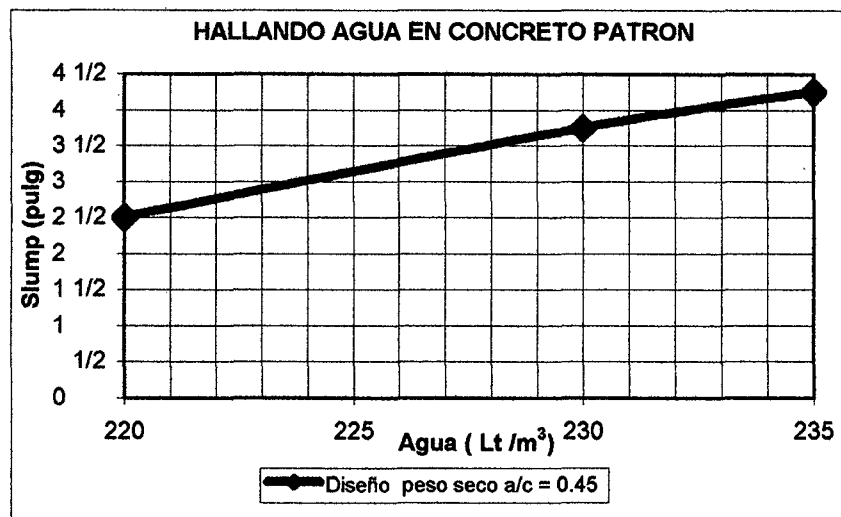
50% Piedra y 50% Arena	Diseño peso seco $a/c = 0.45$			
	1°	2°	3°	4°
Cemento (Kg)	489	511	522	496
Agua (Lts)	220	230	235	223
Arena (Kg)	789	767	756	782
Piedra (Kg)	801	779	768	794
Slump (Pulg)	2 1/2	3 3/4	4 1/4	3

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"



3.- Diseños de mezcla para hallar experimentalmente la CANTIDAD DE AGUA EN EL CONCRETO PATRÓN, CON  $a/c = 0.50$ .

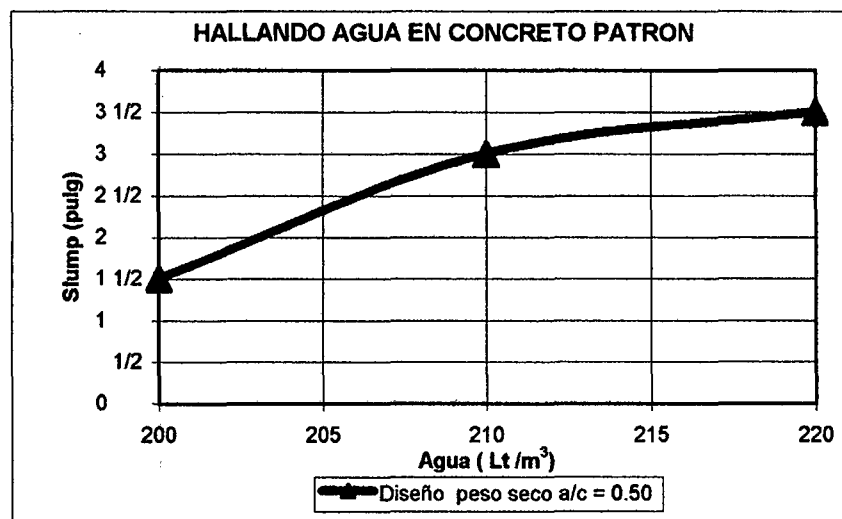
50% Piedra y 50% Arena	Diseño peso seco $a/c = 0.50$			
	1°	2°	3°	4°
Cemento (Kg)	440	420	400	420
Agua (Lts)	220	210	200	210
Arena (Kg)	808	829	850	829
Piedra (Kg)	821	841	862	841
Slump (Pulg)	3 1/2	3	1 1/2	3

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"



## **ANEXO F : RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PATRÓN**

### 1.- Resistencia a la COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO PATRÓN A 24 HORAS.

	N° Prob.	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F <sup>c</sup> (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>P- 0.40</b>	1	10.13	10.16	10.14	10.14	18400	80.8	227.7
	2	10.30	10.16	10.20	10.22	18300	82.0	223.1
	3	10.19	10.25	10.19	10.21	18800	81.9	229.6
	4	10.20	10.30	10.30	10.27	17100	82.8	206.6
	5	10.16	10.18	10.20	10.18	15900	81.4	195.3
	6	10.24	10.20	10.30	10.25	17100	82.5	207.4
	7	10.27	10.08	10.23	10.19	18400	81.6	225.5
	8	10.02	10.18	10.30	10.17	17500	81.2	215.6
	9	10.08	10.23	10.18	10.16	17700	81.1	218.2
	10	10.20	10.26	10.20	10.22	18200	82.0	221.9
	11	10.05	10.10	10.20	10.12	18000	80.4	223.9
	12	10.24	10.24	10.27	10.25	18100	82.5	219.4
<b>P- 0.45</b>	13	10.13	10.22	10.24	10.20	13600	81.7	166.5
	14	10.25	10.07	10.27	10.20	15800	81.7	193.5
	15	10.27	10.29	10.26	10.27	16000	82.9	193.0
	16	10.22	10.20	10.20	10.21	14500	81.8	177.2
	17	10.20	10.05	10.24	10.16	15200	81.1	187.4
	18	10.26	10.22	10.20	10.23	15200	82.1	185.0
	19	10.14	10.23	10.11	10.16	15400	81.1	190.0
	20	10.17	10.27	10.25	10.23	16300	82.2	198.3
	21	10.34	10.36	10.37	10.36	15900	84.2	188.7
	22	10.51	10.46	10.49	10.49	16200	86.4	187.6
	23	10.16	9.96	10.07	10.06	15300	79.5	192.4
	24	10.30	10.18	10.17	10.22	15200	82.0	185.4
<b>P- 0.50</b>	25	10.23	10.12	10.10	10.15	11400	80.9	140.9
	26	10.27	10.10	10.07	10.15	11600	80.9	143.5
	27	10.20	10.30	10.20	10.23	12000	82.2	145.9
	28	10.14	10.20	10.10	10.15	11500	80.9	142.2
	29	10.20	10.20	9.95	10.12	11500	80.4	143.1
	30	10.22	10.22	10.16	10.20	11600	81.7	142.0
	31	9.96	10.13	9.98	10.02	12200	78.9	154.6
	32	10.53	10.45	10.50	10.49	12500	86.5	144.5
	33	10.44	10.42	10.40	10.42	12600	85.3	147.8
	34	10.27	10.05	10.26	10.19	11800	81.6	144.6
	35	10.02	10.15	10.22	10.13	12400	80.6	153.9
	36	10.20	10.30	10.10	10.20	12100	81.7	148.1

**Leyenda**

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

2.- Resistencia a la **COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO PATRÓN A 2 DÍAS.**

	N° Prob.	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>P- 0.40</b>	1	10.13	10.16	10.14	10.14	22100	80.8	273.5
	2	10.30	10.16	10.20	10.22	22400	82.0	273.1
	3	10.19	10.25	10.19	10.21	22000	81.9	268.7
	4	10.20	10.30	10.30	10.27	21800	82.8	263.3
	5	10.16	10.18	10.20	10.18	22800	81.4	280.1
	6	10.24	10.20	10.30	10.25	22100	82.5	268.0
	7	10.27	10.08	10.23	10.19	21800	81.6	267.1
	8	10.02	10.18	10.30	10.17	21700	81.2	267.3
	9	10.08	10.23	10.18	10.16	22600	81.1	278.6
	10	10.20	10.26	10.20	10.22	23400	82.0	285.2
	11	10.05	10.10	10.20	10.12	21600	80.4	268.7
	12	10.24	10.24	10.27	10.25	20700	82.5	250.9
<b>P- 0.45</b>	13	10.13	10.22	10.24	10.20	19500	81.7	238.8
	14	10.25	10.07	10.27	10.20	19000	81.7	232.7
	15	10.27	10.29	10.26	10.27	20900	82.9	252.1
	16	10.22	10.20	10.20	10.21	19400	81.8	237.1
	17	10.20	10.05	10.24	10.16	20100	81.1	247.8
	18	10.26	10.22	10.20	10.23	19800	82.1	241.0
	19	10.14	10.23	10.11	10.16	18800	81.1	231.9
	20	10.17	10.27	10.25	10.23	19300	82.2	234.8
	21	10.34	10.36	10.37	10.36	20700	84.2	245.7
	22	10.51	10.46	10.49	10.49	18900	86.4	218.8
	23	10.16	9.96	10.07	10.06	19400	79.5	243.9
	24	10.30	10.18	10.17	10.22	21200	82.0	258.6
<b>P- 0.50</b>	25	10.23	10.12	10.10	10.15	15900	80.9	196.5
	26	10.27	10.10	10.07	10.15	16100	80.9	199.1
	27	10.20	10.30	10.20	10.23	16900	82.2	205.5
	28	10.14	10.20	10.10	10.15	15900	80.9	196.6
	29	10.20	10.20	9.95	10.12	15500	80.4	192.8
	30	10.22	10.22	10.16	10.20	15400	81.7	188.5
	31	9.96	10.13	9.98	10.02	16400	78.9	207.8
	32	10.53	10.45	10.50	10.49	17600	86.5	203.5
	33	10.44	10.42	10.40	10.42	17200	85.3	201.7
	34	10.27	10.05	10.26	10.19	16200	81.6	198.5
	35	10.02	10.15	10.22	10.13	16400	80.6	203.5
	36	10.20	10.30	10.10	10.20	16100	81.7	197.0

Legenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

3.- Resistencia a la COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO PATRÓN A 3 DÍAS.

P-0.40 / 3 días

D1	D2	D3	D prom	Carga (Kg)	Area	F`c
10.49	10.49	10.49	10.49	28900	86.4	334.4
10.06	10.24	10.22	10.17	29000	81.3	356.8
10.06	10.13	9.94	10.04	27000	79.2	340.8

P-0.45 / 3 días

D1	D2	D3	D prom	Carga (Kg)	Area	F`c
10.11	10.16	10.12	10.13	23900	80.6	296.5
10.48	10.50	10.49	10.49	24400	86.4	282.3
10.45	10.47	10.44	10.45	25000	85.8	291.3

P-0.50 / 3 días

D1	D2	D3	D prom	Carga (Kg)	Area	F`c
10.30	10.17	10.10	10.19	20800	81.6	255.0
10.27	10.26	10.18	10.24	21000	82.3	255.2
10.10	10.12	10.20	10.14	21300	80.8	263.8

Leyenda

Cemento Sol Tipo I  
 Piedra de la cantera "La Gloria"  
 Arena de la cantera "La Gloria"

4.- Resistencia a la COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO PATRÓN A 7 DÍAS.

**P-0.40 / 7 días**

D1	D2	D3	D prom	Carga (Kg)	Area	F`c
10.04	10.15	10.20	10.13	32900	80.6	408.2
10.37	10.38	10.42	10.39	32700	84.8	385.7
10.20	10.01	10.10	10.10	32500	80.2	405.4

**P-0.45 / 7 días**

D1	D2	D3	D prom	Carga (Kg)	Area	F`c
10.20	10.22	10.04	10.15	27000	81.0	333.5
10.20	10.18	10.26	10.21	27000	81.9	329.6
10.08	10.16	10.17	10.14	26400	80.7	327.1

**P-0.50 / 7 días**

D1	D2	D3	D prom	Carga (Kg)	Area	F`c
10.20	10.18	10.26	10.21	26800	81.9	327.1
10.15	10.20	10.25	10.20	25500	81.7	312.1
10.34	10.30	10.18	10.27	24600	82.9	296.8

**Leyenda**

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

5.- Resistencia a la COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO PATRÓN A  
28 DÍAS.

	N° Prob.	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>P-0.40</b>		10.21	10.14	10.20	10.18	36100	81.4	443.2
		10.26	10.26	10.27	10.26	37600	82.7	454.5
		10.03	10.22	10.22	10.16	35100	81.0	433.2
		10.28	10.25	10.30	10.28	31900	82.9	384.6
		10.16	10.21	10.05	10.14	37300	80.8	461.9
		10.26	10.12	10.16	10.18	32100	81.4	394.4
<b>P0.45</b>		10.27	10.22	10.37	10.29	33200	83.1	399.5
		10.22	10.27	10.28	10.26	34300	82.6	415.1
		10.17	10.35	10.25	10.26	36700	82.6	444.2
		10.22	10.28	10.20	10.23	31400	82.2	381.8
		10.23	10.23	10.29	10.25	33600	82.5	407.2
		10.33	10.17	10.13	10.21	34000	81.9	415.3
<b>P-0.50</b>		10.27	10.25	10.26	10.26	32100	82.7	388.3
		10.20	10.17	10.13	10.17	32100	81.2	395.4
		10.20	10.20	10.25	10.22	34000	82.0	414.7
		10.20	10.25	10.06	10.17	31300	81.2	385.3
		10.18	10.22	10.15	10.18	32200	81.4	395.4
		10.06	10.12	10.25	10.14	32300	80.8	399.7

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

## **ANEXO G : RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXIÓN Y TRACCIÓN DIAMETRAL A 24 HORAS.**

### **ENSAYO A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO PATRÓN (T=24 H.)**

#### **P-0.40**

Nº	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>PROM</sub> (cm)	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>PROM</sub> (cm)	L (cm)	CARGA (Kg)	Mr (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>Mr PROM (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	15.40	15.40	15.40	15.40	15.30	15.30	15.30	15.30	45.00	2865	35.53	
2	15.30	15.40	15.30	15.33	15.40	15.50	15.40	15.43	45.00	2865	35.53	
3	15.40	15.40	15.40	15.40	15.50	15.60	15.50	15.53	45.00	2970	36.28	
4	15.50	15.50	15.50	15.50	15.60	15.80	15.60	15.67	45.00	2580	30.85	
5	15.30	15.30	15.20	15.27	15.40	15.50	15.60	15.50	45.00	2950	36.75	<b>35.0</b>

#### **P-0.45**

Nº	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>PROM</sub> (cm)	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>PROM</sub> (cm)	L (cm)	CARGA (Kg)	Mr (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>Mr PROM (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	15.60	15.50	15.50	15.53	15.50	15.60	15.50	15.53	45.00	2305	27.68	
2	15.30	15.30	15.20	15.27	15.40	15.40	15.30	15.37	45.00	2620	32.92	
3	15.70	15.70	15.80	15.73	15.40	15.50	15.70	15.53	45.00	2700	31.60	
4	15.60	15.50	15.50	15.53	15.40	15.60	15.70	15.57	45.00	2460	29.47	
5	15.20	15.30	15.30	15.27	15.60	15.40	15.40	15.47	45.00	2050	25.59	<b>29.5</b>

#### Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"



**ENSAYO A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO PATRÓN (T=24 H.)**

**P-0.50**

Nº	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sup>PROM</sup> (cm)	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sup>PROM</sup> (cm)	L (cm)	CARGA (Kg)	Mr (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mr <sup>PROM</sup> (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	15.70	15.60	15.60	15.63	15.70	15.60	15.50	15.60	45.00	2440	28.80	
2	15.40	15.40	15.40	15.40	15.60	15.60	15.50	15.57	45.00	1960	23.89	
3	15.60	15.60	15.60	15.60	15.70	15.70	15.50	15.63	45.00	2400	28.39	
4	15.70	15.70	15.70	15.70	15.70	15.80	15.90	15.80	45.00	2175	25.13	
5	15.40	15.40	15.30	15.37	15.60	15.70	15.60	15.63	45.00	2245	27.37	<b>26.7</b>

Legenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

**RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXIÓN EN EL "CONCRETO RV" ( T = 24 H.)**

**RV-0.40**

Nº	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sup>PROM</sup> (cm)	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sup>PROM</sup> (cm)	L (cm)	CARGA (Kg)	Mr (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mr <sup>PROM</sup> (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	15.5	15.60	15.70	15.60	15.20	15.10	15.00	15.10	45.00	4380	53.64	
2	15.2	15.20	15.30	15.23	15.00	15.10	15.20	15.10	45.00	4390	56.38	
3	15.5	15.50	15.50	15.50	15.00	15.20	15.30	15.17	45.00	4365	53.91	
4	15.5	15.60	15.50	15.53	14.90	15.00	15.10	15.00	45.00	4370	54.33	
5	15.2	15.10	15.40	15.23	15.30	15.10	15.00	15.13	45.00	4355	55.81	<b>54.8</b>

**RV-0.45**

Nº	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sup>PROM</sup> (cm)	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sup>PROM</sup> (cm)	L (cm)	CARGA (Kg)	Mr (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mr <sup>PROM</sup> (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	15.4	15.40	15.40	15.40	15.20	15.20	15.10	15.17	45.00	3960	49.54	
2	15.3	15.40	15.20	15.30	15.10	15.30	15.30	15.23	45.00	3190	40.26	
3	15.3	15.20	15.50	15.33	15.30	15.30	15.10	15.23	45.00	4020	50.51	
4	15.3	15.30	15.40	15.33	15.30	15.30	15.30	15.30	45.00	3680	46.04	
5	15.0	15.30	15.40	15.23	15.50	15.20	15.10	15.27	45.00	3690	46.87	<b>46.6</b>

**Leyenda**

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

**RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXIÓN EN EL "CONCRETO RV" ( T = 24 H.)**

**RV-0.50**

Nº	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>PROM</sub> (cm)	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>PROM</sub> (cm)	L (cm)	CARGA (Kg)	Mr (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mr PROM (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	15.5	15.60	15.50	15.53	15.40	15.40	15.50	15.43	45.00	3270	39.52	
2	15.4	15.40	15.50	15.43	15.30	15.30	15.20	15.27	45.00	3200	39.60	
3	15.6	15.40	15.30	15.43	15.20	15.30	15.40	15.30	45.00	3500	43.22	
4	15.4	15.50	15.50	15.47	15.00	15.30	15.40	15.23	45.00	3520	43.47	
5	15.1	15.30	15.20	15.20	15.10	15.10	15.40	15.20	45.00	3580	45.87	<b>42.3</b>

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

### ENSAYO A LA TRACCIÓN DIAMETRAL DEL CONCRETO PATRÓN (T=24 H.)

	N° Prob.	L1	L2	L prom. (cm)	D1	D2	D prom. (cm)	Carga (Kg)	$\pi \cdot L \cdot D$ (cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ prom. (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>P-0.40</b>	1	20.60	20.60	20.60	10.26	10.22	10.24	9100	662.7	27.5	28.3
	2	20.54	20.53	20.54	10.25	10.15	10.20	9000	658.0	27.4	
	3	20.40	20.40	20.40	10.25	10.18	10.22	9800	654.7	29.9	
<b>P-0.45</b>	4	20.38	20.37	20.38	10.05	10.14	10.10	8000	646.2	24.8	23.9
	5	20.53	20.48	20.51	10.30	10.10	10.20	6800	657.1	20.7	
	6	20.44	20.40	20.42	10.22	10.00	10.11	8500	648.6	26.2	
<b>P-0.50</b>	7	20.72	20.72	20.72	10.10	10.25	10.18	7000	662.3	21.1	21.4
	8	20.34	20.44	20.39	10.20	10.25	10.23	7800	655.0	23.8	
	9	20.46	20.47	20.47	10.04	10.18	10.11	6300	650.0	19.4	

**Leyenda**

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

### ENSAYO A LA TRACCIÓN DIAMETRAL DEL "CONCRETO RV" (T=24 H.)

	N° Prob.	L1	L2	L prom. (cm)	D1	D2	D prom. (cm)	Carga (Kg)	p*L*D (cm <sup>2</sup> )	s (Kg/cm <sup>2</sup> )	s prom. (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>RV-0.40</b>	1	20.30	20.31	20.31	10.20	10.23	10.22	14400	651.6	44.2	40.4
	2	20.70	20.65	20.68	10.20	10.08	10.14	12400	658.6	37.7	
	3	20.46	20.51	20.49	10.22	10.20	10.21	12900	657.1	39.3	
<b>RV-0.45</b>	4	20.65	20.61	20.63	10.34	10.33	10.34	13900	669.8	41.5	37.5
	5	20.51	20.49	20.50	10.10	10.20	10.15	12100	653.7	37.0	
	6	20.50	20.51	20.51	10.10	10.14	10.12	11100	651.9	34.1	
<b>RV-0.50</b>	7	20.64	20.60	20.62	10.24	10.34	10.29	11300	666.6	33.9	35.4
	8	20.68	20.68	20.68	10.32	10.18	10.25	13600	665.9	40.8	
	9	20.37	20.36	20.37	10.31	10.20	10.26	10300	656.1	31.4	

**Leyenda**

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

## **ANEXO H : RESULTADOS DE DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON ADITIVOS.**

### **1.- CONCRETO PATRÓN CON ADITIVO SÚPER-PLASTIFICANTE SIKA- VISCOCRETE-3, A 24 HORAS.**

<b>D1 (cm)</b>	<b>D2 (cm)</b>	<b>D3 (cm)</b>	<b>D prom. (cm)</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Area (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>F`c (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Dosis de Viscocrete-3</b>
10.26	10.12	10.13	10.17	15600	81.2	192.0	0.40%
10.05	10.05	10.26	10.12	13300	80.4	165.3	
10.18	10.22	9.95	10.12	17000	80.4	211.5	
10.22	10.20	10.12	10.18	16000	81.4	196.6	
10.20	10.15	10.15	10.17	17300	81.2	213.1	
10.28	10.29	10.26	10.28	16700	82.9	201.3	
10.22	10.14	10.24	10.20	24700	81.7	302.3	0.80%
10.26	10.10	10.07	10.14	18100	80.8	224.0	
10.18	10.04	10.25	10.16	23400	81.0	288.8	
10.33	10.34	10.26	10.31	23000	83.5	275.5	
10.28	10.27	10.22	10.26	21000	82.6	254.2	
10.18	10.20	10.27	10.22	24200	82.0	295.2	
10.17	9.95	10.08	10.07	25000	79.6	314.1	1.20%
10.10	10.00	10.09	10.06	26100	79.5	328.1	
10.25	10.10	10.30	10.22	22900	82.0	279.3	
10.48	10.55	10.50	10.51	28900	86.8	333.1	
10.13	10.17	10.07	10.12	25700	80.5	319.3	
10.35	10.38	10.37	10.37	27600	84.4	327.0	

**Leyenda**

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3

(Ensayo a compresión axial)

**2.- CONCRETO PATRÓN CON ADITIVO ACELERANTE SIKA-RAPID-1, A 24 HORAS.**

N° Prob.	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dosis de Rapid-1
1	10.13	10.16	10.14	10.14	17300	80.8	214.1	1.75%
2	10.30	10.16	10.20	10.22	16600	82.0	202.4	
3	10.19	10.25	10.19	10.21	16600	81.9	202.8	
4	10.20	10.30	10.30	10.27	17700	82.8	213.8	
5	10.16	10.18	10.20	10.18	17200	81.4	211.3	
6	10.24	10.20	10.30	10.25	17700	82.5	214.6	
7	10.27	10.08	10.23	10.19	15100	81.6	185.0	0.50%
8	10.02	10.18	10.30	10.17	14000	81.2	172.5	
9	10.08	10.23	10.18	10.16	15200	81.1	187.4	
10	10.20	10.26	10.20	10.22	15300	82.0	186.5	
11	10.05	10.10	10.20	10.12	15600	80.4	194.1	
12	10.24	10.24	10.27	10.25	15700	82.5	190.3	
13	10.13	10.22	10.24	10.20	19700	81.7	241.2	3.00%
14	10.25	10.07	10.27	10.20	20400	81.7	249.8	
15	10.27	10.29	10.26	10.27	19800	82.9	238.9	
16	10.22	10.20	10.20	10.21	19300	81.8	235.9	
17	10.20	10.05	10.24	10.16	19400	81.1	239.1	
18	10.26	10.22	10.20	10.23	20000	82.1	243.5	

**Leyenda**

Cemento Sol Tipo I  
 Piedra de la cantera "La Gloria"  
 Arena de la cantera "La Gloria"  
 Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1  
 (Ensayo a compresión axial)

**3.- CONCRETO PATRÓN CON ACELERANTE SIKA-RAPID-1 Y 1.2% DE SÚPER-PLASTIFICANTE SIKA-VISCOCRETE-3 , A 24 HORAS.**

N° Prob.	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dosis de Rapid-1
19	10.14	10.23	10.11	10.16	27300	81.1	336.7	0.5%
20	10.17	10.27	10.25	10.23	26800	82.2	326.1	
21	10.34	10.36	10.37	10.36	27500	84.2	326.4	
22	10.51	10.46	10.49	10.49	28500	86.4	330.0	
23	10.16	9.96	10.07	10.06	26000	79.5	326.9	
24	10.30	10.18	10.17	10.22	26800	82.0	326.9	
25	10.23	10.12	10.10	10.15	27400	80.9	338.6	1.75%
26	10.27	10.10	10.07	10.15	28100	80.9	347.5	
27	10.20	10.30	10.20	10.23	30300	82.2	368.4	
28	10.14	10.20	10.10	10.15	28700	80.9	354.9	
29	10.20	10.20	9.95	10.12	28600	80.4	355.8	
30	10.22	10.22	10.16	10.20	27200	81.7	332.9	
31	9.96	10.13	9.98	10.02	27500	78.9	348.5	3.0%
32	10.53	10.45	10.50	10.49	27000	86.5	312.2	
33	10.44	10.42	10.40	10.42	28200	85.3	330.7	
34	10.27	10.05	10.26	10.19	27300	81.6	334.5	
35	10.02	10.15	10.22	10.13	26100	80.6	323.8	
36	10.20	10.30	10.10	10.20	28400	81.7	347.6	

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)  
(Ensayo a compresión axial)



## **ANEXO I : RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PATRON MÁS ADITIVOS**

### **1.- COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO PATRÓN CON 1.2% DE VISCOCRETE-3 A 24 HORAS.**

	N° Prob.	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F <sup>c</sup> (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>V- 0.40</b>	1	10.13	10.16	10.14	10.14	22300	80.8	276.0
	2	10.30	10.16	10.20	10.22	13700	82.0	167.0
	3	10.19	10.25	10.19	10.21	20800	81.9	254.1
	4	10.20	10.30	10.30	10.27	24100	82.8	291.1
	5	10.16	10.18	10.20	10.18	24000	81.4	294.9
	6	10.24	10.20	10.30	10.25	23900	82.5	289.8
	7	10.27	10.08	10.23	10.19	23600	81.6	289.2
	8	10.02	10.18	10.30	10.17	24300	81.2	299.3
	9	10.08	10.23	10.18	10.16	23700	81.1	292.1
	10	10.20	10.26	10.20	10.22	23000	82.0	280.4
	11	10.05	10.10	10.20	10.12	20300	80.4	252.5
	12	10.24	10.24	10.27	10.25	24500	82.5	296.9
<b>V- 0.45</b>	13	10.13	10.22	10.24	10.20	21200	81.7	259.6
	14	10.25	10.07	10.27	10.20	23100	81.7	282.9
	15	10.27	10.29	10.26	10.27	23700	82.9	285.9
	16	10.22	10.20	10.20	10.21	23000	81.8	281.1
	17	10.20	10.05	10.24	10.16	23300	81.1	287.2
	18	10.26	10.22	10.20	10.23	22800	82.1	277.6
	19	10.14	10.23	10.11	10.16	23000	81.1	283.7
	20	10.17	10.27	10.25	10.23	21700	82.2	264.0
	21	10.34	10.36	10.37	10.36	24400	84.2	289.6
	22	10.51	10.46	10.49	10.49	24500	86.4	283.7
	23	10.16	9.96	10.07	10.06	22800	79.5	286.7
	24	10.30	10.18	10.17	10.22	22600	82.0	275.7

(continua cuadro...)

**Leyenda**

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

(...continuación)

	N° Prob.	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>V- 0.50</b>	25	10.23	10.12	10.10	10.15	18700	80.9	231.1
	26	10.27	10.10	10.07	10.15	18600	80.9	230.0
	27	10.20	10.30	10.20	10.23	20000	82.2	243.2
	28	10.14	10.20	10.10	10.15	18800	80.9	232.5
	29	10.20	10.20	9.95	10.12	18500	80.4	230.1
	30	10.22	10.22	10.16	10.20	18700	81.7	228.8
	31	9.96	10.13	9.98	10.02	18700	78.9	237.0
	32	10.53	10.45	10.50	10.49	20600	86.5	238.2
	33	10.44	10.42	10.40	10.42	20000	85.3	234.5
	34	10.27	10.05	10.26	10.19	19300	81.6	236.5
	35	10.02	10.15	10.22	10.13	18500	80.6	229.5
	36	10.20	10.30	10.10	10.20	16500	81.7	201.9

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

**2.- COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO PATRÓN CON 1.75% DE RAPID-1 Y 1.2% DE VISCOCRETE-3 A 24 HORAS ("CONCRETO RV").**

	N° Prob.	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F <sup>c</sup> (Kg/cm <sup>2</sup> )
RV-0.40	1	10.13	10.16	10.14	10.14	29000	80.8	358.9
	2	10.30	10.16	10.20	10.22	27600	82.0	336.4
	3	10.19	10.25	10.19	10.21	28200	81.9	344.4
	4	10.20	10.30	10.30	10.27	28600	82.8	345.5
	5	10.16	10.18	10.20	10.18	28400	81.4	348.9
	6	10.24	10.20	10.30	10.25	29300	82.5	355.3
	7	10.27	10.08	10.23	10.19	27500	81.6	337.0
	8	10.02	10.18	10.30	10.17	29100	81.2	358.5
	9	10.08	10.23	10.18	10.16	28600	81.1	352.5
	10	10.20	10.26	10.20	10.22	27700	82.0	337.7
	11	10.05	10.10	10.20	10.12	29000	80.4	360.8
	12	10.24	10.24	10.27	10.25	28800	82.5	349.0
RV-0.45	13	10.13	10.22	10.24	10.20	25900	81.7	317.2
	14	10.25	10.07	10.27	10.20	25400	81.7	311.0
	15	10.27	10.29	10.26	10.27	25500	82.9	307.6
	16	10.22	10.20	10.20	10.21	25500	81.8	311.7
	17	10.20	10.05	10.24	10.16	27800	81.1	342.7
	18	10.26	10.22	10.20	10.23	26600	82.1	323.8
	19	10.14	10.23	10.11	10.16	27000	81.1	333.0
	20	10.17	10.27	10.25	10.23	26500	82.2	322.4
	21	10.34	10.36	10.37	10.36	26200	84.2	311.0
	22	10.51	10.46	10.49	10.49	29400	86.4	340.4
	23	10.16	9.96	10.07	10.06	26200	79.5	329.4
	24	10.30	10.18	10.17	10.22	27500	82.0	335.4

(continua cuadro...)

**Leyenda**

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

(...continuación)

	N° Prob.	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )
RV-0.50	25	10.23	10.12	10.10	10.15	24300	80.9	300.3
	26	10.27	10.10	10.07	10.15	22000	80.9	272.1
	27	10.20	10.30	10.20	10.23	24000	82.2	291.8
	28	10.14	10.20	10.10	10.15	24000	80.9	296.8
	29	10.20	10.20	9.95	10.12	24000	80.4	298.6
	30	10.22	10.22	10.16	10.20	23000	81.7	281.5
	31	9.96	10.13	9.98	10.02	22700	78.9	287.7
	32	10.53	10.45	10.50	10.49	24000	86.5	277.5
	33	10.44	10.42	10.40	10.42	23900	85.3	280.3
	34	10.27	10.05	10.26	10.19	22900	81.6	280.6
	35	10.02	10.15	10.22	10.13	23900	80.6	296.5
	36	10.20	10.30	10.10	10.20	24100	81.7	294.9

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

**3.- COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO PATRÓN CON 1.2% DE VISCOCRETE-3 A LOS 2 DÍAS.**

	N° Prob.	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>V- 0.40</b>	25	10.23	10.12	10.10	10.15	28400	80.9	351.0
	26	10.27	10.10	10.07	10.15	30300	80.9	374.7
	27	10.20	10.30	10.20	10.23	32000	82.2	389.1
	28	10.14	10.20	10.10	10.15	30500	80.9	377.2
	29	10.20	10.20	9.95	10.12	29900	80.4	372.0
	30	10.22	10.22	10.16	10.20	30600	81.7	374.5
	31	9.96	10.13	9.98	10.02	31900	78.9	404.3
	32	10.53	10.45	10.50	10.49	32300	86.5	373.5
	33	10.44	10.42	10.40	10.42	31300	85.3	367.0
	34	10.27	10.05	10.26	10.19	29100	81.6	356.6
	35	10.02	10.15	10.22	10.13	30100	80.6	373.5
	36	10.20	10.30	10.10	10.20	31200	81.7	381.8
<b>V- 0.45</b>	13	10.13	10.22	10.24	10.20	31000	81.7	379.6
	14	10.25	10.07	10.27	10.20	30800	81.7	377.2
	15	10.27	10.29	10.26	10.27	31100	82.9	375.2
	16	10.22	10.20	10.20	10.21	32300	81.8	394.8
	17	10.20	10.05	10.24	10.16	30000	81.1	369.8
	18	10.26	10.22	10.20	10.23	27200	82.1	331.1
	19	10.14	10.23	10.11	10.16	29700	81.1	366.3
	20	10.17	10.27	10.25	10.23	31200	82.2	379.6
	21	10.34	10.36	10.37	10.36	32000	84.2	379.9
	22	10.51	10.46	10.49	10.49	32000	86.4	370.5
	23	10.16	9.96	10.07	10.06	30000	79.5	377.2
	24	10.30	10.18	10.17	10.22	29000	82.0	353.7
<b>V- 0.50</b>	25	10.23	10.12	10.10	10.15	28200	80.9	348.5
	26	10.27	10.10	10.07	10.15	27700	80.9	342.6
	27	10.20	10.30	10.20	10.23	28400	82.2	345.3
	28	10.14	10.20	10.10	10.15	27400	80.9	338.9
	29	10.20	10.20	9.95	10.12	28100	80.4	349.6
	30	10.22	10.22	10.16	10.20	28100	81.7	343.9
	31	9.96	10.13	9.98	10.02	26300	78.9	333.3
	32	10.53	10.45	10.50	10.49	27200	86.5	314.5
	33	10.44	10.42	10.40	10.42	29000	85.3	340.1
	34	10.27	10.05	10.26	10.19	29000	81.6	355.4
	35	10.02	10.15	10.22	10.13	27000	80.6	335.0
	36	10.20	10.30	10.10	10.20	26800	81.7	328.0

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

**4.- COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO PATRÓN CON 1.75% DE RAPID-1 Y 1.2% DE VISCOCRETE-3 A LOS 2 DÍAS.**

	N° Prob.	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>RV- 0.40</b>	1	10.13	10.16	10.14	10.14	33400	80.8	413.3
	2	10.30	10.16	10.20	10.22	36400	82.0	443.7
	3	10.19	10.25	10.19	10.21	36200	81.9	442.1
	4	10.20	10.30	10.30	10.27	39400	82.8	475.9
	5	10.16	10.18	10.20	10.18	38100	81.4	468.1
	6	10.24	10.20	10.30	10.25	35400	82.5	429.3
	7	10.27	10.08	10.23	10.19	36200	81.6	443.6
	8	10.02	10.18	10.30	10.17	36400	81.2	448.4
	9	10.08	10.23	10.18	10.16	35800	81.1	441.3
	10	10.20	10.26	10.20	10.22	36300	82.0	442.5
	11	10.05	10.10	10.20	10.12	34000	80.4	423.0
	12	10.24	10.24	10.27	10.25	37500	82.5	454.5
<b>RV- 0.45</b>	13	10.13	10.22	10.24	10.20	31300	81.7	383.3
	14	10.25	10.07	10.27	10.20	34100	81.7	417.6
	15	10.27	10.29	10.26	10.27	34000	82.9	410.2
	16	10.22	10.20	10.20	10.21	34500	81.8	421.7
	17	10.20	10.05	10.24	10.16	33500	81.1	412.9
	18	10.26	10.22	10.20	10.23	34200	82.1	416.4
	19	10.14	10.23	10.11	10.16	33200	81.1	409.5
	20	10.17	10.27	10.25	10.23	34200	82.2	416.1
	21	10.34	10.36	10.37	10.36	34200	84.2	406.0
	22	10.51	10.46	10.49	10.49	34700	86.4	401.8
	23	10.16	9.96	10.07	10.06	31900	79.5	401.1
	24	10.30	10.18	10.17	10.22	34700	82.0	423.3
<b>RV- 0.50</b>	25	10.23	10.12	10.10	10.15	32600	80.9	402.9
	26	10.27	10.10	10.07	10.15	33100	80.9	409.3
	27	10.20	10.30	10.20	10.23	31700	82.2	385.4
	28	10.14	10.20	10.10	10.15	28700	80.9	354.9
	29	10.20	10.20	9.95	10.12	29000	80.4	360.8
	30	10.22	10.22	10.16	10.20	32500	81.7	397.7
	31	9.96	10.13	9.98	10.02	31200	78.9	395.4
	32	10.53	10.45	10.50	10.49	32400	86.5	374.7
	33	10.44	10.42	10.40	10.42	33000	85.3	387.0
	34	10.27	10.05	10.26	10.19	33200	81.6	406.8
	35	10.02	10.15	10.22	10.13	31600	80.6	392.1
	36	10.20	10.30	10.10	10.20	30200	81.7	369.6

**Leyenda**

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

**5.- COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO PATRÓN CON 1.2% DE VISCOCRETE-3 A LOS 3 DÍAS.**

	N° Prob.	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>V-0.40</b>	1	10.13	10.16	10.14	10.14	32600	80.8	403.4
	2	10.30	10.16	10.20	10.22	34300	82.0	418.1
	3	10.19	10.25	10.19	10.21	33500	81.9	409.2
<b>V-0.45</b>	13	10.13	10.22	10.24	10.20	31100	81.7	380.8
	14	10.25	10.07	10.27	10.20	34200	81.7	418.8
	15	10.27	10.29	10.26	10.27	34900	82.9	421.0
<b>V-0.50</b>	25	10.23	10.12	10.10	10.15	32200	80.9	398.0
	26	10.27	10.10	10.07	10.15	31600	80.9	390.8
	27	10.20	10.30	10.20	10.23	32000	82.2	389.1

Legenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

**6.- COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO PATRÓN CON 1.75% DE RAPID-1 Y 1.2% DE VISCOCRETE-3 A LOS 3 DÍAS.**

	N° Prob.	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>RV-0.40</b>	1	10.13	10.16	10.14	10.14	25300	80.8	313.1
	2	10.30	10.16	10.20	10.22	29700	82.0	362.0
	3	10.19	10.25	10.19	10.21	29800	81.9	364.0
<b>RV-0.45</b>	13	10.13	10.22	10.24	10.20	29300	81.7	358.8
	14	10.25	10.07	10.27	10.20	30000	81.7	367.4
	15	10.27	10.29	10.26	10.27	31600	82.9	381.2
<b>RV-0.50</b>	25	10.23	10.12	10.10	10.15	28500	80.9	352.2
	26	10.27	10.10	10.07	10.15	32100	80.9	397.0
	27	10.20	10.30	10.20	10.23	31000	82.2	376.9

Legenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

**7.- COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO PATRÓN CON 1.2% DE VISCOCRETE-3 A LOS 7 DÍAS.**

<b>V-0.40 / 7 días</b>							
Nº Prob	D1	D2	D3	D prom	Carga (Kg)	Area	F'c
4	10.20	10.30	10.30	10.27	38200	82.8	461.4
5	10.16	10.18	10.20	10.18	33850	81.4	415.9
6	10.24	10.20	10.30	10.25	35900	82.5	435.3
<b>V-0.45 / 7 días</b>							
Nº Prob	D1	D2	D3	D prom	Carga (Kg)	Area	F'c
16	10.22	10.20	10.20	10.21	39300	81.8	480.3
17	10.20	10.05	10.24	10.16	39000	81.1	480.7
18	10.26	10.22	10.20	10.23	36100	82.1	439.5
<b>V-0.50 / 7 días</b>							
Nº Prob	D1	D2	D3	D prom	Carga (Kg)	Area	F'c
28	10.14	10.20	10.10	10.15	37500	80.9	463.8
29	10.20	10.20	9.95	10.12	39500	80.4	491.4
30	10.22	10.22	10.16	10.20	38100	81.7	466.3

**Leyenda**

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

**8.- COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO PATRÓN CON 1.75% DE RAPID-1 Y 1.2% DE VISCOCRETE-3 A LOS 7 DÍAS.**

<b>RV-0.40 / 7 días</b>							
Nº Prob	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )
4	10.20	10.30	10.30	10.27	38200	82.8	461.4
5	10.16	10.18	10.20	10.18	39200	81.4	481.6
6	10.24	10.20	10.30	10.25	39700	82.5	481.4
<b>RV-0.45 / 7 días</b>							
Nº Prob	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )
16	10.22	10.20	10.20	10.21	38100	81.8	465.7
17	10.20	10.05	10.24	10.16	35800	81.1	441.3
18	10.26	10.22	10.20	10.23	37200	82.1	452.9
<b>RV-0.50 / 7 días</b>							
Nº Prob	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )
28	10.14	10.20	10.10	10.15	35700	80.9	441.5
29	10.20	10.20	9.95	10.12	34800	80.4	432.9
30	10.22	10.22	10.16	10.20	37400	81.7	457.7

**Leyenda**

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)



**9.- COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO PATRÓN CON 1.2% DE VISCOCRETE-3 A LOS 28 DÍAS.**

	N° Prob.	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>V-0.40</b>	7	10.27	10.08	10.23	10.19	40600	81.6	497.5
	8	10.02	10.18	10.30	10.17	42100	81.2	518.6
	9	10.08	10.23	10.18	10.16	39300	81.1	484.4
	10	10.20	10.26	10.20	10.22	39400	82.0	480.3
	11	10.05	10.10	10.20	10.12	37400	80.4	465.3
	12	10.24	10.24	10.27	10.25	37200	82.5	450.8
<b>V-0.45</b>	19	10.14	10.23	10.11	10.16	43200	81.1	532.9
	20	10.17	10.27	10.25	10.23	46600	82.2	566.9
	21	10.34	10.36	10.37	10.36	43600	84.2	517.6
	22	10.51	10.46	10.49	10.49	43300	86.4	501.3
	23	10.16	9.96	10.07	10.06	41800	79.5	525.5
	24	10.30	10.18	10.17	10.22	39800	82.0	485.5
<b>V-0.50</b>	31	9.96	10.13	9.98	10.02	45000	78.9	570.3
	32	10.53	10.45	10.50	10.49	42700	86.5	493.8
	33	10.44	10.42	10.40	10.42	40200	85.3	471.4
	34	10.27	10.05	10.26	10.19	38700	81.6	474.2
	35	10.02	10.15	10.22	10.13	41800	80.6	518.6
	36	10.20	10.30	10.10	10.20	42200	81.7	516.4

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

**10.- COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO PATRÓN CON 1.75% DE RAPID-1 Y 1.2% DE VISCOCRETE-3 A LOS 28 DÍAS.**

	N° Prob.	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D prom. (cm)	Carga (Kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>RV-0.40</b>	7	10.27	10.08	10.23	10.19	41600	81.6	509.8
	8	10.02	10.18	10.30	10.17	40400	81.2	497.7
	9	10.08	10.23	10.18	10.16	42300	81.1	521.4
	10	10.20	10.26	10.20	10.22	41800	82.0	509.5
	11	10.05	10.10	10.20	10.12	41200	80.4	512.5
	12	10.24	10.24	10.27	10.25	41800	82.5	506.6
<b>RV-0.45</b>	19	10.14	10.23	10.11	10.16	38500	81.1	474.9
	20	10.17	10.27	10.25	10.23	41700	82.2	507.3
	21	10.34	10.36	10.37	10.36	41500	84.2	492.6
	22	10.51	10.46	10.49	10.49	42200	86.4	488.6
	23	10.16	9.96	10.07	10.06	36600	79.5	460.2
	24	10.30	10.18	10.17	10.22	40400	82.0	492.8
<b>RV-0.50</b>	31	9.96	10.13	9.98	10.02	38400	78.9	486.6
	32	10.53	10.45	10.50	10.49	42000	86.5	485.7
	33	10.44	10.42	10.40	10.42	39900	85.3	467.9
	34	10.27	10.05	10.26	10.19	42000	81.6	514.7
	35	10.02	10.15	10.22	10.13	40200	80.6	498.8
	36	10.20	10.30	10.10	10.20	40500	81.7	495.6

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

## **ANEXO J : REDUCCIÓN DE AGUA**

1.- Porcentaje de agua reducida en el concreto patrón con Súper-plastificante Viscorete-3

<b>%</b>	<b>V-0.40</b>	<b>V-0.45</b>	<b>V-0.50</b>
A.U.	4.89	4.48	4.22
A.T.	6.59	6.32	5.94
<b>A.REDUC</b>	<b>25.8</b>	<b>29.1</b>	<b>29.0</b>
A.U.	4.9	4.51	4.22
A.T.	6.59	6.32	5.94
<b>A.REDUC</b>	<b>25.6</b>	<b>28.6</b>	<b>29.0</b>
A.U.	4.9	4.5	4.23
A.T.	6.59	6.32	5.94
<b>A.REDUC</b>	<b>25.6</b>	<b>28.8</b>	<b>28.8</b>
<b>A.RDC.PROM. (%)</b>	<b>25.7</b>	<b>28.9</b>	<b>28.9</b>

**Leyenda**

A.U. = Agua utilizada ; A.T. = Agua total ; A.REDUC. = Agua reducida  
**TODAS LAS TANDAS DE 65 KG.**

2.- Porcentaje de agua reducida en el concreto "RV" .

<b>%</b>	<b>RV-0.40</b>	<b>RV-0.45</b>	<b>RV-0.50</b>
Tanda	65 Kg.	65 Kg.	85 Kg.
A.U.	4.78	4.6	5.71
A.T.	6.59	6.32	7.77
<b>A.REDUC</b>	<b>27.5</b>	<b>27.2</b>	<b>26.5</b>
Tanda	65 Kg.	65 Kg.	85 Kg.
A.U.	4.79	4.51	5.62
A.T.	6.59	6.32	7.77
<b>A.REDUC</b>	<b>27.3</b>	<b>28.6</b>	<b>27.7</b>
Tanda	115 Kg.	115 Kg.	115 Kg.
A.U.	8.585	8	7.57
A.T.	11.67	11.18	10.51
<b>A.REDUC</b>	<b>26.4</b>	<b>28.4</b>	<b>28.0</b>
<b>A.RDC.PROM. (%)</b>	<b>27.1</b>	<b>28.1</b>	<b>27.4</b>

**Leyenda**

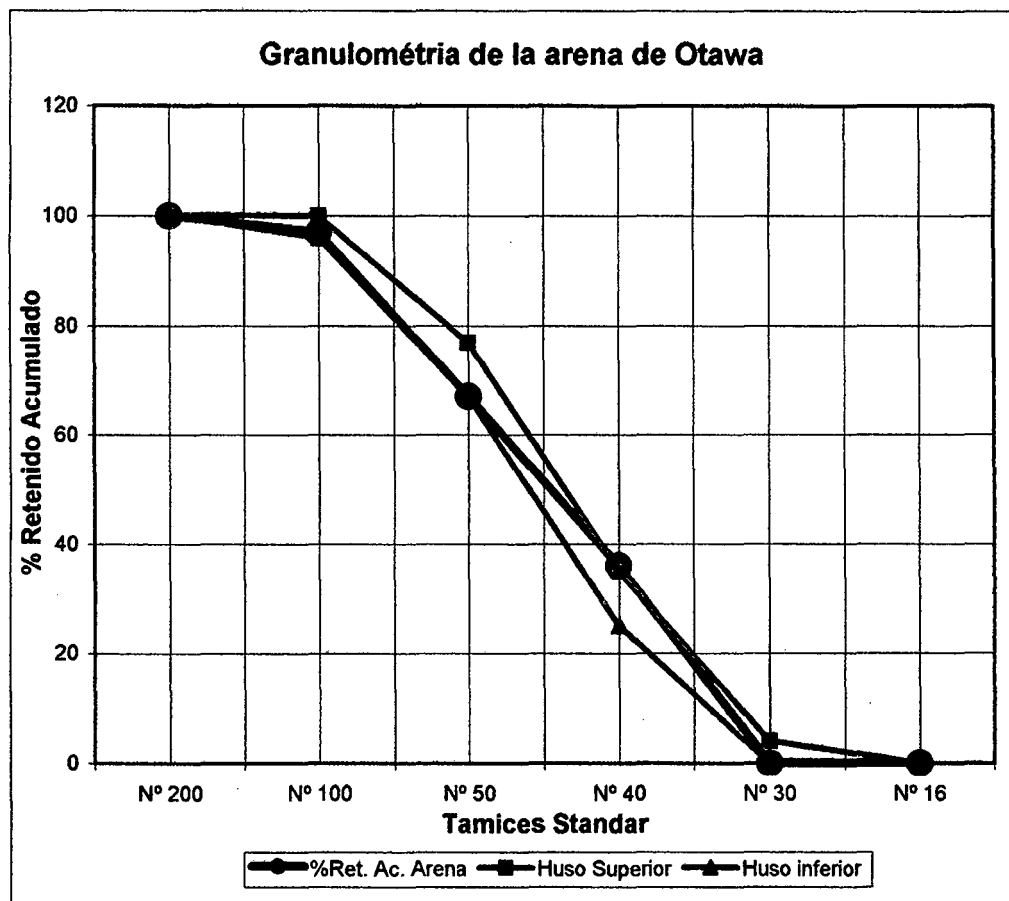
A.U. = Agua utilizada ; A.T. = Agua total ; A.REDUC. = Agua reducida

## ANEXO K : ARENA DE OTAWA.

No se disponía de la arena de OTAWA para hacer el mortero con diferentes porcentajes de ceniza volante. Por lo cual se decidió obtener una arena que cumpla con la granulometría de la arena de OTAWA, a partir de la arena gruesa con la que se disponía, procedente de la cantera "La Gloria".

Mallas N°	Huso inferior	Huso Superior	%Ret. Ac. Arena	% Ret.Arena
N° 16	0	0	0	0
N° 30	0	4	0	0
N° 40	25	35	36	36
N° 50	67	77	67	31
N° 100	96	100	97	30
N° 200	100	100	100	3

Con los porcentajes retenidos acumulados hallados gráficamente, se obtuvo los porcentajes de retenido que se necesitaban combinar.



## ANEXO L : MORTEO CON CENIZA VOLANTE.

% de ceniza	# de mezcla	Area (cm <sup>2</sup> )	CARGA ( Kg )		
			1 dia	3 dias	7 dias
0%	1	25	2100	4500	5100
	1	25	2150	4250	5300
	1	25	2200	2400	5200
	1	25	2150	-	-
	<b>Prom. =</b>	<b>25</b>	<b>2150</b>	<b>3717</b>	<b>5200</b>
	<b>Esf (Kg/cm2)</b>		<b>86</b>	<b>149</b>	<b>208</b>
5%	2	25	1450	3250	3350
	2	25	1400	3500	4550
	2	25	1400	3000	4600
	2	25	1500	-	-
	<b>Prom. =</b>	<b>25</b>	<b>1438</b>	<b>3250</b>	<b>4167</b>
	<b>Esf (Kg/cm2)</b>		<b>58</b>	<b>130</b>	<b>167</b>
10%	3	25	1400	3350	4850
	3	25	1400	3550	4650
	3	25	1400	3550	4950
	<b>Prom. =</b>	<b>25</b>	<b>1400</b>	<b>3483</b>	<b>4817</b>
	<b>Esf (Kg/cm2)</b>		<b>56</b>	<b>139</b>	<b>193</b>
15%	4	25	1650	3500	4200
	4	25	1550	3150	3600
	4	25	1400	3200	4250
	4	25	1550	-	-
	<b>Prom. =</b>	<b>25</b>	<b>1538</b>	<b>3283</b>	<b>4017</b>
	<b>Esf (Kg/cm2)</b>		<b>62</b>	<b>131</b>	<b>161</b>
20%	5	25	1900	3500	3750
	5	25	1900	3550	4750
	5	25	1850	3550	4650
	5	25	1800	-	-
	<b>Prom. =</b>	<b>25</b>	<b>1863</b>	<b>3533</b>	<b>4383</b>
	<b>Esf (Kg/cm2)</b>		<b>75</b>	<b>141</b>	<b>175</b>

Legenda

Cemento Sol Tipo I  
 Arena de Ottawa artificial ( cantera "La Gloria")  
 Ceniza volante (Mixercon)

## **ANEXO M : CONCRETO “V-0.45” Y CENIZA VOLANTE.**

### **1. RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL A 24 HORAS.**

<b>N° Prob.</b>	<b>D1 (cm)</b>	<b>D2 (cm)</b>	<b>D3 (cm)</b>	<b>D prom. (cm)</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Area (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>F<sup>c</sup> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Dosis de Ceniza V.</b>
1	10.13	10.16	10.14	10.14	11000	80.8	136.1	10.0%
2	10.30	10.16	10.20	10.22	11400	82.0	139.0	
3	10.19	10.25	10.19	10.21	11600	81.9	141.7	
4	10.20	10.30	10.30	10.27	11100	82.8	134.1	
5	10.16	10.18	10.20	10.18	11500	81.4	141.3	
6	10.24	10.20	10.30	10.25	11400	82.5	138.2	
7	10.27	10.08	10.23	10.19	9100	81.6	111.5	20.0%
8	10.02	10.18	10.30	10.17	9800	81.2	120.7	
9	10.08	10.23	10.18	10.16	10000	81.1	123.3	
10	10.20	10.26	10.20	10.22	9900	82.0	120.7	
11	10.05	10.10	10.20	10.12	9900	80.4	123.2	
12	10.24	10.24	10.27	10.25	9500	82.5	115.1	
13	10.13	10.22	10.24	10.20	8000	81.7	98.0	30.0%
14	10.25	10.07	10.27	10.20	8300	81.7	101.6	
15	10.27	10.29	10.26	10.27	8000	82.9	96.5	
16	10.22	10.20	10.20	10.21	8400	81.8	102.7	
17	10.20	10.05	10.24	10.16	8300	81.1	102.3	
18	10.26	10.22	10.20	10.23	8600	82.1	104.7	

#### Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera “La Gloria”

Arena de la cantera “La Gloria”

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

Ceniza volante (Mixercon)

Relación a/c = 0.45

## **ANEXO N : CONCRETO "RV-0.45" Y CENIZA VOLANTE.**

### **1. RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL A 24 HORAS.**

<b>N° Prob.</b>	<b>D1 (cm)</b>	<b>D2 (cm)</b>	<b>D3 (cm)</b>	<b>D prom. (cm)</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Area (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>F<sup>c</sup> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Dosis de Ceniza V.</b>
13	10.13	10.22	10.24	10.20	23700	81.7	290.2	10.0%
14	10.25	10.07	10.27	10.20	23400	81.7	286.6	
15	10.27	10.29	10.26	10.27	24000	82.9	289.5	
16	10.22	10.20	10.20	10.21	24400	81.8	298.2	
17	10.20	10.05	10.24	10.16	24200	81.1	298.3	
18	10.26	10.22	10.20	10.23	23000	82.1	280.0	
19	10.14	10.23	10.11	10.16	17500	81.1	215.9	20.0%
20	10.17	10.27	10.25	10.23	17300	82.2	210.5	
21	10.34	10.36	10.37	10.36	18100	84.2	214.9	
22	10.51	10.46	10.49	10.49	14000	86.4	162.1	
23	10.16	9.96	10.07	10.06	17600	79.5	221.3	
24	10.30	10.18	10.17	10.22	18000	82.0	219.6	
25	10.23	10.12	10.10	10.15	15100	80.9	186.6	30.0%
26	10.27	10.10	10.07	10.15	15500	80.9	191.7	
27	10.20	10.30	10.20	10.23	16100	82.2	195.7	
28	10.14	10.20	10.10	10.15	15900	80.9	196.6	
29	10.20	10.20	9.95	10.12	15800	80.4	196.6	
30	10.22	10.22	10.16	10.20	15900	81.7	194.6	

#### Leyenda

Cemento Sol Tipo I  
 Piedra de la cantera "La Gloria"  
 Arena de la cantera "La Gloria"  
 Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )  
 Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)  
 Ceniza volante (Mixercon)  
 Relación a/c = 0.45

## ANEXO Ñ : CONCRETO FRESCO.

### 1.- Resultados de los ensayos de FLUIDEZ Y PESO UNITARIO PARA P-0.40

#### FLUIDEZ (Slump = 2 3/4")

Diametro extendido (cm)		%Flujo
D <sub>0</sub>	25.4	0.0
D <sub>1</sub>	43.0	69.3
D <sub>2</sub>	42.0	65.4
D <sub>3</sub>	42.0	65.4
D <sub>4</sub>	41.5	63.4
D <sub>5</sub>	43.0	69.3
D <sub>6</sub>	42.5	67.3

Prom. = 66.7

#### PESO UNITARIO

W <sub>balde</sub> +W <sub>Mezcla</sub>	45.5	W <sub>mezcla</sub> (kg)	33.4
W <sub>balde</sub> (kg)	12.1	V <sub>balde</sub> (m <sup>3</sup> )	0.0142
PU P-0.40 (kg/m <sup>3</sup> )		2360	

#### Leyenda

Cemento Sol Tipo I  
Piedra de la cantera "La Gloria"  
Arena de la cantera "La Gloria"

### 2.- Resultados de los ensayos de FLUIDEZ Y PESO UNITARIO PARA P-0.45

#### FLUIDEZ (Slump = 2 3/4")

Diametro extendido (cm)		%Flujo
D <sub>0</sub>	25.4	0.0
D <sub>1</sub>	43.0	69.3
D <sub>2</sub>	41.5	63.4
D <sub>3</sub>	42.0	65.4
D <sub>4</sub>	41.0	61.4
D <sub>5</sub>	42.0	65.4
D <sub>6</sub>	41.5	63.4

Prom. = 64.7

#### PESO UNITARIO

W <sub>balde</sub> +W <sub>Mezcla</sub>	45.5	W <sub>mezcla</sub> (kg)	33.4
W <sub>balde</sub> (kg)	12.1	V <sub>balde</sub> (m <sup>3</sup> )	0.0142
PU P-0.45 (kg/m <sup>3</sup> )		2360	

#### Leyenda

Cemento Sol Tipo I  
Piedra de la cantera "La Gloria"  
Arena de la cantera "La Gloria"



### 3.- Resultados de los ensayos de FLUIDEZ Y PESO UNITARIO PARA P-0.50

<b>FLUIDEZ</b>		(Slump = 2 1/2")
<b>Diametro extendido (cm)</b>		<b>%Flujo</b>
D <sub>0</sub>	25.4	0.0
D <sub>1</sub>	40.0	57.5
D <sub>2</sub>	42.0	65.4
D <sub>3</sub>	39.5	55.5
D <sub>4</sub>	42.5	67.3
D <sub>5</sub>	40.0	57.5
D <sub>6</sub>	41.5	63.4
<b>Prom. =</b>		<b>61.1</b>

#### **PESO UNITARIO**

$W_{\text{balde}} + W_{\text{Mezcla}}$	45.8	$W_{\text{mezcla}} \text{ (kg)}$	33.7
$W_{\text{balde}} \text{ (kg)}$	12.1	$V_{\text{balde}} \text{ (m}^3\text{)}$	0.0142
<b>PU P-0.50 (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>2382</b>	

#### Leyenda

Cemento Sol Tipo I  
 Piedra de la cantera "La Gloria"  
 Arena de la cantera "La Gloria"

### 4.- Resultados de los ensayos: FLUIDEZ Y PESO UNITARIO PARA RV-0.40

<b>FLUIDEZ</b>		(Slump = 9 1/2")
<b>Diametro extendido (cm)</b>		<b>%Flujo</b>
D <sub>0</sub>	25.4	0.0
D <sub>1</sub>	58.0	128.3
D <sub>2</sub>	59.5	134.3
D <sub>3</sub>	59.0	132.3
D <sub>4</sub>	58.0	128.3
D <sub>5</sub>	54.0	112.6
D <sub>6</sub>	57.0	124.4
<b>Prom. =</b>		<b>126.7</b>

#### **PESO UNITARIO**

$W_{\text{balde}} + W_{\text{Mezcla}}$	46.2	$W_{\text{mezcla}} \text{ (kg)}$	34.1
$W_{\text{balde}} \text{ (kg)}$	12.1	$V_{\text{balde}} \text{ (m}^3\text{)}$	0.0142
<b>PU RV-0.40 (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>2410</b>	

#### Leyenda

Cemento Sol Tipo I  
 Piedra de la cantera "La Gloria"  
 Arena de la cantera "La Gloria"  
 Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )  
 Aditivo Súper-plasticante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

5.- Resultados de los ensayos: **FLUIDEZ Y PESO UNITARIO PARA RV-0.45**

**FLUIDEZ** (Slump = 9")

Diametro extendido (cm)		%Flujo
D <sub>0</sub>	25.4	0.0
D <sub>1</sub>	56.0	120.5
D <sub>2</sub>	58.0	128.3
D <sub>3</sub>	59.5	134.3
D <sub>4</sub>	58.0	128.3
D <sub>5</sub>	57.5	126.4
D <sub>6</sub>	58.5	130.3
<b>Prom. =</b>		<b>128.0</b>

**PESO UNITARIO**

W <sub>balde</sub> +W <sub>Mezcla</sub>	46.5	W <sub>mezcla</sub> (kg)	34.4
W <sub>balde</sub> (kg)	12.1	V <sub>balde</sub> (m <sup>3</sup> )	0.0142
<b>PU RV-0.45 (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>2431</b>	

Leyenda

Cemento Sol Tipo I  
 Piedra de la cantera "La Gloria"  
 Arena de la cantera "La Gloria"  
 Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )  
 Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

6.- Resultados de los ensayos: **FLUIDEZ Y PESO UNITARIO PARA RV-0.50**

**FLUIDEZ** (Slump = 4")

Diametro extendido (cm)		%Flujo
D <sub>0</sub>	25.4	0.0
D <sub>1</sub>	43.0	69.3
D <sub>2</sub>	42.5	67.3
D <sub>3</sub>	43.0	69.3
D <sub>4</sub>	42.0	65.4
D <sub>5</sub>	41.5	63.4
D <sub>6</sub>	43.0	69.3
<b>Prom. =</b>		<b>67.3</b>

**PESO UNITARIO**

W <sub>balde</sub> +W <sub>Mezcla</sub>	46.1	W <sub>mezcla</sub> (kg)	34.0
W <sub>balde</sub> (kg)	12.1	V <sub>balde</sub> (m <sup>3</sup> )	0.0142
<b>PU RV-0.50 (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>2403</b>	

Leyenda

Cemento Sol Tipo I  
 Piedra de la cantera "La Gloria"  
 Arena de la cantera "La Gloria"  
 Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )  
 Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

## 7.- Resultados del ensayo de EXUDACIÓN.

### 7.1 Lecturas recogidas de las muestras para la exudación del concreto patrón.

Tiemp. Transc. (min.)		P-0.40		P-0.45			P-0.50		
		1	2	4	5	6	7	8	9
t <sub>1</sub>	10	0.4	0.6	1.2	1.6	1.4	0.8	1.6	1.6
t <sub>2</sub>	20	0.6	1.0	2.4	2.4	2.0	2.4	1.6	2.0
t <sub>3</sub>	30	1.4	1.2	3.0	2.8	2.4	2.8	2.0	2.4
t <sub>4</sub>	40	1.8	1.6	3.0	2.8	2.4	3.0	2.2	2.6
t <sub>5</sub>	70	4.0	4.4	7.4	10.0	7.4	6.8	7.2	6.8
t <sub>6</sub>	100	4.7	5.2	5.8	5.7	5.4	5.3	4.8	6.0
t <sub>7</sub>	130	4.6	4.4	5.2	7.7	7.4	6.3	5.1	6.0
T <sub>8</sub>	160	2.2	2.4	4.4	5.4	5.0	3.4	5.2	4.2
t <sub>9</sub>	190	1.9	1.4	3.8	3.7	4.4	2.8	2.8	2.8
t <sub>10</sub>	220	0.0	0.1	1.2	1.0	2.8	0.6	1.4	0.7
t <sub>11</sub>	250	0.0	0.0	0.4	0.0	1.0	0.0	0.2	0.2
t <sub>12</sub>	280	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Peso balde+ probeta</b>		9.7	9.7	9.6	9.8	9.7	9.7	9.9	9.8
<b>Peso balde</b>		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>Peso probeta</b>		9.5	9.5	9.4	9.6	9.5	9.5	9.7	9.6

#### Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

### 7.2 Lecturas recogidas de las muestras para el ensayo de exudación del "CONCRETO RV"

Tiemp. Transc. (min.)		RV-0.40			RV-0.45			RV-0.50		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
t <sub>1</sub>	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
t <sub>2</sub>	20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
t <sub>3</sub>	30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
t <sub>4</sub>	40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

#### Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )

Aditivo Súper-plasticante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

### 7.3 Lecturas promedios del ensayo de exudación del concreto patrón.

Tiemp. Transc. (min.)		Agua de exudación (ml.)			Area (cm <sup>2</sup> )	Exudacion por cm <sup>2</sup>		
		P-0.40	P-0.45	P-0.50		P-0.40	P-0.45	P-0.50
t <sub>1</sub>	10	0.5	1.4	1.3	276.9	0.0018	0.0051	0.0048
t <sub>2</sub>	20	0.8	2.3	2.0	276.9	0.0029	0.0082	0.0072
t <sub>3</sub>	30	1.3	2.7	2.4	276.9	0.0047	0.0099	0.0087
t <sub>4</sub>	40	1.7	2.7	2.6	276.9	0.0061	0.0099	0.0094
t <sub>5</sub>	70	4.2	8.3	6.9	276.9	0.0152	0.0299	0.0250
t <sub>6</sub>	100	5.0	5.6	5.4	276.9	0.0179	0.0203	0.0194
t <sub>7</sub>	130	4.5	6.8	5.8	276.9	0.0162	0.0244	0.0209
t <sub>8</sub>	160	2.3	4.9	4.3	276.9	0.0083	0.0178	0.0154
t <sub>9</sub>	190	1.7	4.0	2.8	276.9	0.0060	0.0143	0.0101
t <sub>10</sub>	220	0.1	1.7	0.9	276.9	0.0002	0.0060	0.0032
t <sub>11</sub>	250	0.0	0.5	0.1	276.9	0.0000	0.0017	0.0005
t <sub>12</sub>	280	0.0	0.0	0.0	276.9	0.0000	0.0000	0.0000
<b>TOTALES</b>		<b>22.0</b>	<b>40.8</b>	<b>34.5</b>	<b>276.9</b>	<b>0.0793</b>	<b>0.1474</b>	<b>0.1247</b>
<b>Peso probeta promedio (kg)</b>		<b>9.5</b>	<b>9.5</b>	<b>9.6</b>				

Leyenda

Cemento Sol Tipo I  
 Piedra de la cantera "La Gloria"  
 Arena de la cantera "La Gloria"

### 7.4 Porcentaje de exudación del concreto fresco.

MEZCLA	Peso de tanda(Kg.)	Agua de tanda (Lt)	Peso probt.(gr.)	Agua de probt.(ml)	Agua Total extraida	EXUDACION (%)
<b>P - 0.40</b>	75	7.61	9500	964	22.0	2.3
<b>P - 0.45</b>	75	7.29	9500	923	40.8	4.4
<b>P - 0.50</b>	75	6.85	9600	877	34.5	3.9
<b>RV - 0.40</b>	85	6.17	-	-	0.0	0.0
<b>RV - 0.45</b>	85	5.90	-	-	0.0	0.0
<b>RV - 0.50</b>	85	5.62	-	-	0.0	0.0

Leyenda

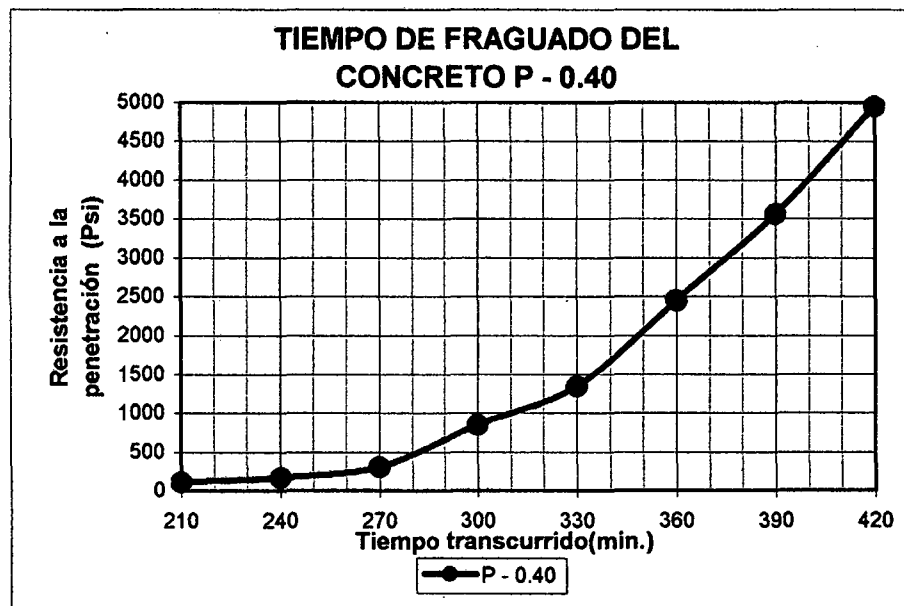
Cemento Sol Tipo I  
 Piedra de la cantera "La Gloria"  
 Arena de la cantera "La Gloria"  
 Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )  
 Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

## 8.- Resultados del ensayo de TIEMPO DE FRAGUA.

### 8.1 Lecturas recogidas concreto patrón: P-0.40.

Tiemp. Transc.	Tiemp. Transc.		$\phi$ aguja (Pulg.)	LECTURA				Area	P/A
	(h.)	(min.)		A	B	C	Prom.		
t <sub>1</sub>	3.5	210	1.1250	120	90	125	111.7	0.994	112
t <sub>2</sub>	4.0	240	0.8125	90	80	85	85.0	0.5185	164
t <sub>3</sub>	4.5	270	0.5625	85	60	80	75.0	0.2485	302
t <sub>4</sub>	5.0	300	0.3125	70	65	60	65.0	0.0767	847
t <sub>5</sub>	5.5	330	0.2500	70	60	68	66.0	0.0491	1345
t <sub>6</sub>	6.0	360	0.1875	70	53	80	67.7	0.0276	2451
t <sub>7</sub>	6.5	390	0.1875	100	95	100	98.3	0.0276	3561
t <sub>8</sub>	7.0	420	0.1875	140	135	135	136.7	0.0276	4950
Graficando Tiempo versus Resit. Penetrac. :				T. F. Inicial (min.):	280		T. F. Final (min.):	400	

Graficando tenemos:



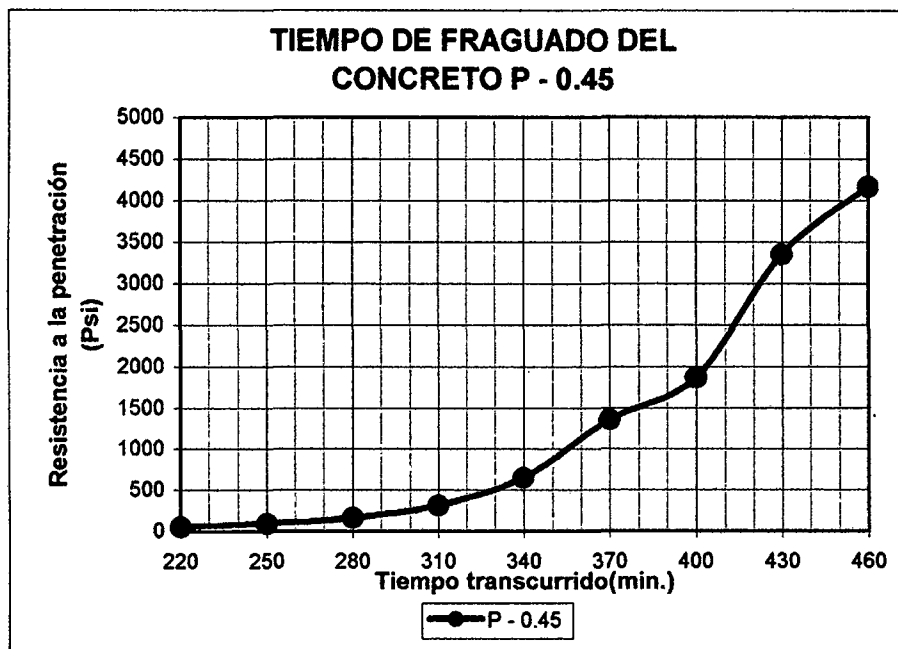
#### Leyenda

Cemento Sol Tipo I  
Piedra de la cantera "La Gloria"  
Arena de la cantera "La Gloria"

8.2 Lecturas recogidas concreto patrón: P-0.45.

Tiemp. Transc.	Tiemp. Transc.		$\phi$ aguja (Pulg.)	LECTURA				Area	P/A	
	(h.)	(min.)		D	E	F	Prom.			
t <sub>1</sub>	3.7	220	1.1250	40	50	65	51.7	0.994	52	
t <sub>2</sub>	4.2	250	1.1250	80	80	110	90.0	0.994	91	
t <sub>3</sub>	4.7	280	0.8125	65	95	90	83.3	0.518	161	
t <sub>4</sub>	5.2	310	0.5625	70	90	75	78.3	0.249	315	
t <sub>5</sub>	5.7	340	0.3125	40	60	50	50.0	0.077	652	
t <sub>6</sub>	6.2	370	0.2500	50	80	70	66.7	0.049	1358	
t <sub>7</sub>	6.7	400	0.1875	40	50	65	51.7	0.028	1871	
t <sub>8</sub>	7.2	430	0.1875	85		100	92.5	0.028	3350	
t <sub>9</sub>	7.7	460	0.1875		110	120	115.0	0.028	4165	
Graficando Tiempo versus Resit. Penetrac. :				T. F. Inicial (min.):		330		T. F. Final (min.):		455

Graficando tenemos:



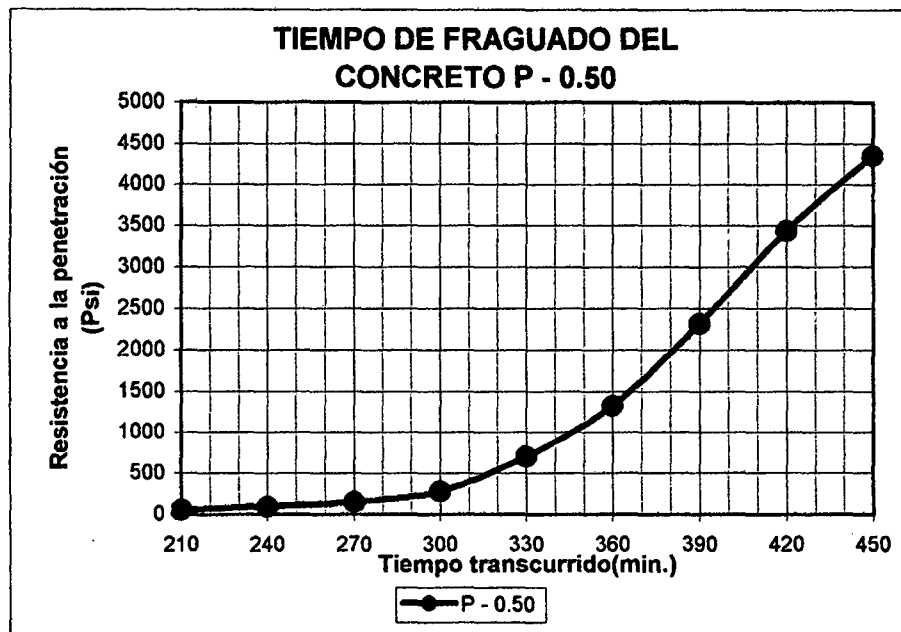
Leyenda

Cemento Sol Tipo I  
 Piedra de la cantera "La Gloria"  
 Arena de la cantera "La Gloria"

### 8.3 Lecturas recogidas concreto patrón: P-0.50.

Tiemp. Transc.	Tiemp. Transc.		$\phi$ aguja (Pulg.)	LECTURA				Area	P/A	
	(h.)	(min.)		G	H	I	Prom.			
t <sub>1</sub>	3.5	210	1.1250	40	60	60	53.3	0.994	54	
t <sub>2</sub>	4.0	240	1.1250	70	85	110	88.3	0.994	89	
t <sub>3</sub>	4.5	270	0.8125	80	65	90	78.3	0.518	151	
t <sub>4</sub>	5.0	300	0.5625	70	75	65	70.0	0.249	282	
t <sub>5</sub>	5.5	330	0.3125	52	58	52	54.0	0.077	704	
t <sub>6</sub>	6.0	360	0.2500	75	45	75	65.0	0.049	1324	
t <sub>7</sub>	6.5	390	0.1875	52	72	68	64.0	0.028	2318	
t <sub>8</sub>	7.0	420	0.1875		100	90	95.0	0.028	3441	
t <sub>9</sub>	7.5	450	0.1875	110	130		120.0	0.028	4346	
Graficando Tiempo versus Resit. Penetrac. :				T. F. Inicial (min.):		315		T. F. Final (min.):		440

Graficando tenemos:

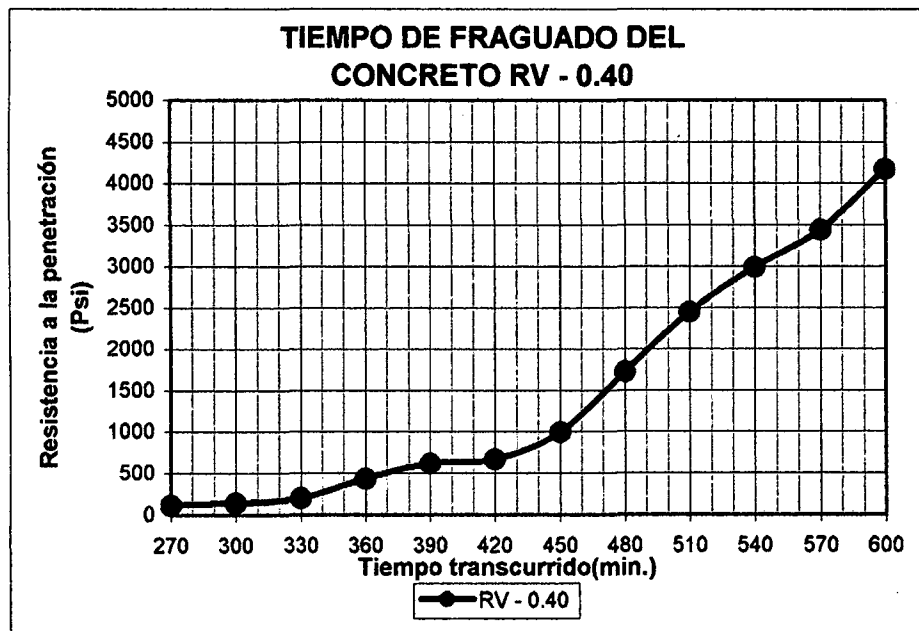


**Leyenda**  
 Cemento Sol Tipo I  
 Piedra de la cantera "La Gloria"  
 Arena de la cantera "La Gloria"

#### 8.4 Lecturas recogidas concreto RV-0.40.

Tiemp. Transc.	Tiemp. Transc.		$\phi$ aguja (Pulg.)	LECTURA				Area	P/A	
	(h.)	(min.)		A	B	C	Prom.			
t <sub>1</sub>	4.5	270	1.1250	130	130	95	118.3	0.994	119	
t <sub>2</sub>	5.0	300	0.8125	85	80	52	72.3	0.5185	140	
t <sub>3</sub>	5.5	330	0.5625	60	58	32	50.0	0.2485	201	
t <sub>4</sub>	6.0	360	0.3125	32	38	30	33.3	0.0767	435	
t <sub>5</sub>	6.5	390	0.2500	30	40	20	30.0	0.0491	611	
t <sub>6</sub>	7.0	420	0.1875	20	20	15	18.3	0.0276	664	
t <sub>7</sub>	7.5	450	0.1875		30	25	27.5	0.0276	996	
t <sub>8</sub>	8.0	480	0.1875	55		40	47.5	0.0276	1720	
t <sub>9</sub>	8.5	510	0.1875	60	75		67.5	0.0276	2445	
t <sub>10</sub>	9.0	540	0.1875		90	75	82.5	0.0276	2988	
t <sub>11</sub>	9.5	570	0.1875	100		90	95.0	0.0276	3441	
t <sub>12</sub>	10.0	600	0.1875	110	120		115.0	0.0276	4165	
Graficando Tiempo versus Resit. Penetrac. :				T. F. Inicial (min.):		365		T. F. Final (min.):		595

Graficando tenemos:



#### Leyenda

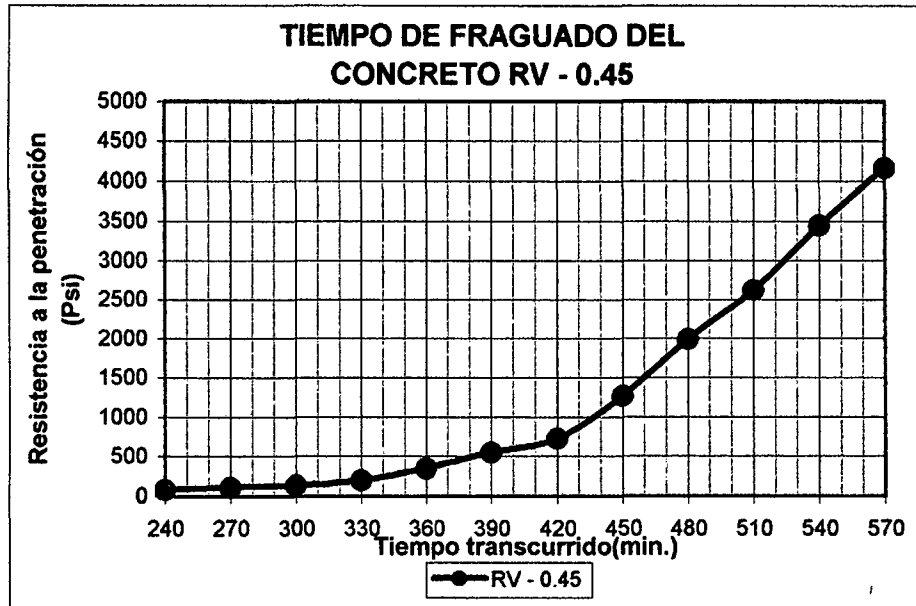
- Cemento Sol Tipo I
- Piedra de la cantera "La Gloria"
- Arena de la cantera "La Gloria"
- Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )
- Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)



### 8.5 Lecturas recogidas concreto RV-0.45.

Tiemp. Transc.	Tiemp. Transc.		$\phi$ aguja (Pulg.)	LECTURA				Area	P/A
	(h.)	(min.)		D	E	F	Prom.		
t <sub>1</sub>	4.0	240	1.1250	60	100		80.0	0.994	80
t <sub>2</sub>	4.5	270	1.1250	105	100	118	107.7	0.994	108
t <sub>3</sub>	5.0	300	0.8125	70	62	85	72.3	0.5185	140
t <sub>4</sub>	5.5	330	0.5625	50	50	50	50.0	0.2485	201
t <sub>5</sub>	6.0	360	0.3125	25	25	30	26.7	0.0767	348
t <sub>6</sub>	6.5	390	0.2500	25	30	25	26.7	0.0491	543
t <sub>7</sub>	7.0	420	0.1875	20	18	22	20.0	0.0276	724
t <sub>8</sub>	7.5	450	0.1875	40	30		35.0	0.0276	1268
t <sub>9</sub>	8.0	480	0.1875	65		45	55.0	0.0276	1992
t <sub>10</sub>	8.5	510	0.1875		70	75	72.5	0.0276	2626
t <sub>11</sub>	9.0	540	0.1875	100	90		95.0	0.0276	3441
t <sub>12</sub>	9.5	570	0.1875	125		105	115.0	0.0276	4165
Graficando Tiempo versus Resit. Penetrac. :				T. F. Inicial (min.):		<b>385</b>	T. F. Final (min.):		<b>565</b>

Graficando tenemos:



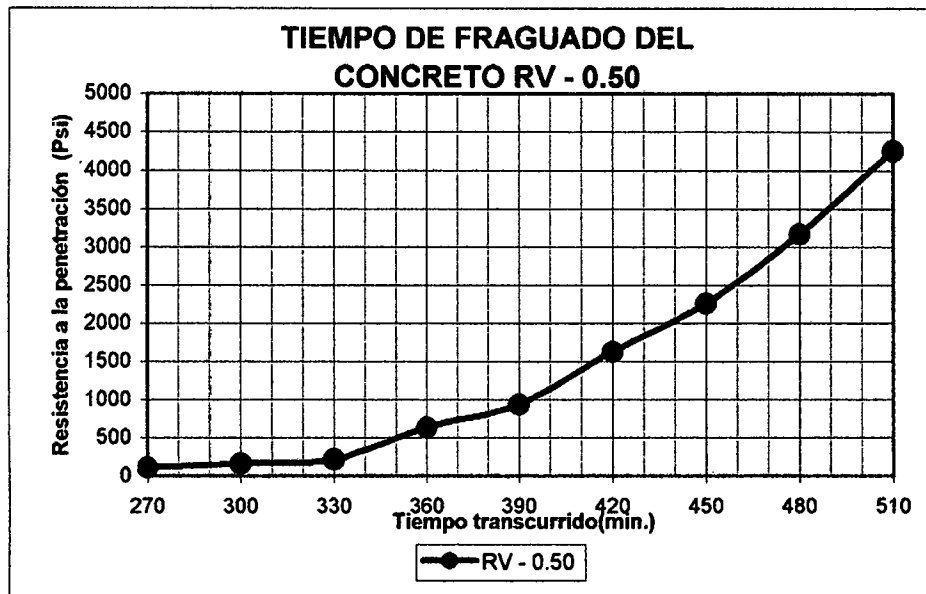
**Leyenda**

- Cemento Sol Tipo I
- Piedra de la cantera "La Gloria"
- Arena de la cantera "La Gloria"
- Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )
- Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

### 8.6 Lecturas recogidas concreto RV-0.50.

Tiemp. Transc.	Tiemp. Transc.		$\phi$ aguja (Pulg.)	LECTURA				Area	P/A	
	(h.)	(min.)		G	H	I	Prom.			
t <sub>1</sub>	4.5	270	1.1250	90	120	135	115.0	0.994	116	
t <sub>2</sub>	5.0	300	0.8125	80	90	85	85.0	0.5185	164	
t <sub>3</sub>	5.5	330	0.5625	50	45	65	53.3	0.2485	215	
t <sub>4</sub>	6.0	360	0.3125	50	50	45	48.3	0.0767	630	
t <sub>5</sub>	6.5	390	0.2500	42	56	40	46.0	0.0491	937	
t <sub>6</sub>	7.0	420	0.1875	50	45	40	45.0	0.0276	1630	
t <sub>7</sub>	7.5	450	0.1875		60	65	62.5	0.0276	2264	
t <sub>8</sub>	8.0	480	0.1875	85		90	87.5	0.0276	3169	
t <sub>9</sub>	8.5	510	0.1875	115	120		117.5	0.0276	4255	
Graficando Tiempo versus Resit. Penetrac. :				T. F. Inicial (min.):		350		T. F. Final (min.):		505

Graficando tenemos:



**Leyenda**

- Cemento Sol Tipo I
- Piedra de la cantera "La Gloria"
- Arena de la cantera "La Gloria"
- Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 ( dosis 1.75% del peso del cemento )
- Aditivo Súper-plasticante Sika-Viscocrete-3 (dosis 1.20% del peso del cemento)

## **ANEXO O : MÓDULO ELÁSTICO ESTÁTICO**

Se ha hallado el valor del módulo elástico empleando la formula de la NORMA E. 060 de CONCRETO ARMADO , del reglamento nacional de construccion. Donde el módulo elastico depende de la resistencia a la compresión axial y esta expresada en la formula (cuando el concreto es de peso normal):

$$E_c = 15000 \times (f'c)^{0.5}$$

Donde:

$E_c$  : es el módulo de elasticidad estatico del concreto en Kg/cm<sup>2</sup>

$f'c$ : es la resitencia al compresión del concreto en Kg/cm<sup>2</sup>

Asi aplicando la fomula anterior tenemos :

<b>Tipo de concreto</b>	<b>f'c (T = 28 días) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Ec (T= 28 días) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>P-0.40</b>	429	<b>310553</b>
<b>P-0.45</b>	411	<b>303915</b>
<b>P-0.50</b>	396	<b>298671</b>
<b>RV-0.40</b>	510	<b>338609</b>
<b>RV-0.45</b>	486	<b>330703</b>
<b>RV-0.50</b>	492	<b>332564</b>

Estos calculos no han sido colocados en el CAPITULO IX de CUADROS Y RESULTADOS,deido a que no se han hallado experimentalmente, como todos los anteriores resultados.

## **ANEXO P : AGUA EMPLEADA PARA EL ESTUDIO**

El agua que se emplea en para este estudio es el agua potable de uso domestico que administra SEDAPAL y que mediante la red publica llega a las instalaciones del Laboratorio N°1 de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería.

En el estudio de tesis de Katia CHINEN GUIMA, *"Factibilidad y estudio de las propiedades del concreto de baja resistencia adicionado con cal"* del Año 2002, se encuentra un reporte del análisis del agua de la UNI. Según el INFORME N° 020-L21-02 del Laboratorio N°21 de Investigación y Química Aplicada de la de la Universidad Nacional de Ingeniería, que dio como resultados:

### **MUESTRA AGUA**

PH	7.59
CLORUROS, ppm	170.1
SULFATOS, ppm	581.8
S. DISUELTOS, ppm	12.1
ACEITES-GRASAS, ppm	2.1

Excediendose solo en el contenido de sulfatos ya que el contenido máximo de estos ha de ser de 300 ppm, según el libro de "Tecnología del Concreto" del ingeniero Flavio Abanto Castillo.

## **ANEXO Q : CEMENTO EMPLEADO PARA EL ESTUDIO**

### **Q.1 GENERALIDADES**

El cemento resulta de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcilla dosificadas adecuadamente[14]. Esta calcinación se lleva a cabo en un horno rotatorio a una temperatura de aproximadamente 1500 °C, con lo que se forman partículas nodulizadas duras, llamadas clinker. Enseguida se muele el clinker junto con un retardador (generalmente es un porcentaje de yeso) hasta convertirlo en un polvo finísimo que se conoce con el nombre de Cemento Pórtland, cuya clasificación aparecen a continuación:

**Tabla N°Q.1:** *Tipos de Cemento Pórtland y sus características particulares.*

<b>Tipos</b>	<b>Observaciones</b>
Tipo I	Uso general. No posee cualidades especiales.
Tipo II	Moderada resistencia a los sulfatos y bajo calor de hidratación. Se emplea en ambientes agresivos o vaciados masivos.
Tipo III	Alta resistencia inicial y elevado calor de hidratación.
Tipo IV	Bajo calor de hidratación.
Tipo V	Alta resistencia a los sulfatos.
Tipo IS	Con adición de escoria de altos hornos entre un 25% a 65% referidos al peso total.
Tipo ISM	Contenido menor del 25% de escorias de altos hornos referidos al peso total.
Tipo IP	Porcentaje de puzolana adicionada varia entre el 15% y 40% del peso total.
Tipo IPM	Adición de puzolana en porcentaje menor de 15% del peso total.

[14] CHINEN GUIMA, Katia V. "Factibilidad y estudio de las propiedades del concreto de baja resistencia adicionado con cal". Pag. 12 – 45. Tesis-UNI. Lima-Perú. Año 2002

## Q.2 CEMENTO PORTLAND TIPO I

El cemento que se ha utilizado en este estudio, debido a que es el cemento de mayor uso en el país, es el Cemento Pórtland Tipo I. En el Perú las fabricas que producen este cemento son: Cementos Lima, Pacasmayo, Libertad, Andino, Tarma –Junín.

Tabla N°Q.2: Composición química del Cemento Pórtland Tipo I.

<b>Componentes principales</b>	
Cal (CaO)	Constituye 61% a 67% del cemento sirve para controlar los tiempos de fraguado.
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	Constituye 17% a 25% en el cemento. Es resistente e insoluble en agua.
La Alúmina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Constituye 4% al 8% en el cemento. Un alto contenido de alúmina y bajo sílice, produce un cemento de fraguado rápido y también de alta resistencia.
Oxido Férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Constituye 0.5% a 5% y actúa en la misma forma que la alúmina.
<b>Componentes secundarios</b>	
Perdida por ignición:	Disminución de peso de muestra de cemento que fue calentado al rojo vivo (900°C-1000°C) hasta obtener un peso conste. 3% como máx.
Residuo insoluble:	Nos muestra parte arcillosa que no es soluble.
Anhídrido Sulfúrico (S3)	El contenido del anhídrido sulfúrico permite realizar el cálculo del valor de calcio presente en el cemento, así como la cal combinada y también el contenido de azufre limitándose al 2.5% o 3%.
<b>Compuestos principales</b>	
Silicato Tricálcico (3CaO.SiO <sub>2</sub> = C <sub>3</sub> S) Alita	Factor principal del fraguado inicial.
Silicato Bicálcico	Responsable del incremento progresivo de la

( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = \text{C}_2\text{S}$ ) Belita	resistencia desde los 14 días.
Aluminato Tricálcico ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{C}_3\text{A}$ )	Los cementos con bajos porcentajes hacen que sean resistentes a los suelos y aguas que contengan sulfatos.
Ferro Aluminato Tetracálcico ( $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{C}_4\text{AF}$ ): Celita.	Se usa por la necesidad de utilizar fundentes que contengan hierro en la fabricación del clinker y aporta fase líquida.
<b>Compuestos secundarios (5%-10% cemento)</b>	
Oxido de Magnesio ( $\text{MgO}$ )	Fundente en la formación del clinker y aporta fase líquida.
Oxido de sodio y Oxido de Potasio ( $\text{Na}_2\text{O}$ y $\text{K}_2\text{O}$ ):	Si por alguna razón se encuentra en cantidades excesivas, causaran eflorescencias y un riesgo de falla debido a la reactividad de agregados alcalinos que se manifestará con expansiones que destruyan a concreto y propicien la entrada de la humedad.

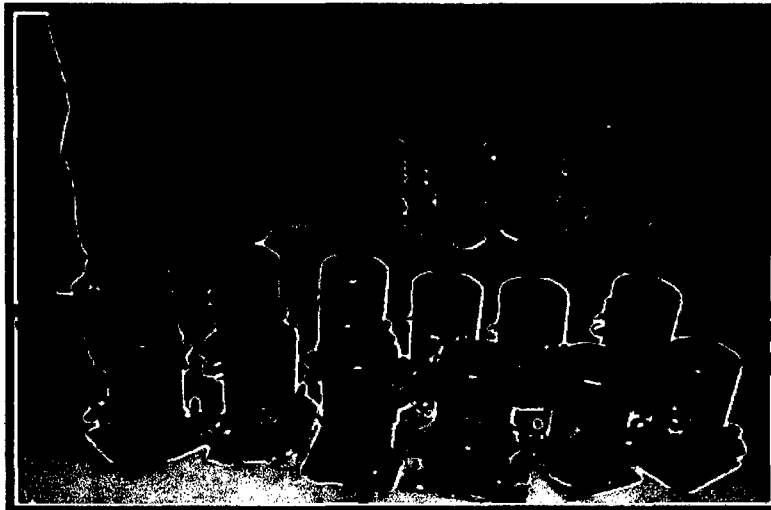
## **ANEXO R: FOTOS**

Se presentan a continuación fotos tomadas a lo largo de este estudio.

**Foto N°01 :** Sacando el agregado de la tolva, que se encuentra en la parte posterior del laboratorio. El agregado sera llevado para dejar en el laboratorio y obtengan una humedad estándar, y luego ser pesados.



**Foto N°02 :** Engrasando los moldes para luego ser vaciados con la mezcla de concreto. Los moldes cilindricos de 4" x 8" fueron numerados con pintura amarilla.





**Foto N°03 :** Medición de agua en probeta, empleando la pipeta para mayor precisión.



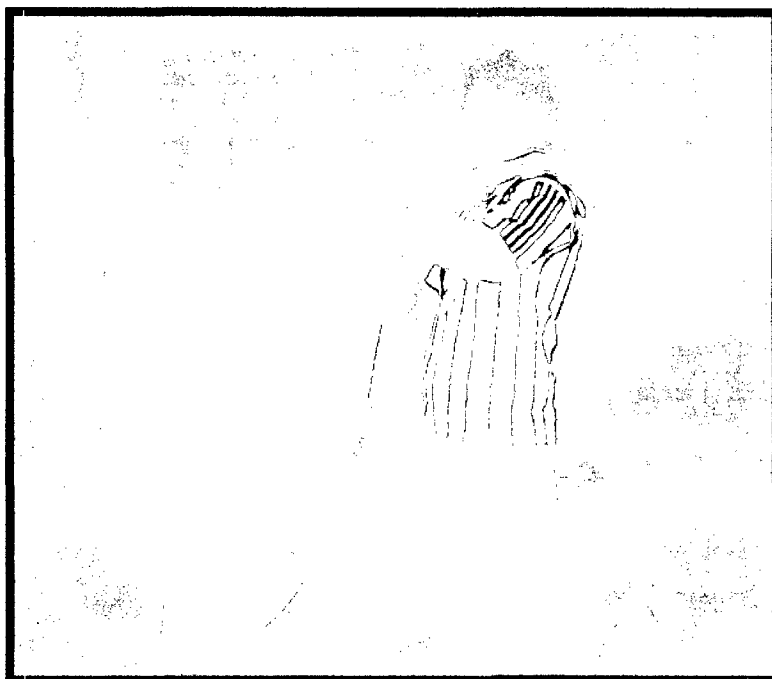
**Foto N°04 :** Pesado de aditivos, empleando balanza electrónica. El aditivo que se observa en el balde grande es el Viscorete-3 (color marron-oscuro) y el del balde chico es el Rapid-1 (color claro- transparente).



**Foto N°05 :** Mezclando el agua con los aditivos. Asegurese de solo emplear la mitad del agua para la mezcla con los aditivos.



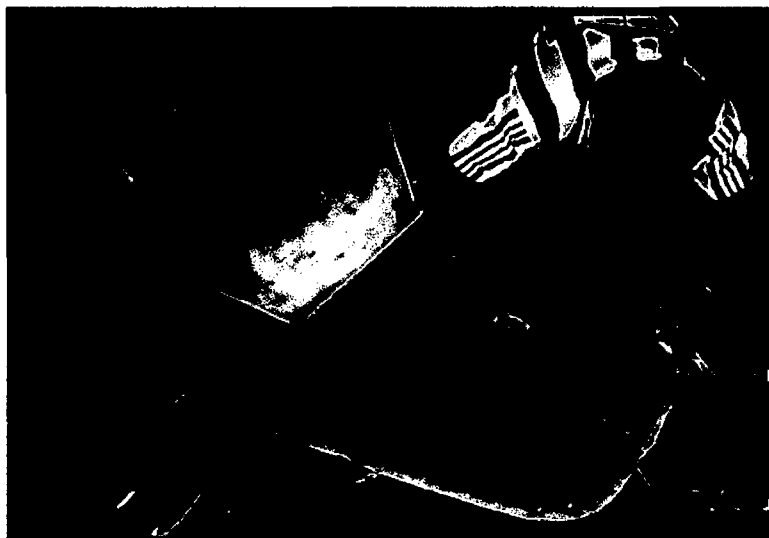
**Foto N°06 :** Colocando los materiales dentro de la mezcladora. Primero se hecha la piedra, luego la arena, finalmente el cemento (como se ve en la foto) y el agua. Al fondo se ve al señor Roberto Quispe, ex-tecnico del LEM, infaltable en una tesis de concreto en la UNI desde hace más de 50 años.



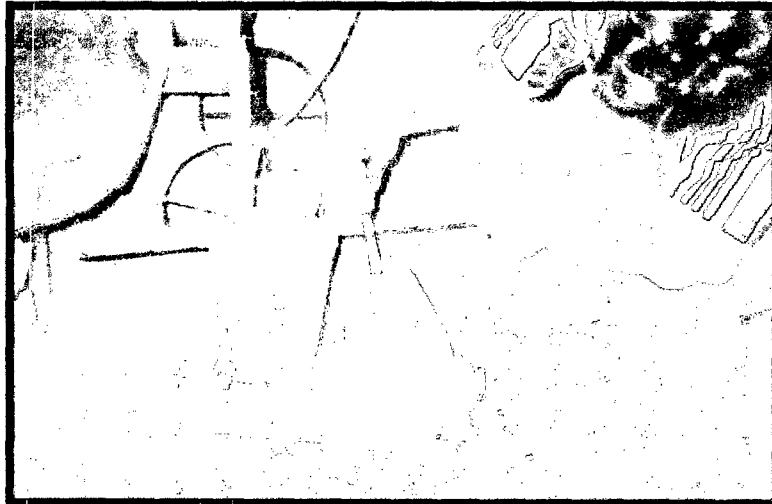
**Foto N°07 :** Una parte del agua de diseño que no fue mezclada con aditivos, se hecha a la mezcladora en movimiento, poco a poco teniendo en cuenta la consistencia del concreto dentro de esta. Esta habilidad se adquiere con la práctica.



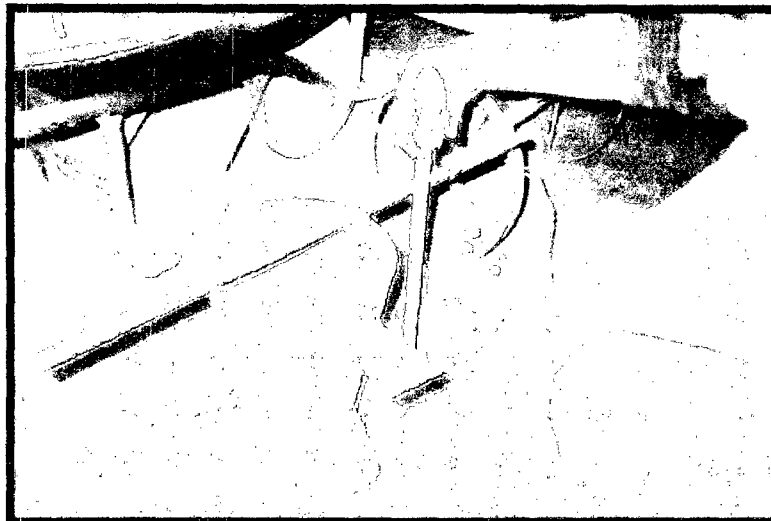
**Foto N°08 :** La buena consistencia de la mezcla con aditivo, en este caso el "Concreto RV", se puede observar desde que sale de la mezcladora a la carretilla. Además la mezcla es muy densa.



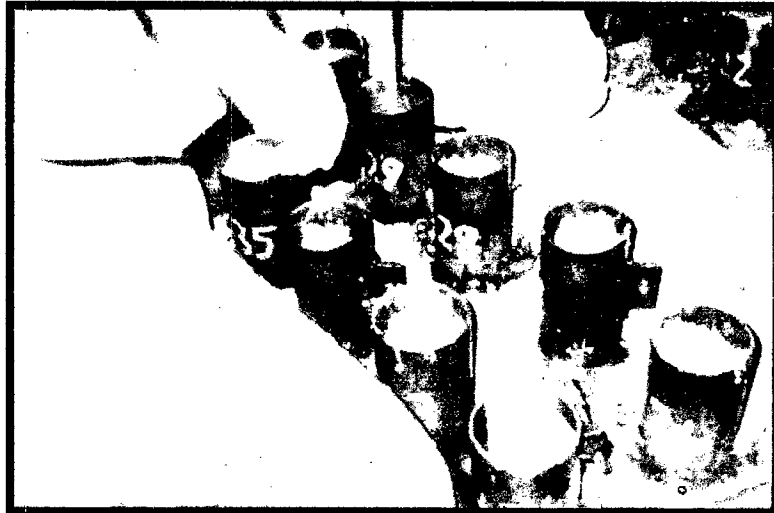
**Foto N°09 :** Ensayo del cono de Abrams : asentamiento del concreto patrón (3 pulgadas).



**Foto N°10 :** Ensayo del cono de Abrams : asentamiento del "Concreto RV" (9 pulgadas).



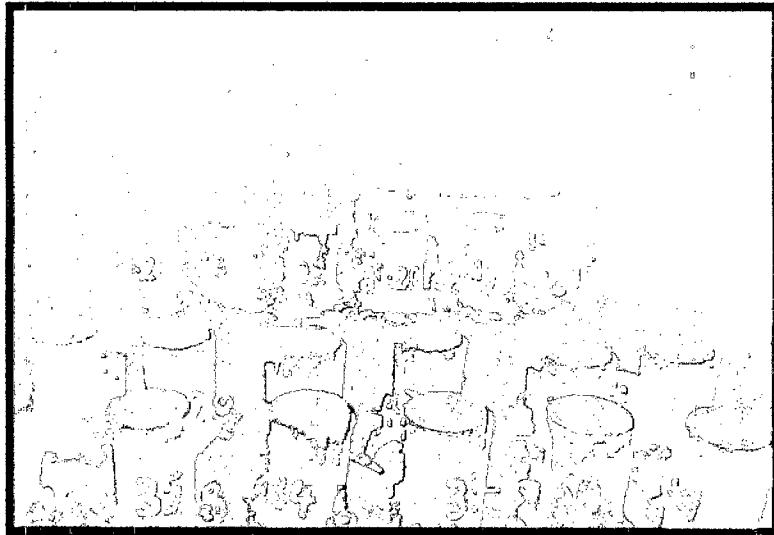
**Foto N°11 :** Vaciado del concreto en los moldes cilindricos de 4" x 8" .



**Foto N°12 :** Chuseado del concreto. Se hacen 3 capas de 25 golpes por capa, en cada molde.



**Foto N°13 :** Probetas cilíndricas ya enrazadas y terminadas.



**Foto N°14 :** Preparando los moldes de las vigas para el ensayo de flexión. Los moldes eran de 15 x 15 x 75 cm , pero se adaptaron para hacer vigas de 15 x 15 x 50 cm.



**Foto N°15 :** Vaciado ó Llenado de moldes de vigas con concreto, se emplea pala manual.



**Foto N°16 :** Chuseado de concreto en las vigas, se hace en 2 capas y con 54 golpes por capa para cada molde.

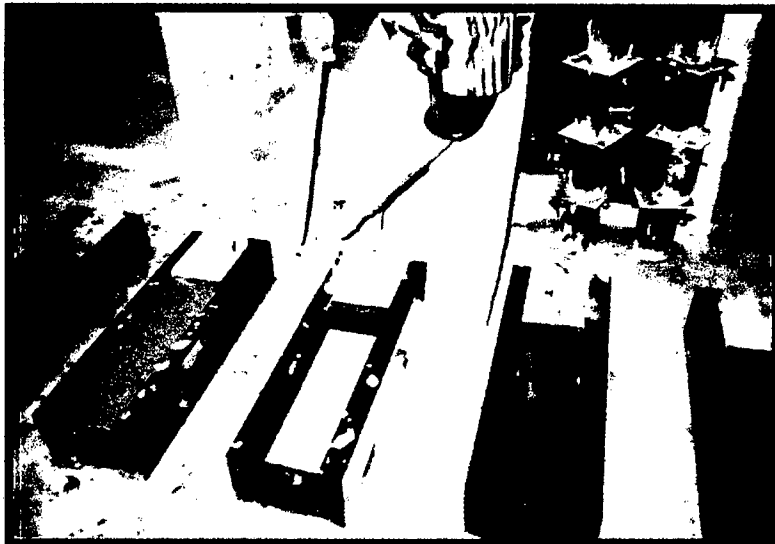


Foto N°17 : Colocación y toma de medida en la maquina de ensayo a flexión.

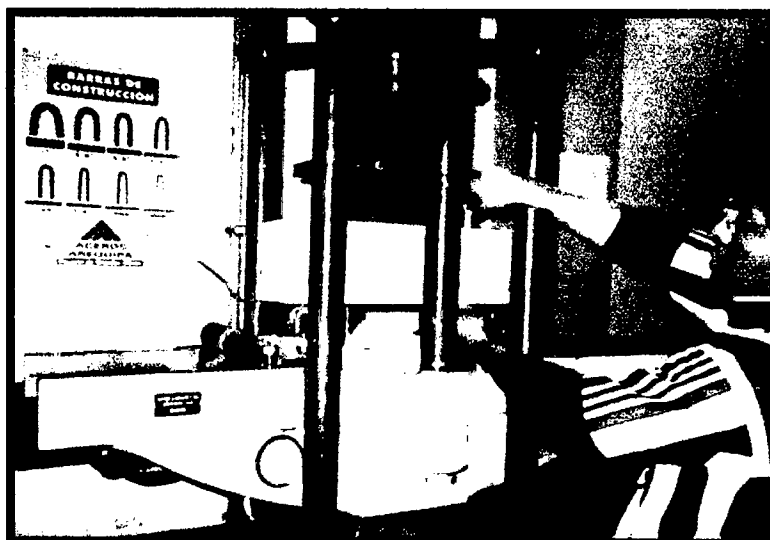
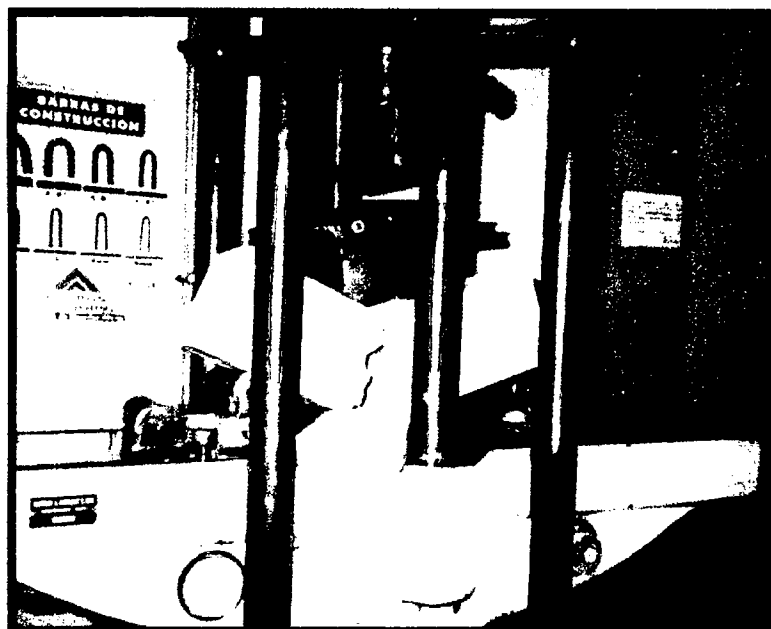


Foto N°18 : Falla y ruptura de viga sometida al ensayo de flexión.

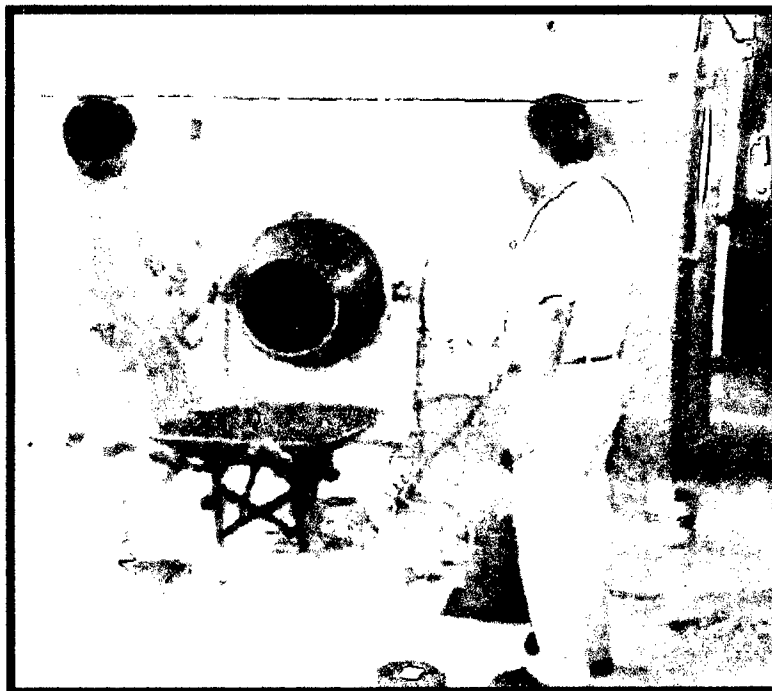




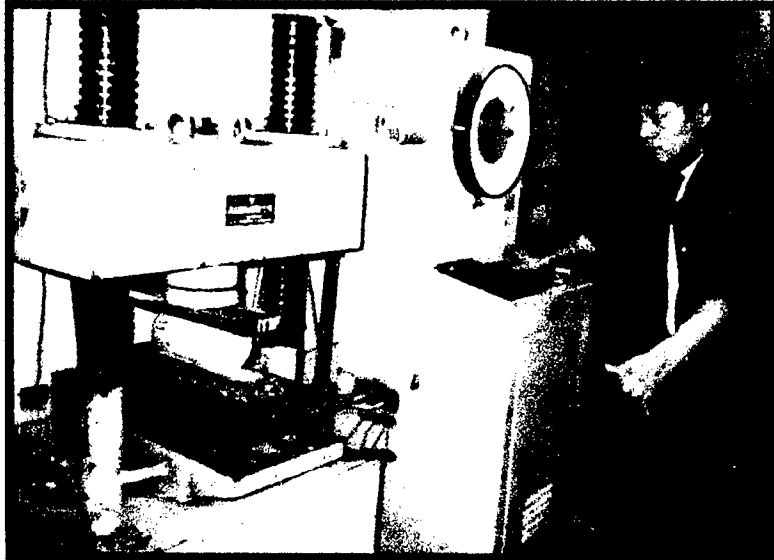
**Foto N°19 :** Las fallas se produjeron en el tercio central para vigas sometidas al ensayo de flexión. Aquí se muestra un acercamiento.



**Foto N°20 :** Supervisando el Ing. Carlos Barzola, mi asesor de tesis. Siempre presto a resolver cualquier consulta.



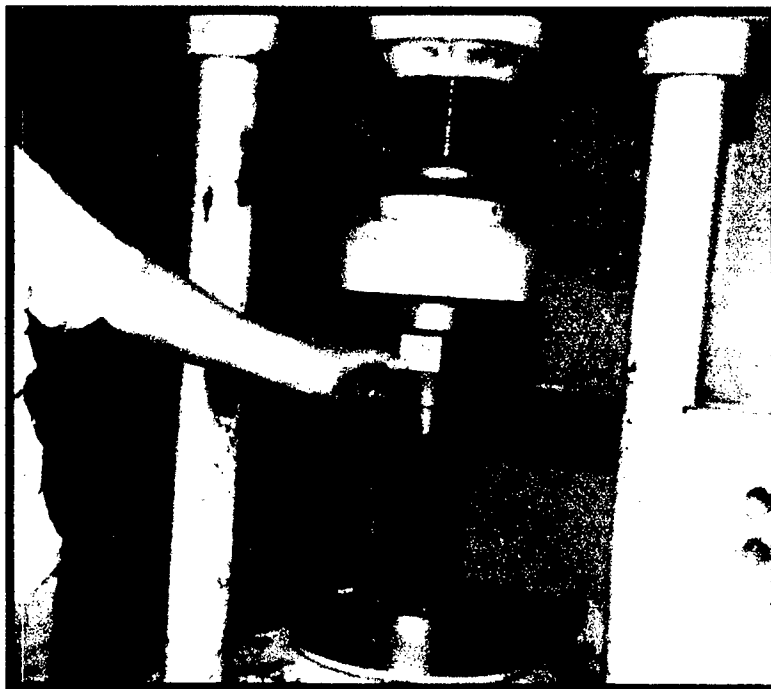
**Foto N°21 :** Ensayo de tracción diametral.



**Foto N°22 :** Ensayo con de tracción con éxito, la rotura se produce en el plano que corta a la probeta cilíndrica en su diámetro, verticalmente.



**Foto N°23 :** Colocando el cubo de mortero de 2" x 2" , en la maquina de compresión. Esto se hizo para estudiar la ceniza volante adquirida.



**Foto N°24 :** Ensayo de compresión de los cubos de mortero para el estudio de la ceniza volante adquirida. Se contó con la ayuda del Sr. Ruiz tecnico del LEM.



**Foto N°25 :** Ensayo de contenido de aire para el concreto fresco. Se puede ver el equipo tipo Washington empleado par aeste ensayo, con el molde y tapa metalicos y demas accesorios.



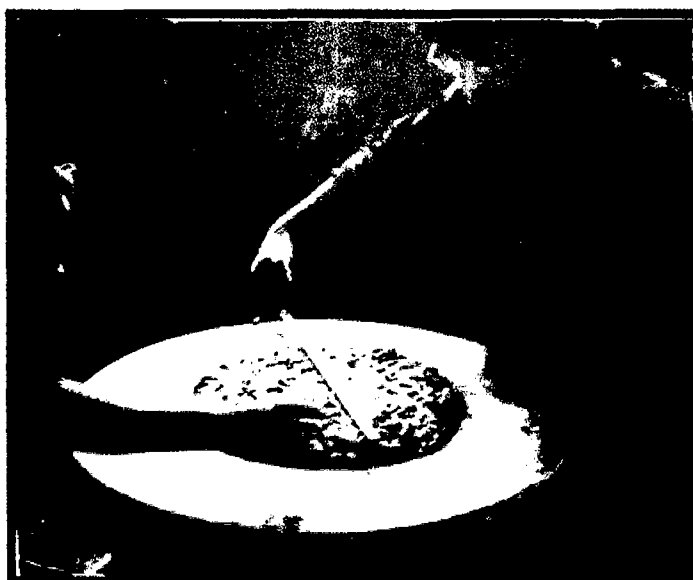
**Foto N°26 :** Tomando lectura del contenido de aire, según lo que indica el equipo tipo Washington.



**Foto N°27 :** Ensayo de fluidez para le concreto fresco, se emplea el molde tronco conico, y se realiza sobre la mesa de zacudidas que se observa en la foto. Aparece ayudando el Sr. Guido tesista del LEM.



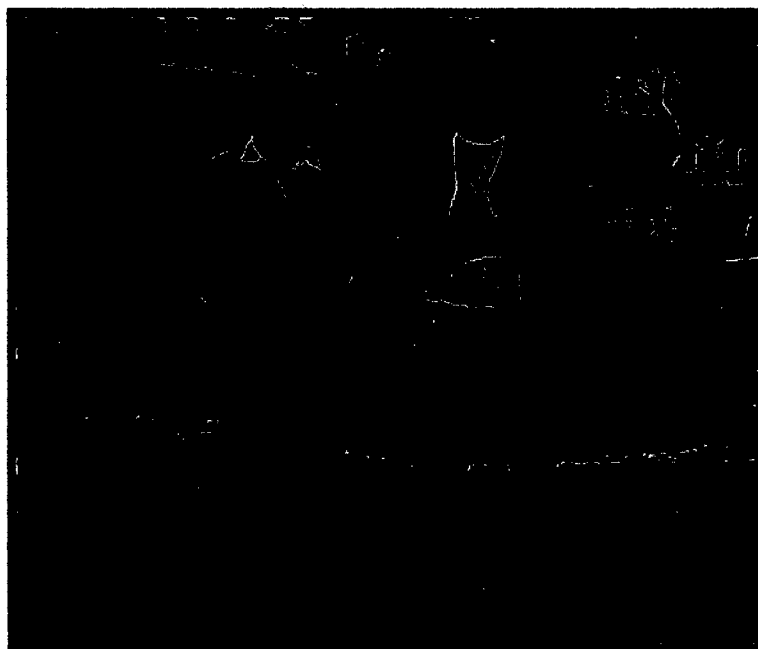
**Foto N°28 :** Tomando lectura del diámetro del concreto fresco luego de ser sometido al ensayo de fluidez, sobre la mesa de sacudidas.



**Foto N°29 :** Tomando lectura del peso del concreto con el balde de ½ pie cubico, para el ensayo de peso unitario del concreto fresco.



**Foto N°30 :** Foto del recuerdo: Apece el Ing. Carlos Barzola Gastelu, asesor de esta tesis, y el autor de esta tesis Bach. Fernando Huaycho Suclupe.



**Foto N°31 :** Foto del recuerdo : Aparecen los tecnicos del LEM, en ese orden de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo: El Sr. Daniel, el autor, el Sr. Montes, el Sr. Ruiz, el Sr. Pool y el Sr. Gonzalo.



**Foto N°32 :** MI PADRE Y YO NOS DESPEDIMOS, ¡GRACIAS POR TODO Y CONSERVEN SIEMPRE EL BUEN HUMOR !.

