TESIS
IC2004
I3

HA9546

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

# INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ACELERADORES DE FRAGUADO EN LA CALIDAD DEL CONCRETO PROYECTADO. CASO TÚNEL YACAMBÚ.

REALIZADO POR — Giomar Iglesias M.
Luis A. Zoccatelli C.

PROFESOR GUIA — Ing. Rafael Guevara B.

FECHA — Caracas, Septiembre de 2004

# UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

## ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS ACELERADORES DE FRAGUADO EN LA CALIDAD DEL CONCRETO PROYECTADO. CASO TÚNEL YACAMBÚ.**

**Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado:** .....

J U R A D O  E X A M I N A D O R

| | | |
|---|---|---|
| Firma: | Firma: | Firma: |
| Nombre: ..... | Nombre: ..... | Nombre: ..... |


REALIZADO POR — Giomar Iglesias M.
Luis A. Zoccatelli C.

PROFESOR GUIA — Ing. Rafael Guevara B.


FECHA — Caracas, Septiembre de 2004

**AGRADECIMIENTOS**

A nuestros padres por su apoyo incondicional.

A nuestros compañeros de Universidad por sus consejos, amistad y apoyo durante toda nuestra carrera.

A nuestros amigos por darnos su amistad incondicional, ayuda y ánimos en los momentos que más lo necesitamos.

A los Ing. Rafael Guevara Briceño, José Ochoa, Iván Perozo, Jesús Carrero y Rafael Carrero, por toda su valiosa dedicación, tiempo y ayuda dada para la realización del presente trabajo.

Al personal que trabaja en el Sistema Hidráulico Yacambú-Quibor por su colaboración.

También quisiéramos agradecer a Dayana que siempre colaboro en darnos información sobre todo lo relacionado con la Tesis y por siempre ser tan atenta durante toda la carrera.

Gracias a Todos

## ÍNDICE


| | Pg. |
|---|---|
| Lista de tablas y figuras | I |
| Sinopsis | IV |
| **Introducción** | 1 |
| **1. Proyecto "Yacambú-Quibor"** | |
| 1.1 Obras de trasvase | 3 |
| 1.2 Obras de regulación | 4 |
| **2. El concreto proyectado** | |
| 2.1 Aspectos generales | 5 |
| 2.2 Reseña histórica | 5 |
| 2.3 Aplicación y justificación del concreto proyectado | 6 |
| 2.4 Componentes de la mezcla de concreto proyectado | 8 |
| 2.4.1 Cemento | 9 |
| 2.4.2 Agregados | 9 |
| 2.4.3 Agua | 10 |
| 2.4.4 Aditivos | 10 |
| 2.4.5 Fibras de acero o sintéticas | 11 |
| 2.4.6 Microsílica | 12 |
| 2.5 Métodos de colocación del concreto proyectado | |
| 2.5.1 Método Vía Seca | 13 |
| 2.5.2 Método Vía Húmeda | 14 |
| 2.6 Control de calidad del concreto proyectado | 15 |
| 2.7 Normas de evaluación para el concreto proyectado | 19 |

**3. Proceso de fabricación y colocación del concreto proyectado en el túnel**

3.1 Fabricación..... 21

3.2 Transporte..... 22

3.3 Colocación..... 23

**4. Aditivos**

4.1 Aspectos generales..... 26

4.2 Reseña histórica..... 26

4.3 Tipos de aditivos

4.3.1 Aceleradores..... 28

4.3.2 Inclusores de aire..... 28

4.3.3 Retardadores..... 29

4.3.4 Plastificantes..... 30

4.3.5 Superplastificantes..... 30

4.3.6 Puzolanas..... 31

4.3.7 Estabilizadores de asentamiento..... 32

**5. Aditivos aceleradores de fraguado**

5.1 Aspecto general..... 33

5.2 Tipos de aditivos aceleradores.

5.2.1 Aluminatos..... 34

5.2.2 Silicatos sódicos..... 35

5.2.3 Libres de Álcali-No Cáusticos..... 35

**6. Investigación del comportamiento del concreto con aditivos aceleradores de fraguado**

6.1 Materiales utilizados en las mezclas a ensayar..... 37

6.2 Diseño de mezcla..... 41

6.3 Ensayos

6.3.1 Ensayo para asentamiento de concreto..... 44

6.3.2 Ensayo para la determinación del tiempo de fraguado por la aguja de Vicat..... 49

6.3.3 Ensayo de resistencia a la penetración..... 51

6.3.4 Ensayo de resistencia a la compresión..... 52

6.4 Tiempo de fraguado. Resistencias iniciales (primeras 24 horas). Resultados y análisis

6.4.1 Tiempo de fraguado..... 56

6.4.2 Resistencias iniciales (primeras 24 horas)..... 58

6.5 Resistencia a la compresión. Resultados y análisis..... 64

6.6 Estimación de costo cemento-aditivo acelerador de fraguado..... 75

**Conclusiones y Recomendaciones**..... 81

**Bibliografía**..... 85

**Anexos**..... 89

Anexo 1 Fotografías

Anexo 2 Agregados

Anexo 3 Tipos de soporte para el Túnel de trasvase

Anexo 4 Cartas de propuesta técnica de casas de aditivos

Anexo 5 Resultados de los ensayos

Anexo 6 Normas ASTM y Covenin

Anexo 7 Cartas Técnicas de aditivos

## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

**TABLAS** **Pg.**


6.1 Gradación del agregado para el concreto proyectado..... 38

6.2 Aditivos y tipos de mezclas utilizados en los ensayos de la Investigación..... 41

6.3 Dosificación para 1 $m^3$ de mezcla para ser proyectado. Diseño H400MR1..... 42

6.4 Asentamientos de mezcla de concreto de 80 lts con aditivos **SIKA**..... 45

6.5 Asentamientos de mezcla de concreto de 80 lts con aditivos **Tecnoconcret** mezcla tipo 1..... 46

6.6 Asentamientos de mezcla de concreto de 80 lts con aditivos **Tecnoconcret** mezcla tipo 2..... 47

6.7 Asentamientos de mezcla de concreto de 80 lts con aditivos **MBT** mezcla tipo 1..... 48

6.8 Tiempos de fraguado exigidos en concreto proyectado para el Túnel "Yacambú-Quibor"..... 49

6.9 Requerimiento mínimo de resistencia a la compresión según especificaciones técnicas de S.H.Y.Q..... 52

6.10 Dimensiones de bandejas para el vaciado de mezclas de concreto a ensayar..... 54

6.11 Tiempo de fraguado inicial y final de pasta de cemento con aditivos de la casa **Tecnoconcret**..... 57

6.12 Tiempo de fraguado inicial y final de pasta de cemento con aditivos la casa **MBT**..... 57

6.13 Resistencias a la compresión (Kg / $cm^2$) (primeras 24 horas)..... 59

6.14 Requerimiento mínimo de resistencia a la compresión (primeras 24 horas) según especificaciones técnicas de SHYQ..... 61

6.15 Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos **Sika**..... 62

6.16 Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos **MBT 1**..... 63

6.17 Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos **MBT 2**..... 64

6.18 Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos **Tecnoconcret 1**..... 65

6.19 Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos **Tecnoconcret 2**..... 66

6.20 Resistencias iniciales (Kg / $cm^2$) de mezcla de concreto con aditivos de la casa **Tecnoconcret**..... 69

6.21 Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas ensayadas..... 69

6.22 Porcentaje de reducción de la resistencia según aditivo y dosis..... 71

6.23 Resistencias a la compresión de mezclas con una dosis de acelerador de 5% del peso del cementante..... 72

6.24 Resistencias de diseño (Kg/$cm^2$) para las muestras patrón necesarias para lograr una resistencia de 400 Kg/$cm^2$ a los 28 días al añadirles a estas aditivos aceleradores de fraguado..... 73

6.25 Costo de aditivo acelerador..... 75

6.26 Comparación de costo de cemento y aditivo acelerador para cada una de las opciones de mezclas propuestas..... 76

**FIGURAS** **Pg.**


6.1 Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos **Sika**..... 62

6.2 Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos **MBT1**..... 63

6.3 Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos **MBT2**..... 64

6.4 Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos **Tecnoconcret 1**..... 65

6.5 Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos **Tecnoconcret 2**..... 66

6.6 Resistencia a la compresión a los 28 días a diferentes dosis de las alternativas de mezclas de las casas **SIKA, Tecnoconcret y MBT**..... 70

6.7 Desarrollo de Resistencia a la compresión para todas las marcas de aceleradores con una dosis de 5 % de acelerador con respecto al cementante..... 72

6.8 Gráfica de resistencias necesarias ($Kg/cm^2$) para las muestras patrón para lograr una resistencia de 400 $Kg/cm^2$ a los 28 días al añadirles a estas aditivos aceleradores de fraguado..... 74

6.9 Comparación de costo de cemento más aditivo acelerador para los diferentes tipos de mezclas..... 77

## SINOPSIS

El objetivo del presente trabajo es estudiar el comportamiento de mezclas de concreto proyectado con aditivo acelerador de fraguado, con la finalidad de proponer cuál puede ser la mejor opción de aditivo ha utilizar en la obra del túnel de trasvase del Proyecto Yacambú-Quibor.

El trabajo se basa en una parte experimental la cual tiene como objetivo el estudio de la influencia de tres tipos de aditivos aceleradores de las más reconocidas casas de aditivos. Los ensayos y el diseño de mezcla de concreto proyectado utilizado son los correspondientes al túnel de trasvase Yacambú-Quibor. Se utilizan muestras de concreto a las que solo se les varía la dosis de aditivo acelerador en base al peso del cementante, con la finalidad de evaluar su comportamiento en cuanto a su resistencia a la compresión a los 28 días y durante el fraguado. Los resultados obtenidos se comparan con los de la muestra patrón (mezcla sin aditivo acelerador), tanto en los ensayos de tiempo de fraguado como en los de resistencia a la compresión con la finalidad de conseguir la mejor relación aditivo-dosis para la obra del túnel de trasvase del proyecto Yacambú-Quibor.

Los resultados arrojados por los ensayos demostraron que los aditivos aceleradores de fraguado reducían la resistencia del concreto comparada a la muestra patrón. Esta reducción se apreció a partir de las 24 horas de edad. También se verificó que los aceleradores de fraguado reducían el tiempo de fraguado de horas a minutos.

La opción de mezcla más conveniente por producir menos pérdida de resistencia al concreto y por costo acelerador - cemento mas bajo resulto ser la de la casa **Tecnoconcret** mezcla tipo 2 seguida por la opción de mezcla de la casa **MBT** mezcla tipo 1.

## INTRODUCCIÓN

Una de las mayores consideraciones para el diseño de obras subterráneas es la selección de un soporte adecuado para el terreno excavado, donde el tipo de soporte depende principalmente del comportamiento del terreno y de la geometría de excavación; y donde la estabilidad de la excavación se basa, entre otras, en la durabilidad del soporte y su interacción con el macizo.

El concreto proyectado es una técnica de construcción utilizada principalmente para resolver problemas de estabilidad en túneles y otras construcciones subterráneas , tanto que mas del 90% de todo el concreto proyectado utilizado esta destinado al soporte inicial de rocas del terreno recién excavado; por esto el desarrollo de altas resistencias iniciales es fundamental en el concreto proyectado.

El uso de aceleradores de fraguado es una necesidad en mezclas de concreto proyectado que requieran altas resistencias iniciales para efectuar trabajos subterráneos, como es el caso del túnel de trasvase del Proyecto Yacambú-Quibor.

Cabe destacar que las mezclas de concreto requieren adicionalmente, el uso de aditivos superplastificantes y retardadores de asentamiento. En el caso específico del túnel de trasvase Yacambú-Quibor, el problema del tiempo de viaje hasta el frente de trabajo y los cambios bruscos de temperatura a los que esta expuesto el concreto, pueden ser solucionados con el uso de estos aditivos.

En este trabajo se hace una evaluación de la influencia de los aditivos aceleradores de fraguado en el comportamiento del concreto proyectado (Vía húmeda) tanto en estado fresco como en estado endurecido. Para ello se realizan ensayos de tiempo de fraguado y de resistencia a la compresión a los 28 días, utilizando tres marcas de aditivos aceleradores.

La investigación se basa en el diseño de mezcla utilizado en el túnel, variando únicamente la dosis de aditivos acelerador en base al peso del cementante y los resultados obtenidos de los ensayos son comparados con la muestra patrón (sin aditivo acelerador) con la finalidad de observar de forma mas precisa el efecto de los aditivos sobre el concreto en sus respectivas dosis.

El presente estudio se encuentra estructurado en seis capítulos. En los capítulos 1, 2, 3, 4, y 5 se definen los conceptos fundamentales para el desenvolvimiento del mismo. El capítulo 6 comprende la descripción de la parte experimental de la investigación; se presentan y discuten los resultados obtenidos. Finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

# 1. EL PROYECTO "YACAMBÚ-QUIBOR"

El Proyecto *YACAMBÚ-QUIBOR* surge por las necesidades de agua para consumo urbano e industrial de la ciudad de Barquisimeto y para riego del Valle de Quibor.

El proyecto propone aprovechar mediante un embalse las aguas del río Yacambú, ubicado al sur de la Sierra de Portuguesa en una zona de altas precipitaciones (más de 2.000 milímetros al año), y trasvasar mediante un túnel las aguas almacenadas hacia el norte de la Sierra, donde las precipitaciones son cinco veces menores.

## 1.1 OBRA DE TRASVASE

Están constituidas por el túnel de trasvase y la ventana inclinada. El túnel de trasvase se extiende desde la cuenca del río Yacambú hasta el Valle de Quibor y tiene una longitud de 24,3 Kilómetros, con un diámetro medio de 4,00 metros y con una capacidad hidráulica media de 11 $m^3$/seg.

La construcción del túnel de trasvase es la parte de mayor complejidad del proyecto, debido a la variabilidad geotécnica de las rocas localizadas a lo largo de este. Como consecuencia, la selección y adaptación de los soportes y sistemas de excavación ha sido una tarea de gran dificultad, a fin de lograr un equilibrio razonable entre la condición geotécnica, el rendimiento, la seguridad y los costos.

## 1.2 OBRAS DE REGULACIÓN

Las obras de regulación del proyecto están conformadas por la presa "Ing. José Maria Ochoa Pile", el aliviadero, los túneles de desvío, la descarga de fondo, la berma estabilizante, las galerías de drenaje, la cortina de inyecciones, los anclajes del estribo y una presa de RCC (concreto compactado) para el control de la erosión durante el período de construcción.

# 2. EL CONCRETO PROYECTADO

## 2.1 ASPECTOS GENERALES

"Se denomina concreto proyectado, concreto lanzado, shotcrete o gunita, a un concreto que se dispara a través de una boquilla por medio de aire a presión y al chocar sobre una superficie, la cubre y se adhiere a ella" (referencia [5] ).

Entre sus aplicaciones principales se encuentra las construcciones subterráneas, tales como túneles y galerías mineras.

La ventaja de este método de construcción se basa en las características de flexibilidad, rapidez, versatilidad y economía.

## 2.2 RESEÑA HISTÓRICA

La tecnología del concreto proyectado tuvo su origen a comienzos de siglo, cuando el doctor Cal Ethan Akeley, naturalista norteamericano, reparaba el museo abierto de ciencias naturales de Chicago. En esa ocasión, el científico inventó una máquina de doble cámara presurizada para proyectar mortero por vía seca, en la que el agua era acondicionada en la boquilla a fin de humedecer el material antes de su consolidación neumática en la superficie en que se aplicaba. Su finalidad era construir modelos de dinosaurios, ya que con el cimbrado convencional no podía lograr las formas irregulares de los músculos de estos animales. El proceso fue patentado por la *Cement-Gun* en el año 1907 con el nombre de *Gunite.*

En la década de los treinta surgió el término Shotcrete, empleado por la *American Raitway Engineering Association* para describir el proceso de Gunita, y es el término que actualmente se utiliza en los Estados Unidos para referirse a morteros y concretos proyectados.

En los años cincuenta se creó en Estados Unidos la máquina de Rotor, posteriormente se perfeccionó en Suiza y permitió la incorporación de agregado grueso en la mezcla. Este sistema es el que predomina en las máquinas actuales de colocación de concreto por vía seca debido a su alto rendimiento, solidez y facilidad de operación.

Las máquinas de concreto proyectado por vía húmeda se desarrollaron en los cuarenta.

Hoy día, la tecnología del concreto proyectado continúa desarrollándose gracias a la creación de nuevos aditivos superplastificantes, el humo de sílice, fibras, materiales refractarios, máquinas de control remoto, etcétera. Responde así a nuevos y mayores retos ingenieriles, ampliando su uso para diversos tipos de obras.

## 2.3 APLICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL CONCRETO PROYECTADO

La gran cantidad de ventajas que ofrece el concreto proyectado en lugar del concreto convencional como proceso de construcción junto a los avances logrados en los equipos, materiales y conocimientos han convertido a éste método en una herramienta importante para la variedad de trabajos como reparaciones y nuevas construcciones.

Entre las características que hacen que el concreto proyectado sea un método constructivo ventajoso, se encuentran:

- La alta compactación y durabilidad.
- La baja relación agua/cemento.
- La buena adherencia.
- La eliminación parcial o totalmente del empleo de encofrados.
- La versatilidad con el cual logra una excelente unión con el concreto convencional, acero, madera y otros.
- Adaptación a las formas estructurales más caprichosas.
- La extrema flexibilidad del material con respecto a otras técnicas.
- Posibilidad de tapar rápidamente las filtraciones (túneles).

Por otra parte, como consecuencia de estas ventajas el concreto proyectado ofrece la posibilidad de una amplia variedad de aplicaciones, entre las que están:

- El revestimiento de canales, depósitos y estanques de almacenamiento.
- La estabilización de taludes.
- La construcción de estructuras marinas.
- Las reparaciones de estructuras.

La aplicación más importante del concreto proyectado se encuentra en las construcciones subterráneas; tales como, construcción de túneles y operaciones mineras. Esta técnica también es clave para el soporte de rocas, tanto así que el 90% del concreto proyectado está destinado a éste fin.

Cabe destacar que el concreto proyectado ofrece grandes resistencias mecánicas y posee un gran potencial de durabilidad debido a su gran compacidad que se obtiene por la energía de impacto.

A su vez, las propiedades del concreto proyectado son determinadas por las propias características de su procedimiento de ejecución que están íntimamente ligadas a algunos factores como: la composición de la mezcla, la relación agua/cemento, el tratamiento previo de la superficie, la experiencia del operador de la boquilla, la velocidad de impacto de la mezcla proyectada y la estructura e inclinación de la superficie de aplicación.

## 2.4 COMPONENTES DE LA MEZCLA DEL CONCRETO PROYECTADO

La calidad del concreto proyectado se debe en gran parte a los materiales que componen la mezcla de concreto por esto deben cumplir ciertas especificaciones las cuales describen las características que deben poseer los componentes para producir un concreto de alta calidad

El concreto utilizado en Sistema Hidráulico Yacambú-Quibor debe cumplir con todos los requerimientos de la norma ACI 506 de concreto proyectado, en estas normas se especifican todos los componentes; tipo y proporciones de los agregados y su granulometría, tipo de aditivos, modos de colocación y condiciones ambientales. Lo que se quiere con esto, es mantener una continuidad en el concreto que se obtiene a largo plazo.

La descripción de los materiales y sus especificaciones son los siguientes:

### 2.4.1 Cemento

Para la elaboración del concreto proyectado la norma ACI 506 señala que el cemento debe ser del Portland del tipo I y este debe cumplir con las especificaciones ASTM C-150.

En el caso de que el concreto vaya a estar expuesto a condiciones de suelos o aguas freáticas con altos contenidos de sulfatos disueltos deberán utilizarse cementos resistentes a los sulfatos como lo es el Pórtland tipo II.

### 2.4.2 Agregados

El agregado es una mezcla de arenas y gravas con un tamaño máximo de 3/8".

Es de gran importancia que los agregados tengan las siguientes características:

- El agregado debe ser bien gradado y no mostrar segregación.
- Buena resistencia y durabilidad.
- Deben estar libres de impurezas.

De acuerdo con la norma ASTM C 33-ACI 506 R-11.

La evaluación de la calidad de los agregados se debe realizar antes de ser utilizados para preparar la mezcla e igualmente se debe evaluar la calidad de los agregados durante su utilización es decir mediante ensayos del concreto colocado.

Cabe destacar que si el control en la extracción, el almacenamiento y el transporte de los agregados es irregular, no se podrá garantizar la calidad de estos y en consecuencia la del concreto que sea elaborado con estos agregados.

Es necesario tener en cuenta las especificaciones de la norma que establecen los límites de las características de los agregados que si no se cumplen pueden producir problemas en la calidad del concreto.

### 2.4.1 Agua

El agua en la mezcla se compone del agua de adición y de la humedad natural de los agregados.

El agua que se utilice para preparar la mezcla de concreto no deberá contener materias orgánicas o inorgánicas en cantidades que afecte la resistencia, durabilidad o cualquier otra cualidad del concreto y del acero, es decir el agua debe ser potable y estas serán admisibles sin necesidad de ensayo previo.

### 2.4.2 Aditivos

Los aditivos son sustancias que en proporciones determinadas, modifican ciertas propiedades del concreto de manera de mejorar estas propiedades.

Algunas de las recomendaciones tanto de las normas ACI 506 como la de los fabricantes de aditivos son:

- Los aditivos a ser utilizados en concreto proyectado deben ser probados antes de ser utilizados en la aplicación a gran escala para determinar las ventajas y los efectos que se desean obtener.
- Los aditivos de diferentes fabricantes no deben unirse tanto no se haya comprobado su compatibilidad acorde a las cartas técnicas de los aditivos.

En las especificaciones técnicas de sistema Yacambú-Quibor se recomienda el uso de aditivos aceleradores libres de álcali para asegurar un ambiente de trabajo seguro. En el aparte 4 se estudiaran los aditivos detalladamente.

### 2.4.5 Fibras de acero o sintéticas

El concreto proyectado es un material frágil que no resiste los esfuerzos de tracción presentando agrietamiento, por esto es necesario reforzarlo con fibras que le proporciona ductilidad al concreto.

Los tipos de fibras mas usados en el concreto proyectado debido a sus ventajas son las de acero y las sintéticas. Las fibras utilizadas en el concreto proyectado deben estar conformes con las normas ASTM.

Una de las ventajas mas importantes de las fibras metálicas es que estás proporcionan una mejora en la resistencia final a la flexión al concreto proyectado. Cuando se utiliza este tipo de fibras, se requiere que la mezcla contenga microsílica esto para lograr mayor adherencia entre el acero y la matriz de concreto; también se requiere un aumento del material fino y de superplastificantes para aumentar el asentamiento. Otro aspecto que debe

tenerse en cuenta con el uso de fibras de acero es que nunca debe utilizarse la proyección por vía seca cuando estas se adicionan al concreto debido al alto rebote de estas.

Las fibras sintéticas a pesar de ser resistentes, poseen propiedades mecánicas similares a las del concreto por lo que no son apropiadas para el uso en soporte de rocas. Estas fibras son aplicables en casos en los que se requiere contrarrestar la contracción del concreto.

Las fibras de refuerzo para concreto proyectado son un material novedoso que tienen gran importancia en aplicaciones de soporte de rocas ya que mejoran las propiedades mecánicas del concreto proyectado.

### 2.4.6 Microsílica

La microsílica es un subproducto de la industria del silicio, la cual se obtiene de los gases de los hornos donde se realiza la reducción del cuarzo por carbón.

La microsílica al ser adicionada al concreto, trae una serie de ventajas entre las que cuentan las siguientes:

- Mayor resistencia a la compresión y flexión.
- La reducción del rebote.
- El incremento al ataque químico (sulfatos, cloruros).

Las adiciones de microsílica deben cumplir con los requisitos de las normas ASTM C-618. ACI 506.

## 2.5 MÉTODOS PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO PROYECTADO

El concreto proyectado se clasifica de acuerdo al procedimiento de mezclado, en mezclas por **Vía Seca o Vía Húmeda.**

Ambos métodos tienen sus ventajas y desventajas y la selección de uno u otro, dependerá de los requisitos del proyecto y de la experiencia del personal encargado de ejecutarlo.

### 2.5.1 Método por Vía Seca

Este método consiste en mezclar previamente los agregados y el cemento, de manera homogénea para luego ser introducido en el equipo de lanzado y mediante la utilización de aire comprimido, es transportado a través de una manguera hasta la boquilla de lanzamiento.

Entre algunas de las ventajas de éste método encontramos la fácil manipulación, la accesibilidad a transportar la mezcla a largas distancias, los bajos costos de mantenimiento de los equipos.

Todo proceso tiene sus desventajas; las del método por Vía Seca son:

- El alto costo operativo debido al desgaste y daños en la maquinaria.
- La formación de polvo que es especialmente perjudicial para el personal.
- El rebote relativamente alto comparado con el proceso de Vía Húmeda (En la proyección vía seca se pierde entre 15 y 35% del concreto en

aplicación vertical o en clave mientras en la proyección por vía húmeda se pierde entre 5 y 10% del concreto).

De todas formas hoy en día existe un gran conocimiento de la técnica, el éxito de su aplicación dependerá de la selección de materiales, equipos y técnicas de aplicación combinadas de manera de alcanzar resultados satisfactorios en cuanto a economía y calidad.

### 2.5.1 Método por Vía Húmeda

El procedimiento de proyección Vía Húmeda es similar al de Vía Seca, la diferencia esta en que se añade el cemento, los agregados, agua, las fibras, y los aditivos exceptuando el acelerador en la mezcladora hasta conseguir una mezcla homogénea, con la trabajabilidad adecuada; en la boquilla solo se añade los aditivos aceleradores.

Las principales ventajas de este sistema son:

- Reducción del polvo, esto se traduce en mejores condiciones del ambiente de trabajo para el personal.
- Disminución del rebote en comparación con el método por vía seca.

Entre las desventajas que presenta el método están:

- La distancia de transporte de la mezcla esta limitada a un máximo de 300 metros aproximadamente.
- Mayor demanda en cuanto a la calidad de los agregados.

- El método requiere el uso de mayor cantidad de aceleradores de fraguado lo que puede ocasionar perdidas de resistencia final del concreto.

Los requerimientos del proyecto tales como las características operacionales y de colocación, son los que determinaran el uso de uno u otro método para una aplicación particular.

## 2.6 CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO PROYECTADO

El concreto proyectado al ser un método de colocación de concreto particular, requiere una atención cuidadosa desde los detalles del diseño de la mezcla hasta su colocación para asegurar que el producto final funcione tal como ha sido diseñado y que sea durable.

El control de calidad no solo incluye los ensayos si no también la supervisión constante durante cada fase de su fabricación, transporte y aplicación.

Según la norma ACI 506.2 se deben tener en cuenta los siguientes procedimientos para obtener un concreto de calidad:

❖ <u>Diseño y control de calidad</u>

El diseño apropiado de la mezcla es el factor más importante para obtener una aplicación exitosa. Este diseño puede ser empírico o bien de acuerdo a los procedimientos analíticos los cuales determinan las proporciones que deben tener los materiales que forman la mezcla.

El control de calidad garantiza que los materiales que componen la mezcla sean según lo especificado en el diseño.

- Materiales

El origen de los materiales de la mezcla debe ser sometido a la aprobación del supervisor encargado para tal fin.

Las proporciones de la mezcla pueden ser definidas según las especificaciones establecidas o pueden ser seleccionadas por el contratista para producir un diseño con una resistencia específica o alguna otra propiedad.

Las especificaciones de los materiales que componen la mezcla de concreto proyectado están definidas en la norma ACI 506.2.

- Equipos utilizados para la colocación

Los equipos tales como las mezcladoras, los compresores, las mangueras, las boquillas de lanzamiento y el brazo robot deben ser mantenidas, calibradas, revisadas, limpiadas de manera frecuente y adecuada para que el funcionamiento de estos sea apropiado (Ver Foto # 5, 7, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 38 Anexo 1).

- Calificación del personal de lanzado

Contar con personal de lanzado calificado es una pieza clave para una excelente calidad final del concreto proyectado ya que este método requiere de un alto grado de pericia y responsabilidad del lanzador.

Para la evaluación y entrenamiento para el personal existe una guía del ACI que certifica a los lanzadores de concreto la cual es una herramienta de entrenamiento y de seguimiento al personal involucrado en el proyectado.

Es importante que el lanzador tenga experiencia comprobada en trabajos de concreto proyectado de aceptable calidad o similar a la que se requiere.

- Técnicas de colocación

Uno de los factores mas importantes que deben ser considerados en el concreto proyectado es la colocación de este. Si el control de calidad es adecuado en todos los aspectos menos en la colocación, el producto resultante será poco satisfactorio.

La técnica de la manipulación de la boquilla es una de las operaciones más importantes luego de haber optimizado el diseño de mezcla para obtener un concreto de alta calidad.

Una correcta manipulación de la boquilla reducirá el rebote que es un factor determinante en la calidad del concreto proyectado.

El factor más importante para operar de manera adecuada la boquilla y obtener la menor cantidad de rebote es el ángulo entre la boquilla y la superficie a proyectar. Este ángulo debe mantenerse perpendicular a la superficie pero nunca a menos de 45° de esta (Ver Foto # 36, 37 Anexo 1).

- Inspección

La implementación de los controles de calidad debe estar a cargo de un inspector altamente calificado, el cual debe conocer y comprender todas las facetas del trabajo de proyectado, especialmente las técnicas de aplicación. El inspector debe realizar inspecciones continuas a la obra prestando atención a los materiales, equipos, refuerzos, curado y acabado.

- Métodos de ensayo

Un aspecto importante para el control de calidad es la evaluación física del concreto proyectado antes, durante y después de su colocación. Los ensayos de resistencia a las muestras deben realizarse entre los 7 y 28 días.

Otros ensayos realizados son los de prueba de absorción de agua, retracción por secado. La aceptación de la calidad del concreto proyectado dependerá de los resultados obtenidos en los ensayos realizados a los núcleos.

Los ensayos para evaluar el concreto deben ser realizados de forma adecuada, siguiendo detalladamente sus métodos, ya que si son mal realizados se obtendrán resultados erróneos que pueden derivar en interpretaciones incorrectas de la calidad del concreto.

Los procedimientos anteriormente descritos deben ser realizados siguiendo las especificaciones de las normas, de igual manera es importante que el personal encargado de la supervisión de los procedimientos debe tener experiencia y un alto conocimiento de los elementos de diseño. La comunicación entre el equipo encargado del diseño con el de construcción desde la etapa del prediseño del proyecto hasta su culminación, asegurara que los controles de calidad se lleven a cabo correctamente.

## 2.7 NORMAS DE EVALUCIÓN PARA EL CONCRETO PROYECTADO

Un aspecto importante en el control de calidad del concreto proyectado es la evaluación física antes, durante y después de su aplicación.

Sistema Hidráulico Yacambú-Quibor realiza esta evaluación mediante los siguientes ensayos:

### A) Ensayo de la mezcla

Las mezclas tentativas que serán ensayadas deben ser hechas con los mismos componentes que la mezcla que se propone utilizar en la obra y deben ser aplicadas simulando las condiciones de campo como por ejemplo en paneles o en un falso túnel (Foto # 4, 22, 23, 25; Anexo 1) y de estos se extraerán los especimenes de ensayo de forma de cubo al fin de ser ensayos a las edades de 8 horas, 7 y 28 días para determinar su resistencia

Se debe procurar que el diseño de mezcla a ser utilizado en la obra sea lo más exacto posible al diseño de mezcla ensayado y que ha sido aprobado

de manera que los resultados esperados sean similares a los arrojados por los ensayos y por ende a los que se desean tener en obra.

## B) Ensayo durante la construcción

La evaluación y aceptación del concreto proyectado en el túnel se debe hacer en tramos de 9 metros y en cada uno de estos tramos se tomaran tres muestras ubicadas: una (1) en el hastial derecho, una (1) en el hastial izquierdo y una (1) en la bóveda.

Estas muestras, que serán ensayadas para determinar su resistencia, son denominadas núcleos y deben ser cuidadosamente tomadas y manejadas a fin de obtener núcleos adecuados, sin grietas y que sean representativos del concreto proyectado *in situ* (Foto # 26, 48 ;Anexo 1).

La aceptación o rechazo del concreto se hace en base a las especificaciones de control de calidad ACI-506.2-90, las cuales aplican los siguientes principios en cuanto a la resistencia a compresión de los núcleos tomados en sitio:

- El promedio aritmético de los tres núcleos tomados en cada tramo no deberá ser inferior al 85% del f´c indicado.
- Ninguno de los núcleos debe tener una resistencia inferior al 75% del f´c indicado.

Ambos requerimientos deben cumplirse simultáneamente.

# 3. EL PROCESO DE FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO PROYECTADO EN EL TÚNEL

La fabricación del concreto en la obra cumple con los requisitos especificados en la norma ACI 506. La disposición de la planta de concreto se encuentra de forma que la operación de transporte del concreto sea eficiente, de manera de reducir los movimientos de la maquinaria. La ubicación de la planta es esencial para que la operación de fabricación y transporte del concreto a ser proyectado en el túnel sea eficiente, apropiada, y económica.

## 3.1 FABRICACIÓN

La obra del túnel de Trasvase por el frente del portal de salida cuenta con una planta de concreto ubicada a unos 50 metros aproximadamente de la entrada del túnel (Foto # 1 ; Anexo 1).

La planta está constituida por las siguientes unidades:

- Área de almacenamientos de agregados (microsílicas, aditivos, arena, arrocillo o agregado grueso, cemento y agua).
- Tolvas (dos tolvas de arena y una tolva de arrocillo).
- Bandas transportadoras de agregados.
- Tasa de mezclado.
- Silos de cemento con capacidad de 40 toneladas (3 Silos).
- Planta básica de tratamiento de agua.

(Ver Foto # 2, 3, 41, 42, 43; Anexo 1).

La mezcla de concreto se realiza en la planta como se describe continuación:

- Se toma la humedad de la arena para efectuar la corrección de la cantidad de agua de diseño.
- Se especifica al personal de la planta la cantidad requerida de los agregados; éste cuantifica las pesadas de los agregados en la balanza bajo un comando digitalizado en planta.
- Se coloca la mitad de la cantidad necesaria de los agregados (arena y arrocillo) en la taza de mezclado, junto con el 90% de agua especificada en el diseño de mezcla y se agrega la microsílica manualmente.
- Se agrega el aditivo plastificante y se mezcla aproximadamente 20 segundos para luego adicionar el resto del agregado y la diferencia del agua especificada en el diseño.
- Se deja mezclar 2 minutos para bajar la mezcla a la tasa de recepción y de ésta se extrae la mezcla para colocarla en "los moranes".

(Ver Foto # 6, 39, 44, 45; Anexo 1).

## 3.2 TRANSPORTE

La producción o mezcla de concreto preparada en la planta se transporta en unos mezcladores llamados "moranes" los cuales son unos cilindros giratorios para transporte de concreto, tienen una capacidad de 6 $m^3$, son de activación mecánica-eléctrica y son transportados de la planta hasta el frente de trabajo por una locomotora ( Foto # 8, 34, 40 ;Anexo 1).

El frente de trabajo se encuentra a trece (13) kilómetros de distancia del portal de salida y el transporte se hace sobre rieles, esto hace que el tiempo que transcurre desde que se fabrica el concreto hasta el momento en

el que se dispone a realizar el proyectado sea de aproximadamente dos (2) horas, por lo cual es necesario añadir a la mezcla aditivos superplastificantes y estabilizadores de asentamiento para poder garantizar características del concreto que permita su lanzado apropiado en el frente.

## 3.3 COLOCACIÓN

La construcción de un túnel bajo una gran cobertura y con condiciones geotécnicas cambiantes, hace necesaria la utilización de un procedimiento diseño-construcción con la finalidad de ir evaluando la interacción macizo-soporte para poder seleccionar el tipo soporte y el momento de colocación del soporte de manera de construir un túnel seguro y económico.

El proceso de colocación del soporte se efectúa según la siguiente secuencia:

1. El túnel de trasvase de S.H.Y.Q se ha venido excavando por métodos mineros (perforación y voladura), en secciones de geometría media y circular.
2. Inmediatamente luego de la excavación se coloca la primera capa de concreto proyectado con la finalidad de disminuir el desprendimiento del terreno y su espesor puede variar entre 2 y 5 centímetros.
3. Según las condiciones geológicas y las condiciones de cobertura, se pueden colocar cinco (5) secciones tipos básicos de soporte (S1 a S5). (Ver Anexo 3).

   Esencialmente estos soportes están conformados por los siguientes elementos:

a) Costillas metálicas.

b) Pernos.

c) Acero de refuerzo.

4. La colocación de la segunda capa de concreto que alcanza un espesor de 25 a 30 centímetros.
5. Cierre del anillo de soporte que dependerá en gran parte de las medidas de convergencia y rigidez necesaria para contener la carga en el tiempo.

(Ver Fotos # 35, 46, 47 ;Anexo 1).

La colocación del concreto proyectado requiere la aplicación de una serie de procedimientos preliminares, algunos de los cuales son:

- La preparación del la superficie mediante acciones tales como: escarificación manual o con disco, cepillado, lijado manual o eléctrico, *sand blast* (limpieza con arena).
- La limpieza de la superficie a revestir con aire comprimido y/o agua a presión, de manera de remover materiales sueltos, barro o cualquier otro material extraño.
- La eliminación de cualquier concreto remanente.
- El control de cualquier acceso de agua en el túnel mediante sistemas de drenajes
- Revisión de los equipos a utilizar en la proyección

La colocación del concreto proyectado se realiza mediante la utilización de un equipo brazo robot de proyección que se utilizan para la aplicación de grandes volúmenes de concreto como es el caso de los túneles.

El concreto proyectado luego de colocado se procede a curarlo de manera tal que desarrolle por completo la durabilidad y la resistencia potencial. Existen diversos métodos de curado del concreto sobre los que la norma ACI 318 proporciona una completa información.

La correcta realización de todos los procedimientos para la colocación de soportes y de concreto en el túnel hará que los esfuerzos generados en el terreno sean resistidos sin ningún problema a largo plazo y de forma segura.

# 4. ADITIVOS

## 4.1 ASPECTOS GENERALES

El desarrollo de nuevas técnicas para la construcción del concreto proyectado, ha requerido modificaciones en los materiales con los que se construye. El concreto ha sido mejorado en sus propiedades físicas y químicas gracias a la adición de sustancias que inducen a que el concreto adquiera unas propiedades especiales tanto en estado fresco como posteriormente en su estado endurecido, conociéndose a estas sustancias con el nombre de aditivos.

En la actualidad, las más altas calidades de concreto son resultado de la adición de aditivos. Cabe destacar que el aditivo, cualquiera que este sea, no mejora la calidad de un concreto mal dosificado. La adición de aditivos obliga a un control más estricto en la fabricación del concreto, ya que una excesiva cantidad de éste, podría conducir a resultados adversos y a pérdidas de efectividad en la mezcla. Por ende, se recomienda observar las precauciones señaladas por el fabricante y realizar ensayos previos para determinar las dosificaciones óptimas.

## 4.2 RESEÑA HISTÓRICA

La fabricación del cemento Portland es relativamente reciente y se sitúa hacia los alrededores de 1850. Poco tiempo después, con el fin de obtener fraguados más regulares del cemento se utilizó el Yeso Crudo ó Cloruro Cálcico, aditivo que se agregaba al cemento cuando se fabrica ó al

concreto en el momento de preparación. La incorporación de estos productos se remonta a los años 1875 y 1890.

Candlot, en 1888 realizó investigaciones acerca del Cloruro Cálcico y demostró que según la dosis podría ser empleada como Acelerador ó como Retardador de fraguado. De igual manera, hacia 1895 practicaban adiciones de cal grasa con la finalidad de mejorar la plasticidad.

A principios de siglo se ensayó también la incorporación de Silicato Sódico y diversos jabones, con la finalidad se mejorar la impermeabilidad. Por otro lado, se comenzó a añadir polvos finos para colorear el concreto a colores azul ultramar y ocre. También se conoció la acción retardadora producto del azúcar, el cual había sido observado en un artículo publicado en Marzo de 1909 en la "*Revue de Materiaux de Construction*", en la que se evoca la influencia del azúcar sobre el fraguado.

La comercialización de productos que mejoran alguna de las cualidades del concreto se inicia alrededor de 1910. Los plastificantes fueron comercializados hacia 1935. Mientras que en 1939 los agentes inclusores de aire en los Estados Unidos.

Gracias al progreso reciente de la industria química, las materias plásticas se fueron incorporando al concreto. Hace aproximadamente 30 años, los aditivos se multiplicaban en muchos países, mientras que los fabricantes ponen a disposición productos más adecuados a las necesidades de la construcción moderna.

## 4.3 TIPOS DE ADITIVOS GENERALES

### 4.3.1 Aceleradores

La función principal de estos aditivos es acelerar el proceso de hidratación del cemento, es decir, la reacción entre el clinker de cemento y el agua para producir una aceleración del fraguado, originando con esto un desarrollo de las resistencias iniciales.

Los aceleradores de fraguado son indispensables en trabajos de soporte de roca ya que gracias a estos se obtiene resistencias tempranas altas en el concreto proyectado.

El uso de aceleradores trae como consecuencia una pérdida de resistencia final a los 28 días, lo cual será evaluado en el aparte 6 de este trabajo.

En el aparte 5 se estudiará a detalle el tema de los aditivos aceleradores de fraguado.

### 4.3.2 Inclusores de aire

Los inclusores de aire son aditivos que benefician principalmente al concreto que es utilizado en aplicaciones exteriores expuestas a ciclos de congelación y deshielo debido a que producen burbujas microscópicas en el concreto que permiten que el agua se congele y se expanda en estos. En climas templados, donde las temperaturas no bajan hasta niveles de congelación del agua, se emplean para lograr una cierta impermeabilidad en el concreto.

En el concreto en estado plástico estos aditivos aumentan la trabajabilidad y ayudan a reducir la segregación y la exudación (sangrado).

Un efecto que debe tenerse en cuenta es que la incorporación de aire reduce la resistencia de concreto con altos contenidos de cemento, en aproximadamente un 5% por cada 1% de aire incorporado en mezclas. Por el contrario en concretos con bajo contenido de cemento se incrementa ligeramente la resistencia gracias a la reducción del agua para lograr un cierto asentamiento.

### 4.3.3 Retardadores

Son aditivos que se emplean para retardar el fraguado y son utilizados con frecuencia en climas calientes para contrarrestar el fraguado rápido causado por el efecto acelerador de las altas temperaturas, y están compuestos principalmente a base de sacarosas, fosfatos y gluconatos.

Los retardadores permiten el transporte de la mezcla de concreto a una distancia mayor con lo cual se evita pérdidas en caso de retrasos en su colocación. La mayoría de los retardantes también actúan como aditivos reductores de agua.

### 4.3.4 Plastificantes

La función de los aditivos plastificantes es básicamente la de reducir la cantidad de agua en la mezcla de concreto sin perder la trabajabilidad.

Los plastificantes más avanzados están compuestos a base de polímeros (polihidroxílicos) y producen una reducción de agua que varia entre el 6% y 15%.

Los reductores de agua conducen a menores relaciones a/c y con ello a mayores resistencias; aumenta la trabajabilidad y mayor asentamiento con lo cual se logra una mejor facilidad de bombeo y disminuyen los costos debido a que al modificar la relación triangular se requiere menos cantidad de cemento.

La adición de una dosis excesiva de plastificantes puede conducir a segregación y perdida total de cohesión de la mezcla.

### 4.3.5 Superplastificantes

Los aditivos superplastificantes son una clase especial de reductores, que producen una reducción de agua mayor al 12%. Son usualmente conocidos como reductores de alto rango debido a que se pueden utilizar en altas dosis sin que esto origine la aparición de problemas tales como retardo de fraguado o una excesiva incorporación de aire que con frecuencia se observan al añadir dosis altas de reductores de agua convencionales.

Están comúnmente compuestos por polímeros sintéticos lineales basados en naftalenos/melaminas; los cuales optimizan el proceso de

hidratación de las partículas de cemento, mejorando la plasticidad de la mezcla y logrando el desarrollo máximo de las propiedades del cemento.

El uso de superplastificantes en el caso específico del túnel de trasvase de Yacambú, es necesario para dar una solución a problemas tales como:

- El tiempo de viaje de la mezcla hasta el frente de trabajo, ya que para la fecha esta aproximadamente a trece (13) kilómetros por vía férrea del portal de salida, lo cual se traduce en dos (2) horas de viaje.
- Los cambios bruscos de temperatura a los que esta expuesta la mezcla.

Estos factores tienen consecuencias desfavorables, tanto en la resistencia del concreto, como en las condiciones que se necesitan para su proyectado es decir la trabajabilidad se ve afectada; por ello es preciso el uso de este aditivo para lograr un concreto efectivo

El resultado de la adición de superplastificantes es la de un concreto más resistente y trabajable, por lo tanto son ideales y necesarios para el concreto proyectado y sobre todo para obras subterráneas.

### 4.3.6 Puzolanas

La norma ASTM en la definición 618, define: "las puzolanas son materiales silíceos o alumino-silíceos quienes por sí solos poseen poco o ningún valor cementante, pero cuando se han dividido finamente y están en presencia de agua reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio a temperatura ambiente para formar compuestos con propiedades cementantes".

Algunos de estos materiales son las cenizas volantes o *fly ash*, las escorias de alto horno (GGBFS), el humo o polvo de sílice y las puzolanas naturales.

El humo o polvo de sílice o microsílica es la puzolana utilizada en concreto proyectado en el túnel de trasvase Yacambù-Quibor.

La microsílica se considera un material puzolanico de alta reactividad y se cree que distribuye los productos de hidratación de manera mas uniforme produciendo un concreto con mayor resistencia a los sulfatos, menor permeabilidad y mayor densidad.

En el concreto proyectado se debe utilizar microsílica como adición y no como sustituto del cemento, con la finalidad de mejorar las propiedades del concreto y de su proyección (en el caso de utilización de cemento Pórtland Tipo I).

### 4.3.7 Estabilizadores de asentamiento

Factores tales como las grandes distancias desde la planta de concreto hasta el sitio de proyección, los retrasos en el avance de la construcción, el tiempo que toma lanzar el concreto y los tiempos de paradas debido a posibles desperfectos de las maquinarias, ocasionan que una gran cantidad de concreto este ya hidratado en el momento que se va a utilizar. Esta hidratación del concreto conlleva a la pérdida de asentamiento, es decir, pérdida de fluidez, lo cual dificulta su proyección a través de la boquilla. Para evitar la pérdida de fluidez de la mezcla es necesario agregar a ésta, aditivos estabilizadores de asentamiento, los cuales básicamente controlan la

hidratación de mezclas de concreto. Por lo tanto estos aditivos son de gran importancia en obras subterráneas.

# 5. ADITIVOS ACELERADORES DE FRAGUADO

## 5.1 ASPECTO GENERAL

La colocación del concreto proyectado requiere añadir aditivos aceleradores de fraguado a la mezcla de concreto. Estos aditivos aceleran la velocidad de reacción entre el cemento y el agua hasta lograr el fraguado, con lo cual la mezcla pasa con mayor rapidez de consistencia liquida a una semi-sólida de forma de que se adhiera a la superficie; a su vez los aceleradores producen un desarrollo rápido de las resistencias iniciales.

Entre los efectos que producen los aceleradores se encuentran las altas resistencias a edad temprana, aumento de la temperatura del concreto y una reducción de las resistencias finales a los 28 días al compararse con la del concreto sin acelerador.

Este ultimo efecto, la reducción de resistencia final a los 28 días, es un efecto secundario de los aceleradores, y se debe al la producción de iones extraños causados por el acelerador. El grado de pérdida de resistencia a los 28 días depende del producto y de la dosificación que se use.

La reducción de la resistencia a los 28 días es objeto principal de análisis en este trabajo, ya que es primordial tener en cuenta esta reducción al diseñar la mezcla de manera de obtener las resistencias solicitadas.

## 5.2 TIPOS DE ADITIVOS ACELERADORES

Los aceleradores de fraguado que existentes en la actualidad se dividen en los tradicionales a base de silicoaluminatos, siendo estos químicamente agresivos y los de nueva generación denominados libres de álcali no cáusticos, que se caracterizan por ser químicamente inocuos.

A continuación se da una descripción de los tipos de aceleradores:

### 5.2.1 Aluminatos

Los aceleradores de aluminato (solución acuosa de $NaAl(OH)_4$ y $KAl(OH)_4$) intervienen en el proceso de hidratación de la mezcla de concreto. La reacción instantánea del acelerador con el $C_3A$ (aluminato tricálcico) del cemento desencadena una serie de reacciones químicas que aceleran la hidratación normal del cemento produciendo el desarrollo de altas resistencias iniciales en el concreto.

Estos aceleradores comienzan a desarrollar resistencia a partir de 5 a 10 minutos por lo cual son utilizados en aplicaciones de rocas blandas que requieren altas resistencias iniciales y también para tapar filtraciones ya que en un tiempo relativamente corto (30 minutos) se adquiere suficiente resistencia para soportar bajas presiones de agua.

Las desventajas que presentan esta clase de aceleradores son la mayor disminución de la resistencia final comparada con los silicatos sódicos y los altos valores de pH (mayores a 13) que pueden ser dañinos para la

salud del personal por lo que este debe tomar medidas preventivas al usar estos aceleradores, tales como el uso de guantes, lentes de protección y evitar el contacto directo con el producto para evitar quemaduras o irritación.

### 5.2.2 Silicatos sódicos

Los silicatos sódicos (solución acuosa del $Na_4SiO_4$) se conocen también como *waterglass* (vidrio soluble), y son los aceleradores clásicos. Cuando son añadidos a la mezcla de concreto producen un endurecimiento más rápido del concreto, gracias a que fijan el agua en la mezcla lo cual acelera la reacción que produce el fraguado. Por consiguiente la dosificación de este acelerador dependerá de la relación a/c.

Debido a que los silicatos sódicos no producen resistencias tempranas muy altas durante las primeras 24 horas, no es aplicable en trabajos que requieran resistencias iniciales elevadas es decir para aplicaciones de soporte inicial.

Los silicatos sódicos producen menores pérdidas de resistencias a los 28 días que los aceleradores de aluminato siempre y cuando su dosificación sea entre el 4-6% ya que en altas dosis producen resultados de mala calidad.

### 5.2.3 Libres de álcali - No Cáusticos

El incremento de los requerimientos en cuanto a calidad del concreto proyectado y durabilidad de las estructuras de concreto, al igual de la necesidad de reducir los daños al ambiente y a los trabajadores operarios del concreto proyectado han llevado a la industria de aditivos a desarrollar

aceleradores que tengan un mejor rendimiento y que sean mas seguros que los aceleradores tradicionales a base de silicoaluminatos.

Esta nueva generación de aceleradores son los llamados *Alkali-Free* (libres de álcali y no cáustico). El termino libre de álcalis se refiere a que estos aceleradores no contienen cationes de metales álcalis (litio (Li), sodio (Na), potasio (K), rubidio (Rb), cesio (Cs)); el termino el cáustico se utiliza a menudo para describir una solución básica agresiva.

Entre algunas de las ventajas de los *alkali-free* se encuentran:

- La menor pérdida de resistencia a los 28 días comparada con los aceleradores convencionales.
- El rápido desarrollo de la resistencia inicial, aproximadamente 1MPa (9,81 Kg./cm.$^2$) después de una hora.
- La reducción de daños a la salud del personal como quemaduras en la piel, riesgo de pérdidas de la vista, entre otros.
- No contamina el medio ambiente al ser químicamente inocuo.

El precio de este tipo de aceleradores es un poco más alto que los tradicionales debido a su compleja composición química, sin embargo mas importantes son el ahorro que logra al obtener un mejoramiento de la calidad del concreto y el beneficio de tener ambientes de trabajo más saludables.

# 6. INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON ADITIVOS ACELERADORES DE FRAGUADO

Este trabajo esta enfocado a evaluar la influencia de los aditivos aceleradores de fraguado en el comportamiento del concreto proyectado mediante Vía Húmeda, y para ello se realizan ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días utilizando tres marcas de aditivos aceleradores pertenecientes a diferentes marcas comúnmente utilizadas en Venezuela (**Sika,Tecnoconcret y MBT**) .

La investigación se basa en el diseño de mezcla utilizado en el túnel de trasvase Yacambú-Quibor (Portal de salida); variando únicamente la dosis de aditivos acelerador en base al peso del cementante y los resultados obtenidos de los ensayos son comparados con la muestra patrón (sin aditivo acelerador) con la finalidad de observar de forma mas precisa el efecto de los aditivos sobre el concreto en sus respectivas dosis.

## 6.1 MATERIALES UTILIZADOS EN LAS MEZCLAS A ENSAYAR

Los componentes utilizados en la mezcla deben cumplir con las especificaciones técnicas del Sistema Hidráulico Yacambú-Quibor que a su vez están basadas en la norma ACI 506. Es importante que los agregados que sean utilizados en la mezcla de concreto a ensayar cumplan con las especificaciones para obtener resultados representativos en los ensayos.

## ❖ Agregados

El agregado será una mezcla de arena y grava con un tamaño máximo de 3/8".

Los agregados, tanto el fino como el grueso, utilizados en los ensayos, provienen de las playas del río Yacambú ubicado en el Estado Lara y son procesados por la contratista del proyecto en instalaciones ubicadas en la obra. En el Anexo 2 se presenta un informe de los agregados utilizados en el proyecto.

De acuerdo con la designación de las especificaciones técnicas de la obra basadas en la norma ACI 506 se está usando la gradación tipo 2 de la norma ACI 506 .En el Anexo 2 se presenta la combinación de agregados utilizados en los ensayos.

**Tabla 6.1**

Gradación del agregado para el concreto proyectado

| **Tamiz** | **% de material pasante Gradación tipo 2** |
|---|---|
| 10 Mm. 3/8 " | 90-100 |
| 4,7 mm. #4 | 70-85 |
| 2,4 mm.#8 | 50-70 |
| 1,2 mm. #16 | 35-55 |
| 600 um. #30 | 20-35 |
| 300 um. #50 | 8-20 |
| 150 um. #100 | 2-10 |

El agregado utilizado en los ensayos tiene las siguientes propiedades:

Peso específico: 2.61 gr./cm$^3$.
Peso específico saturado: 2.63 gr./cm$^3$.
Humedad: 3.1%.
Modulo de finura: 2.75% a 3.30%.
Desgaste de los Ángeles: 36%

- **Cemento**

El cemento utilizado es el Pórtland Tipo I, el cual es adquirido a la empresa **Vencemos Lara** y se rige por las siguientes especificaciones:

-Peso específico seco: 1.25 gr./cm$^3$.
-Peso específico saturado: 3.15 gr./cm$^3$.

- **Agua**

El agua que se utiliza para la preparación del concreto proyectado y para las muestras a ensayar es extraída del túnel y conducida mediante tuberías hasta una planta de tratamiento ubicada en el portal de salida, donde es sometida a ensayos para determinar su calidad. Esta agua debe estar libre de toda sustancia que afecte la resistencia y durabilidad del concreto tales como sulfatos, cloruros o materia orgánica.

- **Microsílica**

La microsílica utilizada por S.H.Y.Q y en los ensayos es adquirida en la empresa **C.V.G FESILVEN** Venezolana de Ferrosílico. C.A.

La dosificación utilizada en el Proyecto Yacambú-Quibor es del 10% del peso del cementante. Por ensayos anteriores se ha demostrado que esta dosis disminuye de forma significativa el rebote, al igual que aumenta la adhesión del concreto.

En S.H.Y.Q se estudió la posibilidad de la utilización de cemento Pórtland Tipo II que es un cemento más fino con propiedades semejantes a un cemento compuesto por microsílica y Pórtland Tipo I, pero por razones económicas resultó más favorable la forma combinada de estos dos elementos.

La microsílica que se utiliza en el concreto proyectado y en las muestras de los ensayos debe cumplir con las especificaciones de la norma ASTM C-618.

- **Aditivos**

La distancia que existe entre el portal de salida del túnel y el frente de trabajo es de 13 Km., lo cual implica un tiempo de viaje de más de una hora mas una hora adicional de imprevistos, por esta razón se requiere el uso de una dosificación, si se quiere, elevada de superplastificantes. Luego al momento del lanzado, como es practica usual y conveniente en el concreto proyectado debe usarse aceleradores. Por esto se requiere el uso de mezclas

con combinaciones de aceleradores de fraguado, superplastificantes y estabilizadores de asentamiento.

Para la preparación de las muestras se utilizaron tres marcas de aditivos producidos por las casas comerciales **Tecnoconcret, MBT y SIKA.**

Los aditivos, utilizados en las mezclas para las muestras son los siguientes:

**Tabla 6.2**

Aditivos y tipos de mezclas utilizados en los ensayos de la investigación

| **Tipo de mezcla** | **Aditivos** | | |
|---|---|---|---|
| | **Acelerador** | **Superplastificante** | **Estabilizador de asentamiento** |
| **Tecnoconcret (1)** | Acelcret AF | P.S.P.R | - |
| **Tecnoconcret (2)** | Acelcret AF | P.S.P.R | N.S.L |
| **MBT (1)** | MEYCO SA 160 | Rheobuild 1000 | Delvocrete 29 |
| **MBT (2)** | MEYCO SA 160 | Rheobuild 2000 | Delvocrete 29 |
| **Sika** | Sigunit 510 | Viscocrete 55 | Sikatard E |

## 6.2 DISEÑO DE MEZCLA

El diseño de mezcla utilizado en S.H.Y.Q esta realizado de manera de lograr conseguir cantidades de cemento bajas, sin reducción de resistencia y trabajabilidades.

El diseño de mezcla que se está utilizando para el proyectado del túnel de trasvase se define como diseño número H400MR1 (Ver Tabla 6.3). Este diseño surge como resultado de una evolución en diseños anteriores, buscando con esto una mejora de las condiciones de proyección.

**Tabla 6.3**

Dosificación para 1 $m^3$ de mezcla para ser proyectado

Diseño H400MR1

| **Componente** | **Kg/$m^3$** |
|---|---|
| Cemento | 525 |
| Microsílice | 52,5 |
| Agregados(ACI tipo 2) | 1598,25 |
| Agua | 206 |
| Superplastificante | 6-8 lts. |

Diseño de mezcla para ensayos de laboratorio

El diseño de mezcla aplicado para realizar las mezclas que incluyen aditivos aceleradores, es un diseño calculado para una resistencia promedio a los 28 días requerida mayor a 400 Kg./$m^3$, esto se hace ya que se conoce el hecho de que el aditivo acelerador disminuye la resistencia, a mayor dosis mayor es el porcentaje de disminución de resistencia.

Los parámetros de diseño para la mezcla a ensayar fueron:

- Resistencia de calculo : 400 Kg./ $cm^2$
- Tamaño máximo del agregado : 3/8 "

- Agregado fino : Arena natural
- Peso especifico de la arena : 2,63 gr./$cm^3$
- Asentamiento 5" (12 cm.).
- Fracción defectiva : 10%
- Grado de control: bueno (laboratorio).

Las mezclas a ensayar son porciones del diseño de mezcla para concreto proyectado (Ver diseño de mezclas para cada muestra de ensayo en Anexo 5). Para el trabajo de investigación se utilizaron muestras de 50 u 80 litros de mezcla. Las bandejas que se tomaron con concreto proyectado se vaciaron utilizando un concreto contenido en un moran con dos metros cúbicos de mezcla.

## 6.3 ENSAYOS

Sistema Hidráulico Yacambú Quibor, C.A., posee un departamento de control de calidad el cual se encarga de dirigir y supervisar la realización de los ensayos necesarios para la obtención de resultados adecuados para un correcto análisis de las variables que se quieran estudiar. Cada casa fabricante debe realizar los ensayos indicados por el departamento de control de calidad, esto se hace para poder lograr una comparación entre los distintos productos. En el tema específico de las muestras con aditivos aceleradores de fraguado, los ensayos realizados fueron los siguientes:

- Ensayo para asentamientos de concreto.
- Ensayo de reactividad del cementante a los aditivos aceleradores de fraguado.
- Ensayo de resistencia del concreto a la penetración.

- Ensayo de resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

### 6.3.1 Ensayo para asentamiento de concreto (ASTM C 143).

Para este ensayo se utiliza el Cono de Abrams y la varilla compactadora. La prueba se realiza para tener conocimiento de la trabajabilidad del concreto. A cada mezcla que se prepara para la fabricación de los núcleos se le toma el asentamiento de la siguiente manera:

- En un recipiente metálico se coloca una porción de la mezcla previamente preparada sin porcentaje de aditivo acelerador.
- Se lava con agua la superficie donde se va a realizar el ensayo y se remueve el exceso de agua.
- Con el uso de una cuchara normalizada se colocan capas equivalentes a tres cucharadas de mezcla en el Cono de Abraham.
- Luego de que se coloca cada capa se golpea la mezcla 25 veces con la varilla compactadora y se procede a colocar la siguiente capa.
- Una vez que se llena el cono se nivela el concreto sobrante con la varilla compactadora y se remueve el concreto sobrante del área de ensayo.
- Se levanta el cono y se coloca cerca de la muestra para utilizarlo como referencia.
- Se mide la longitud vertical existente entre la parte superior del cono y el tope de la muestra y se anota el resultado.

Las tablas 6.4, 6.5, 6.6 y 6.7, muestran los valores de los resultados de estos ensayos que se realizaron para este trabajo por el Sistema

Hidráulico Yacambú-Quibor. Las mezclas para este ensayo fueron las mismas que las utilizadas en el ensayo de resistencia a la compresión .En el Anexo 5 se encuentran los detalles de las mezclas utilizadas en estos ensayos. El ensayo de asentamientos se rige por las normas ASTM C 143 (ver Anexo 6). En el Anexo 1, se muestra en la Foto 12 la medición de asentamiento de una muestra de mezcla de concreto.

**Tabla 6.4**

Asentamientos de mezcla de concreto de 80 lts con aditivos **Sika.**

| **Aditivo** |
|---|
| Superplastificante : **Viscocrete 55** |
| Estabilizador de asentamiento: **Sikatard E** |

| **Hora** | **Asentamiento (Cms.)** | **Asentamiento (Pulg.)** | **Temperatura** | |
|---|---|---|---|---|
| | | | **Ambiente ($^{o}$)** | **Mezcla ($^{o}$c)** |
| 12:35 PM | 24,32 | 9,50 | 23,00 | 28,00 |
| 1:28 PM | 23,68 | 9,25 | 23,00 | 27,00 |
| 2:05 PM | 22,40 | 8,75 | 23,00 | 27,00 |
| 2:35 PM | 21,76 | 8,50 | 23,00 | 27,00 |
| 3:05 PM | 21,12 | 8,25 | 23,00 | 27,00 |
| 3:35 PM | 20,48 | 8,00 | 23,00 | 27,00 |

**Tabla 6.5**

Asentamientos de mezcla de concreto de 80 lts. con aditivos **Tecnoconcret** mezcla tipo 1.

| **Aditivo** |
|---|
| Superplastificante: **P.S.P.R** |

| **Hora** | **Asentamiento (Cms.)** | **Asentamiento (Pulg.)** | **Temperatura** | |
|---|---|---|---|---|
| | | | **Ambiente ($^{o}$c)** | **Mezcla ($^{o}$c)** |
| 11:30 AM | 21,76 | 8,50 | 29,00 | 30,00 |
| 12:00 PM | 20,48 | 8,00 | 30,00 | 30,00 |
| 12:30 PM | 19,20 | 7,50 | 30,00 | 30,00 |
| 1:00 PM | 16,64 | 6,50 | 30,00 | 29,00 |
| 1:30 PM | 16,64 | 6,50 | 30,00 | 29,00 |
| 2:00 PM | 15,36 | 6,00 | 30,50 | 28,00 |
| 2:30 PM | 14,72 | 5,75 | 32,00 | 28,00 |
| 3:00 PM | 14,08 | 5,50 | 32,00 | 28,00 |
| 3:30 PM | 12,80 | 5,00 | 33,00 | 28,00 |
| 4:00 PM | 11,52 | 4,50 | 33,00 | 28,00 |
| 4:30 PM | 11,52 | 4,50 | 31,00 | 28,00 |
| 5:00 PM | 11,52 | 4,50 | 31,00 | 28,00 |
| 5:30 PM | 8,96 | 3,50 | 30,50 | 26,00 |

**Tabla 6.6**

Asentamientos de mezcla de concreto de 80 lts. con aditivos **Tecnoconcret** mezcla tipo 2.

| **Aditivo** |
|---|
| Superplastificante : **P.S.P.R** |
| Estabilizador de asentamiento : **N.S.L** |

| **Hora** | **Asentamiento (Cms.)** | **Asentamiento (Pulg.)** | **Temperatura** | |
|---|---|---|---|---|
| | | | **Ambiente ($^{o}$c)** | **Mezcla ($^{o}$c)** |
| 9:00 AM | 18,50 | 7,23 | 25,00 | 26,00 |
| 9:30 AM | 16,00 | 6,25 | 25,00 | 27,00 |
| 10:00 AM | 16,00 | 6,25 | 25,50 | 28,00 |
| 10:30 AM | 16,00 | 6,25 | 25,50 | 25,50 |
| 11:00 AM | 15,00 | 5,86 | 27,00 | 26,00 |
| 11:30 AM | 14,00 | 5,47 | 30,00 | 25,50 |
| 12:00 PM | 12,00 | 4,69 | 28,00 | 25,50 |
| 12:30 PM | 10,00 | 3,91 | 29,00 | 25,00 |
| 1:00 PM | 8,00 | 3,13 | 29,00 | 25,00 |

**Tabla 6.7**

Asentamientos de mezcla de concreto de 80 lts. con aditivos **MBT** mezcla tipo 1.

| **Aditivo** |
|---|
| Superplastificante: **Rheobuild 1000** |
| Estabilizador de asentamiento: **Delvocrete 29** |

| **Hora** | **Asentamiento (Cms.)** | **Asentamiento (Pulg.)** | **Temperatura** | |
|---|---|---|---|---|
| | | | **Ambiente ($^{o}$c)** | **Mezcla ($^{o}$c)** |
| 9:00 AM | | 5,75 | 26,00 | 28,00 |
| 9:30 AM | 14,72 | 5,75 | 25,00 | 27,50 |
| 10:00 AM | 14,08 | 5,50 | 25,50 | 26,00 |
| 10:30 AM | 14,08 | 5,50 | 26,00 | 25,50 |
| 11:00 AM | 13,44 | 5,25 | 26,00 | 25,00 |
| 11:30 AM | 12,80 | 5,00 | 27,50 | 25,50 |

### 6.3.2 Ensayo para la determinación del tiempo de fraguado por la Aguja de Vicat (ASTM C 191)

Los resultados arrojados por este método deben cumplir con los requerimientos establecidos en la norma ASTM C 266, como se exige en el volumen II de las especificaciones técnicas de S.H.Y.Q.

**Tabla 6.8**

Tiempos de fraguado exigidos en concreto proyectado para el túnel "Yacambú-Quibor".

| | |
|---|---|
| **Tiempo fraguado inicial** | 3 minutos |
| **Tiempo de fraguado final** | 10 minutos |

Este ensayo se realiza utilizando la Aguja Vicat, una espátula redonda y un molde normalizado. El propósito del método es lograr tener conocimiento del comportamiento del cemento al reaccionar con el aditivo acelerador, también permite calcular la resistencia a la penetración de la mezcla de cemento, agua y aditivos (superplastificantes y estabilizadores de asentamiento) a temprana edad. La mezcla utilizada para este ensayo es una pasta de cementante (cemento y microsílica) y aditivos, que se mezcla de la siguiente manera:

- Se pesan 300 gamos de cementante, esto se hace sumando 272,73 gramos de cemento más 27,27 gramos de microsílica.
- La cantidad de agua suministrada es aproximadamente el 25% de la cantidad de cementante, si este porcentaje se excede, dificulta la obtención del tiempo de fraguado inicial.

- Luego de mezclar los componentes anteriores se procede a suministrar las cantidades de aditivo superplastificante y estabilizador de asentamiento y se mezcla hasta conseguir una mezcla homogénea.
- Al obtener la mezcla homogénea se procede a añadir el aditivo acelerador de fraguado a la pasta, en los porcentajes que se quieren estudiar, como se explicó anteriormente esta cantidad es un porcentaje de la suma de cemento más microsílica. Luego de suministrar el acelerador se procede a mezclar durante un máximo de 5 segundos.
- Se anota la hora en que se fabrica la mezcla de cementante con agua, la cual debe tener una temperatura aproximada de 25° C.
- Una vez añadido el acelerador, como se explica en la elaboración de la mezcla para este ensayo, se requiere colocar la muestra en el molde normalizado rápidamente, utilizando la espátula redonda, ya que el tiempo de fraguado inicial se presenta al corto tiempo después de haber agregado el aditivo.
- Se coloca la pasta en el molde normalizado, como se menciona en el paso anterior, se nivela y se limpia el excedente.
- Se calibra el instrumento colocando la aguja al ras de la parte superior del molde y fijando en la parte graduada del instrumento en cero. En el Anexo 1 se puede observar en Foto 24 el equipo Aguja Vicat.
- Se anotan los tiempos junto con los respectivos valores de descenso de la aguja y se plotean en una gráfica.
- El fraguado inicial se consigue una vez la aguja desciende 25 milímetros y el fraguado final se obtiene cuando la aguja no

desciende sino que se mantiene en la parte superior del molde normalizado, es decir, cuando desciende cero milímetros.

### 6.3.3 Ensayo de resistencia del concreto a la penetración (ASTM C 403)

Para la realización de este ensayo se requiere el uso de un instrumento llamado Penetrómetro o aguja de penetración (Ver Foto # 49 en Anexo 1), al cual se le colocan en su extremo inferior varios diámetros de "agujas" que son las que permiten calcular la resistencia a la penetración y obtener con esto los tiempos iniciales y finales de fraguado. Con este método se calculan resistencias a temprana edad (dentro de las primeras 24 horas de fabricado el concreto). Esta prueba logra el fraguado inicial cuando se obtiene una resistencia de 32 $Kg./cm^2$ y el fraguado final cuando la resistencia a la penetración es de 278 $Kg./cm^2$.

Se utiliza la misma mezcla preparada para la elaboración de los núcleos de concreto (la cual se explicará con detalle en el aparte 6.3.4), con la diferencia de que se pasa por un tamiz para remover el contenido de agregado, esto se hace para lograr una muestra representativa, ya que el agregado puede obstruir el paso de la aguja de penetración haciendo que los resultados arrojados sean incoherentes.

- Una vez tamizada la muestra se coloca en una bandeja rectangular normalizada.
- Se agrega el aditivo acelerador justo cuando se coloca la muestra en la bandeja y se mezcla por un máximo de 5 segundos.
- Se comienza el ensayo.

- Se toma el tiempo de inicio de la mezcla.
- Se comienza a trabajar con la aguja de media pulgada, esta se coloca en el instrumento y se presiona contra la mezcla, la aguja de penetración posee una marca en la punta que indica hasta donde debe ser hundida.
- Se anota la lectura que se obtiene en el brazo del aparato, la cual esta medida en pulgadas cuadradas.
- Estos dos últimos pasos se repiten cambiando la aguja para obtener varias resistencias a la penetración.
- Estos datos se plotean en una gráfica y se anota el tiempo de fraguado inicial y el final.

Este ensayo se rige según la norma ASTM C 403 (Ver Anexo 6).

### 6.3.4 Ensayo de resistencia a la compresión de muestra cilíndricas de concreto (ASTM C 39).

Los resultados arrojados por este método deben cumplir con los requerimientos establecidos en la norma ASTM C 42, como se exige en el volumen II de las especificaciones técnicas de S.H.Y.Q.

**Tabla 6.9**

Requerimiento mínimo de resistencia a la compresión según especificaciones técnicas de S.H.Y.Q.

| Edad (Días) | Requerimiento mínimo de resistencia a la compresión (Kg./cm$^2$) |
|---|---|
| 1 | 100 |
| 3 | 200 |
| 7 | 300 |
| 28 | 400 |

El ensayo de resistencia a compresión se realiza sobre núcleos de aproximadamente 5 cm. de diámetro y 10 cm. de altura, la altura debe ser el doble del diámetro cuando esto no ocurre se corrige multiplicando la resistencia por un factor tabulado. Para la elaboración de las muestras a ensayar se utilizaron mezclas de 80 y 50 litros de concreto las cuales se dosificaron y prepararon según la norma. El ensayo se realiza de la siguiente manera:

- Se pesan en una balanza las cantidades de los componentes de la mezcla (Foto # 9; Anexo 1).
- Los componentes se introducen en el mezclador y se le agrega agua junto al aditivo superplastificante y al estabilizador de asentamiento hasta obtener el asentamiento deseado (Foto # 10; Anexo 1).
- En el caso de las mezclas con aditivo acelerador, este se añade utilizando un dosificador que permite la repartición homogénea del aditivo. La colocación del acelerador se realiza luego de dejar reposar

la mezcla durante 30 minutos (esto se hace para simular el tiempo desde la fabricación de la mezcla hasta el momento del proyectado).

- El tiempo de mezclado oscila entre 10 y 13 minutos. Una vez que se obtiene la mezcla deseada, se procede a vaciar la misma en una bandeja metálica ( Foto # 13 ;Anexo 1) cuya dimensión varia entre las siguientes:

**Tabla 6.10**

Dimensiones de bandejas para el vaciado de mezclas de concreto ensayar

| Bandeja | Largo (cm.) | Ancho (cm.) | Profundidad (cm.) |
|---|---|---|---|
| **Tipo 1** | 50 | 50 | 10 |
| **Tipo 2** | 50 | 45 | 15 |

- Luego se vibra el concreto golpeando las paredes de la bandeja con un martillo para densificar la mezcla.
- Se deja fraguar el concreto, luego se vacía la bandeja y se procede a extraer los núcleos utilizando un core-drill con una broca metálica con punta de diamante de 5.08 centímetros de diámetro (Foto # 14; Anexo 1).
- Se cortan con un disco o sierra con punta de diamante para obtener la altura deseada (Foto # 15; Anexo 1).
- Luego estos núcleos son llevados a un tanque de curado en donde estarán sumergidos hasta el momento del ensayo (Foto 18, Anexo 1).
- Los núcleos se extraen del tanque de curado (ver foto # 18, 19 ;Anexo 1), se miden sus dimensiones (Foto # 16, 17; Anexo 1), peso y edad, luego se colocan entre dos moldes que contienen soportes que

estabilizan la muestra, permitiendo que al momento de aplicar la carga, esta se reparta uniformemente sobre las superficies del núcleo. Esto es una forma alternativa de uso de capping.

- Se colocan en una prensa hidráulica (ver Foto # 20 ;Anexo 1), la cual aplica una carga a una rata constante sobre el núcleo.
- La prensa posee un indicador que muestra la carga aplicada en Kilogramos, una vez sede la muestra se obtiene el valor al cual falla (Foto # 21; Anexo 1).
- Este valor es anotado y se procede a realizar los cálculos respectivos para la obtención de la resistencia a la compresión.

El ensayo de resistencia a la compresión de muestras cilíndricas se rige por la norma ASTM C 39 (ver Anexo 6). Los resultados de estos ensayos realizados para este trabajo se presentaran y analizaran en el aparte 6.5.

Para efectos de estudio del comportamiento de los aceleradores en el concreto proyectado se realizaron ensayos sobre bandejas vaciadas con concreto proyectado. Sin embargo, los resultados de los mismos no se presentan por las siguientes razones:

- Resistencia a la compresión de muestras tomadas de bandejas vaciadas con concreto proyectado por brazo robot en falso túnel ( Foto # 22, 23, 25). Esta prueba se realizó pero los valores arrojados no tenían coherencia, ya que el lanzado no se ejecutó según las especificaciones de la norma por problemas como asentamientos del concreto al momento del proyectado, disponibilidad del brazo robot, colocación de las bandejas en el falso túnel y falta de disponibilidad de tiempo por parte del personal especializado. Los resultados obtenidos

con este ensayo mostraron valores de resistencia a los 28 días considerablemente inferiores a los presentados por las bandejas vaciadas con la mezcladora, esto es improbable ya que se consigue un concreto más comprimido al vaciar la bandeja con el uso del brazo robot.

## 6.4 RESULTADOS Y ANÁLISIS: TIEMPO DE FRAGUADO, RESISTENCIAS INICIALES (PRIMERAS 24 HORAS)

### 6.4.1 Tiempo de fraguado

Los aditivos aceleradores de fraguado tienen como función reducir el tiempo de fraguado de horas a minutos, por lo que el concreto exhibe un fraguado más rápido y una resistencia inicial mayor que le permite adherirse y hacer se soporte inmediato en la superficie donde es lanzado.

En el caso de las mezclas de concreto utilizadas para el túnel de trasvase del Proyecto "Yacambú-Quibor" las cuales contienen aditivos superplastificantes, es necesario agregarles aceleradores de fraguado en el momento de proyectar la mezcla para lograr que esta se adhiera en la superficie (hastiales y bóveda). Debido a que estas mezclas contienen superplastificantes y estabilizadores de asentamiento, aumenta la necesidad del uso de aceleradores a fin de aumentar la consistencia de la mezcla.

La norma ASTM 266 específica que el tiempo de fraguado inicial y final requerido para concreto proyectado debe ser como mínimo de 3 y 10 minutos respectivamente para el ensayo de Aguja Vicat. Este requerimiento esta descrito en las especificaciones técnicas del Proyecto "Yacambú-Quibor".

En las tablas que se presentan a continuación se presentan valores de tiempo de fraguado de mezclas que contienen aceleradores. Los tiempos de fraguado de mezclas que contienen aditivos de las casas **MBT** y **Tecnoconcret** fueron realizados en sus laboratorios y fueron suministradas para ser analizadas en este trabajo.

**Tabla 6.11**

Tiempo de fraguado inicial y final de pasta de cemento con aditivos de la casa **Tecnoconcret** (PSPRLS (1,5%)+Acelcret AF). Ensayo realizado con Aguja Vicat.

| **% Acelerador** | **Fraguado (min.)** | |
|---|---|---|
| | **Inicial** | **Final** |
| 2 | 3 | 8 |
| 4 | 2 | 6 |
| 6 | 1,5 | 4 |

**Tabla 6.12**

Tiempo de fraguado inicial y final de pasta de cemento con aditivos la casa **MBT** (Rheobuild 1000+ MEYCO SA 160). Ensayo realizado con Aguja Vicat.

| % Acelerador | Fraguado (min.) | |
|---|---|---|
| | Inicial | Final |
| 6 | 3′ 45″ | 7′55″ |

Los tiempos de fraguado de la casa **Tecnoconcret y de MBT** cumplen con lo requerido por las especificaciones del Proyecto.

### 6.4.2 Resistencias iniciales (primeras 24 horas)

El desarrollo de las resistencias iniciales (primeras 24 horas) , es una de las propiedades mas importantes del concreto proyectado para el soporte de rocas y es una de las propiedades que aparentemente mas pueden variar con la adición de aceleradores.

Los aceleradores de fraguado deben producir que el concreto desarrolle valores suficientemente altos como para soportar las rocas del terreno recién excavado y también para soportar el propio peso del concreto.

En la tabla 6.13 se presentan los valores de resistencias iniciales producidos por los aceleradores utilizados para la investigación de las casas **Sika, MBT y Tecnoconcret.**

**Tabla 6.13**

Resistencias a la compresión (Kg / $cm^2$) (primeras 24 horas)

| Tipo y dosificación de acelerador | Resistencias (Kg / $cm^2$) medidas a: | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1h | 4h | 6h | 8h | 12h | 24h |
| **Sika ( Sigunit)(1)** | | | | | | |
| **5%** | 5,00 | 7,00 | 15,2 | 31,3 | 352,2 | 395,5 |
| **6%** | 10,30 | 62,3 | 110,2 | 380,5 | 395,5 | - |
| **MBT ( Meyco SA 160)(2)** | | | | | | |
| **4%** | 5,2 | 7,90 | 12,7 | 28,70 | 336,90 | 395,50 |
| **7%** | 11,70 | 73,70 | 78,50 | 373,20 | 395,50 | - |
| **Tecnoconcret (Acelcret) (3)** | | | | | | |
| **4%** | 5,40 | 7,20 | 17,00 | 26,80 | 378,30 | 395,50 |
| **6%** | 10,70 | 89,40 | 122,60 | 385,50 | 395,50 | - |

Datos suministrados por el Laboratorio del Sistema Hidráulico Yacambú-Quibor. Se añadió el acelerador inmediatamente después de la fabricación del concreto

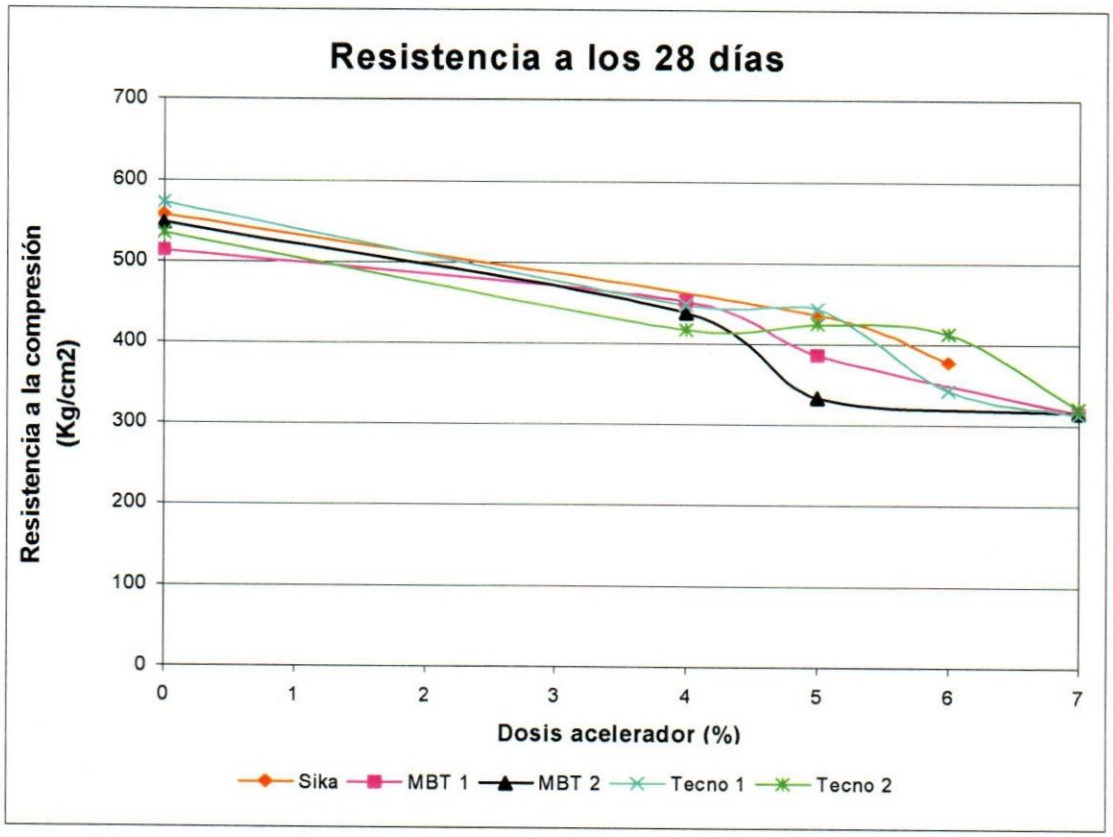
(1) (Mezcla de concreto con aditivos Sigunit 510 + Sikament

(2) (Mezcla de concreto con aditivos Rheobuild 1000+ Delvocrete 29+MEYCO 160).

(3) (Mezclas con PSP R LS (1,5%) + Acelcret AF)

**Figura 6.1**

Resistencias a la compresión (Kg. / $cm^2$) (primeras 24 horas)



Con respecto a los resultados presentados en la Tabla 6.13, se puede decir que se observa un aumento significativo en los valores de resistencias iniciales al aumentar la dosis de acelerador. Es importante destacar que se debe evaluar la conveniencia de aumentar la dosis de acelerador a una mezcla de concreto, debido al hecho de que un incremento de este aditivo, significa un descenso en las resistencias finales del concreto que producen los aditivos aceleradores de fraguado en las mezclas de concreto.

Para el caso de un túnel como el de trasvase Yacambú-Quibor, el concreto proyectado requiere unas resistencias a la compresión establecidas en las especificaciones técnicas del proyecto, La especificación de resistencia esta basada en el norma ASTM C 42 "*Método de obtención y ensayo de probetas cilíndricas y viguetas de concreto*" y son las que se presentan en la Tabla 6.14.

**Tabla 6.14**

Requerimiento mínimo de resistencia a la compresión (primeras 24 horas) según especificaciones técnicas de S.H.Y.Q.

| **Edad ( horas)** | **Requerimiento mínimo de resistencia a la compresión (Kg/ cm $^2$)** |
|---|---|
| 8 | 60 |
| 24 | 100 |

En la Tabla 6.15 se presenta valores de resistencia iniciales de mezclas de la casa **Tecnoconcret**. En esta Tabla se compara los valores de resistencias de una mezcla de concreto sin acelerador y de una mezcla a la que se le agrega acelerador, de manera de evidenciar el efecto del aditivo acelerador en el desarrollo temprano de resistencias iniciales.

**Tabla 6.15**

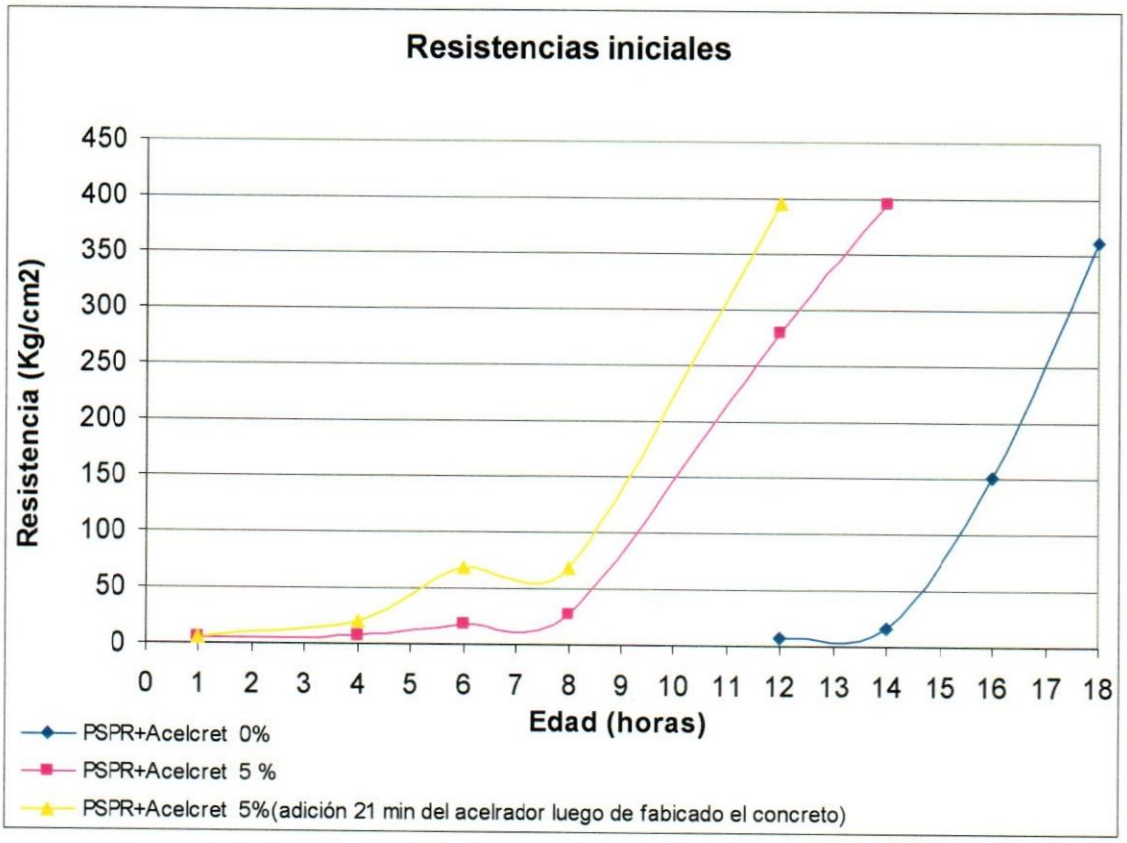
Comparación de resistencias iniciales muestra patrón (sin acelerador) y muestras con acelerador de la casa **Tecnoconcret**

| **Tipo y dosificación de aditivos** | **Resistencias (Kg / cm$^2$) medidas a:** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **1h** | **4h** | **6h** | **8h** | **12h** | **14h** | **16h** | **18h** |
| **Tecnoconcret (PSPR y Acelcret)** | | | | | | | | |
| **0%** | - | - | - | - | 7 | 16,7 | 150,7 | 360,5 |
| **Tecnoconcret (PSPR y Acelcret) (1)** | | | | | | | | |
| **5%** | 5,4 | 7,2 | 17 | 26,8 | 278,3 | 395,5 | - | - |
| **Tecnoconcret (PSPR y Acelcret) (2)** | | | | | | | | |
| **5%** | 5 | 19,5 | 68 | 68,67 | 395,5 | - | - | - |

(1) Se añadió el acelerador inmediatamente después de la fabricación del concreto.
(2) Se añadió el acelerador 21 minutos después de la fabricación del concreto.

**Figura 6.2**

Resistencias iniciales (Kg./cm2) de muestra patrón (sin acelerador) y muestras con acelerador de la casa **Tecnoconcret**




Realizando una comparación entre las tres muestras en la gráfica anterior, se evidencia el efecto del aditivo acelerador en las resistencias a temprana edad, esto demuestra la necesidad del aditivo acelerador, debido a que lo que permite la adherencia del concreto a la superficie donde se proyecta, es la propiedad de lograr una disminución significativa en el tiempo inicial de fraguado y en el desarrollo temprano de resistencia.

En este caso existen dos muestras con la misma dosis de acelerador, la diferencia entre estas dos esta en el tiempo transcurrido desde el momento de la fabricación del concreto hasta el momento de añadirle el aditivo acelerador. Como se presenta, la muestra, donde se espera un tiempo de aproximadamente 30 minutos para colocar el acelerador, alcanza resistencia mayores antes de las 24 horas que la muestra donde se aplica inmediatamente, esto es debido a que mientras transcurre el tiempo los superplastificantes van perdiendo sus propiedades de retardar el fraguado. No es conveniente, por ende, mezclar dos tipos de aditivos que produzcan efectos contrarios, como acelerador y superplastificantes, a la misma vez debido esto lesiona o disminuye el efecto de ambos aditivos sobre la mezcla.

## 6.5 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: RESULTADOS Y ANÁLISIS.

En este aparte del trabajo se analizara los valores arrojados por los ensayos de resistencia a compresión a partir de las 24 horas de edad de la mezcla. Con estos valores se podrá apreciar el efecto de reducción que ocasionan los aditivos aceleradores en la resistencia del concreto.

Las figuras 6.3, 6.4, 6.5, 6.6 y 6.7 muestran gráficamente el desarrollo de resistencia a la compresión durante 28 días de las muestras para cada marca de aditivos. Mediante estas se evidenciara la influencia de los aditivos aceleradores en la resistencia a la compresión del concreto.

**Tabla 6.16**

Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos **Sika**

(Sigunit AF 510 + Viscocrete + Sikatard)

| Dosis acelerador (%) | Resistencia a la compresión (Kg/cm2) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 24 horas | Día 3 | Día 7 | Día 14 | Día 28 |
| 0 | - | 323 | 429 | 478 | 523 |
| 5 | 130 | 262 | 305 | 370 | 407 |
| 6 | 124 | 262 | 275 | 315 | 323 |

**Figura 6.3**

Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos **Sika**

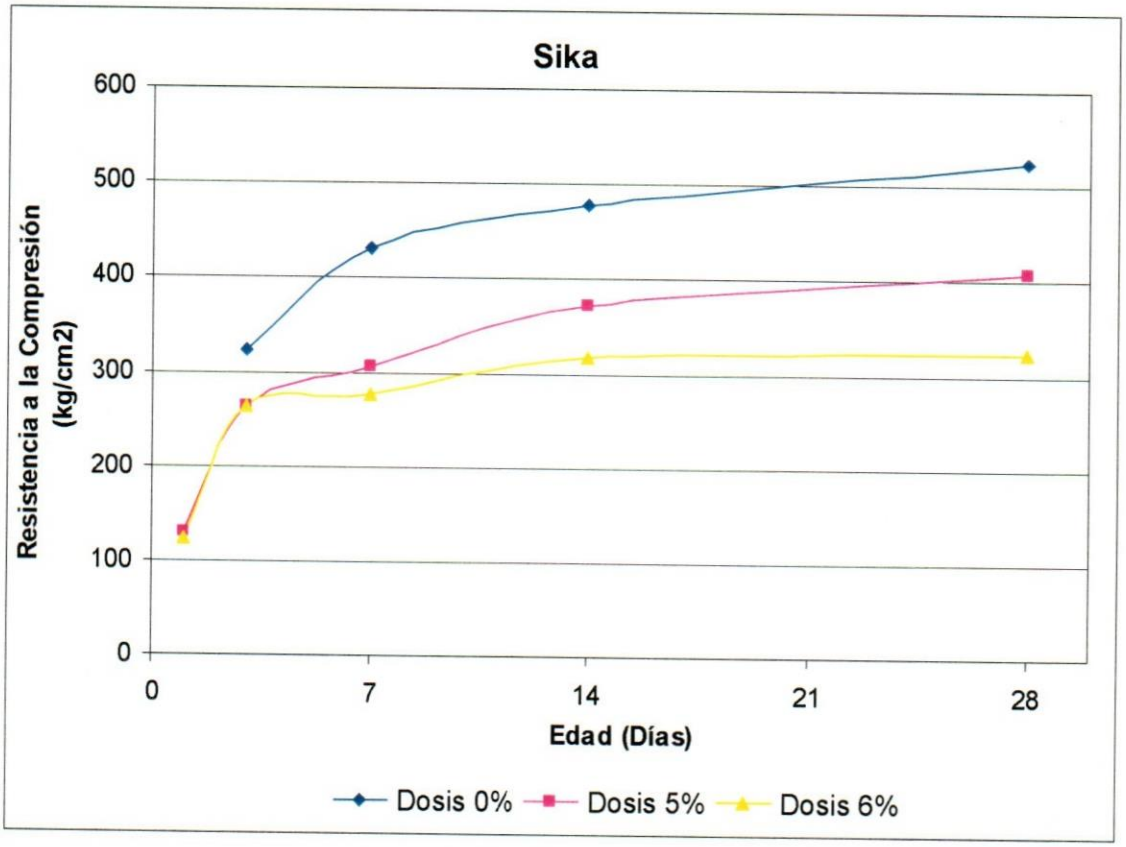


**Tabla 6.17**

Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos **MBT1**

(MEYCO 160 + Rheobuild 1000 + Delvocrete 29)

| Dosis | Resistencia a la compresión (Kg/cm2) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| acelerador (%) | 24 horas | Día 3 | Día 7 | Día 14 | Día 28 |
| 0 | - | 285 | 406 | 468 | 512 |
| 4 | 175 | 286 | 394 | 449 | 451 |
| 5 | 156 | 254 | 305 | 341 | 385 |
| 7 | 130 | 195 | 247 | 314 | 314 |

**Figura 6.4**

Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos **MBT1**

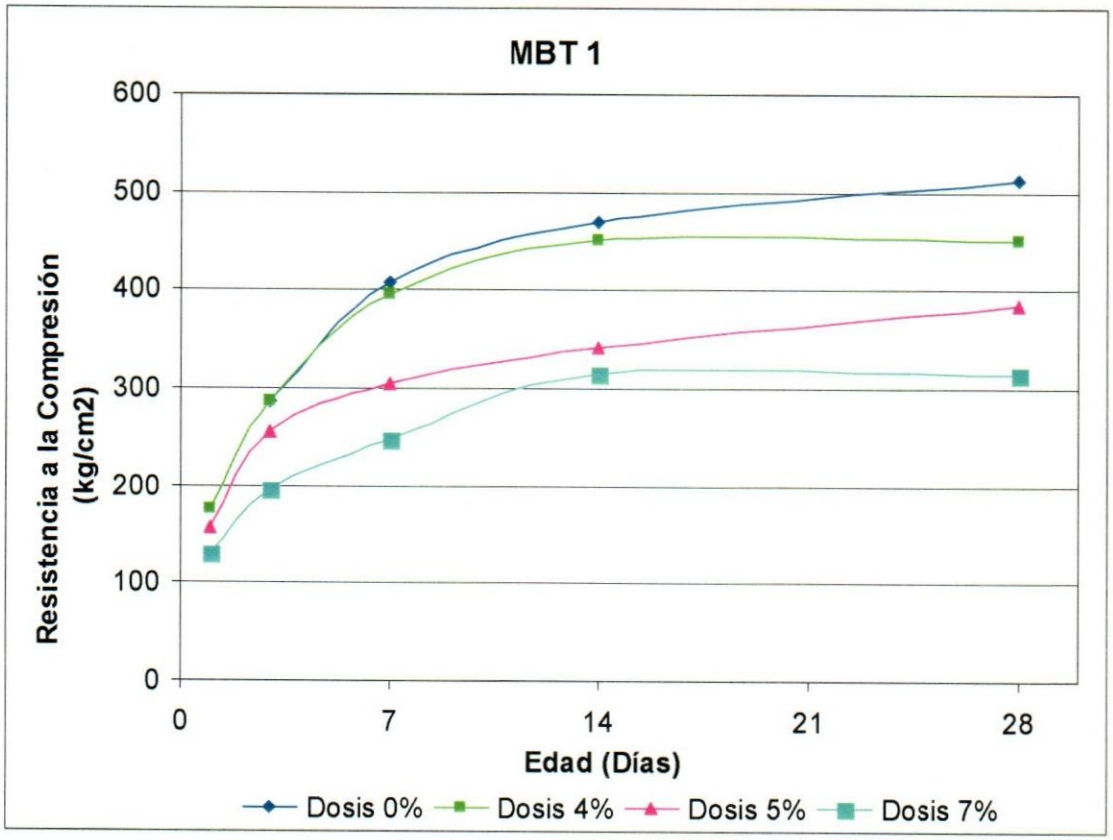


**Tabla 6.18**

Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos **MBT2**

(MEYCO 160 + Rheobuild 2000 + Delvocrete 29)

| Dosis | Resistencia a la compresión (Kg/cm2) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| acelerador (%) | 24 horas | Día 3 | Día 7 | Día 14 | Día 28 |
| 0 | - | 313 | 458 | 497 | 547 |
| 4 | 154 | 255 | 378 | 426 | 437 |
| 5 | 120 | 224 | 281 | 315 | 333 |
| 7 | 108 | 218 | 258 | 312 | 333 |

**Figura 6.5**

Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos **MBT2**

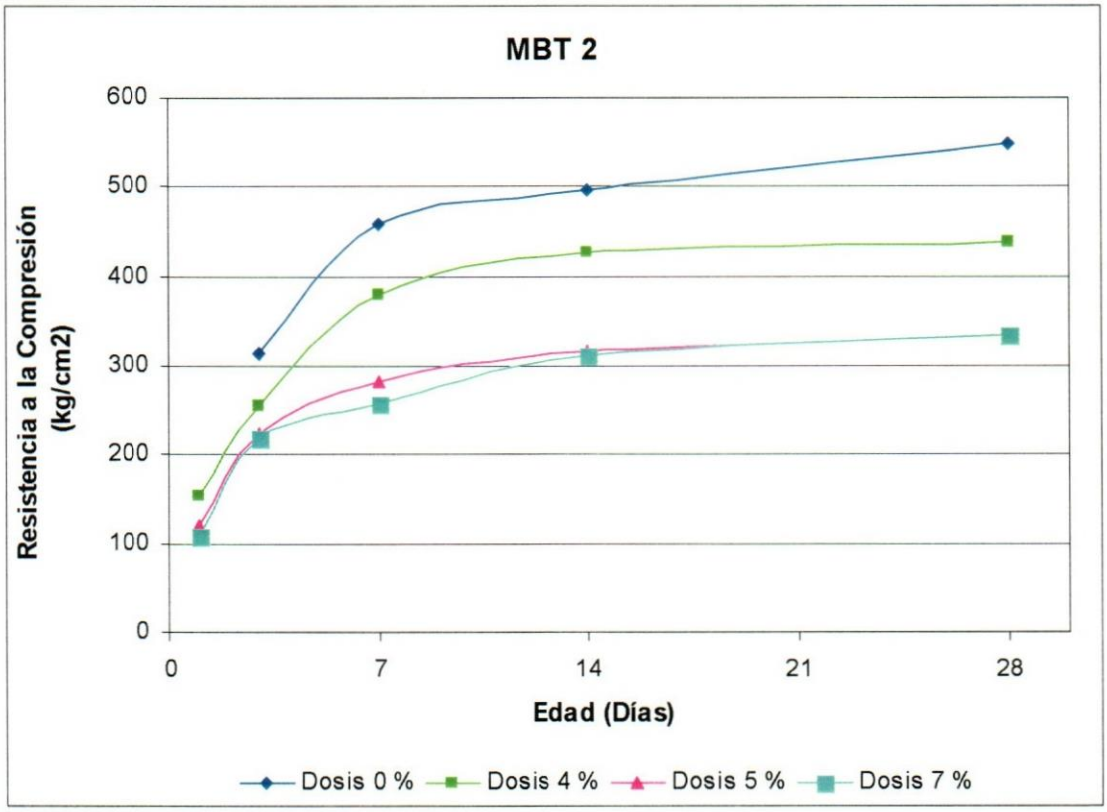


**Tabla 6.19**

Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos

**Tecnoconcret 1** ( Acelcret AF + PSPR).

| Dosis acelerador (%) | Resistencia a la compresión (Kg/cm2) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 24 horas | Día 3 | Día 7 | Día 14 | Día 28 |
| 0 | 123 | 313 | 411 | 499 | 572 |
| 4 | 105 | 241 | 339 | 403 | 447 |
| 5 | 105 | 216 | 349 | 417 | 442 |
| 6 | 90 | 208 | 250 | 274 | 342 |
| 7 | 100 | 174 | 224 | 283 | 313 |

**Figura 6.6**

Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos

**Tecnoconcret 1.**

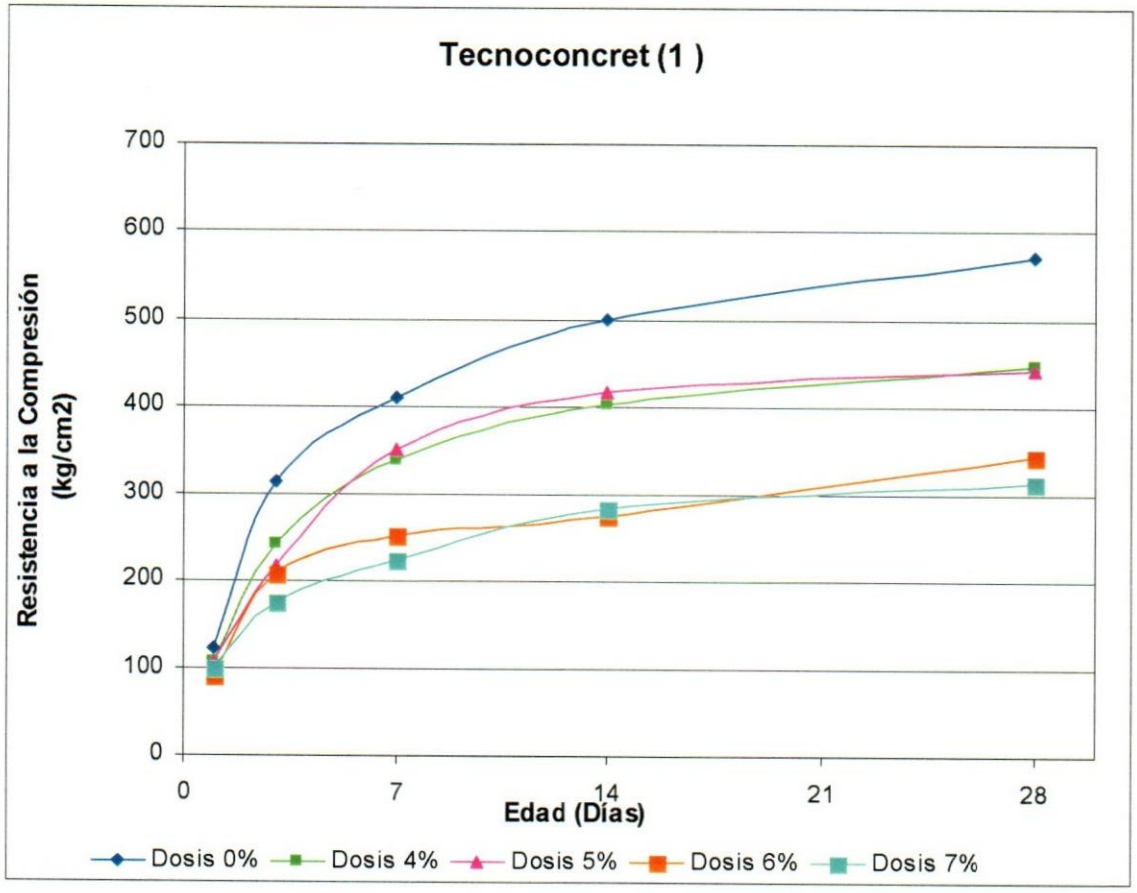


**Tabla 6.20**

Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos

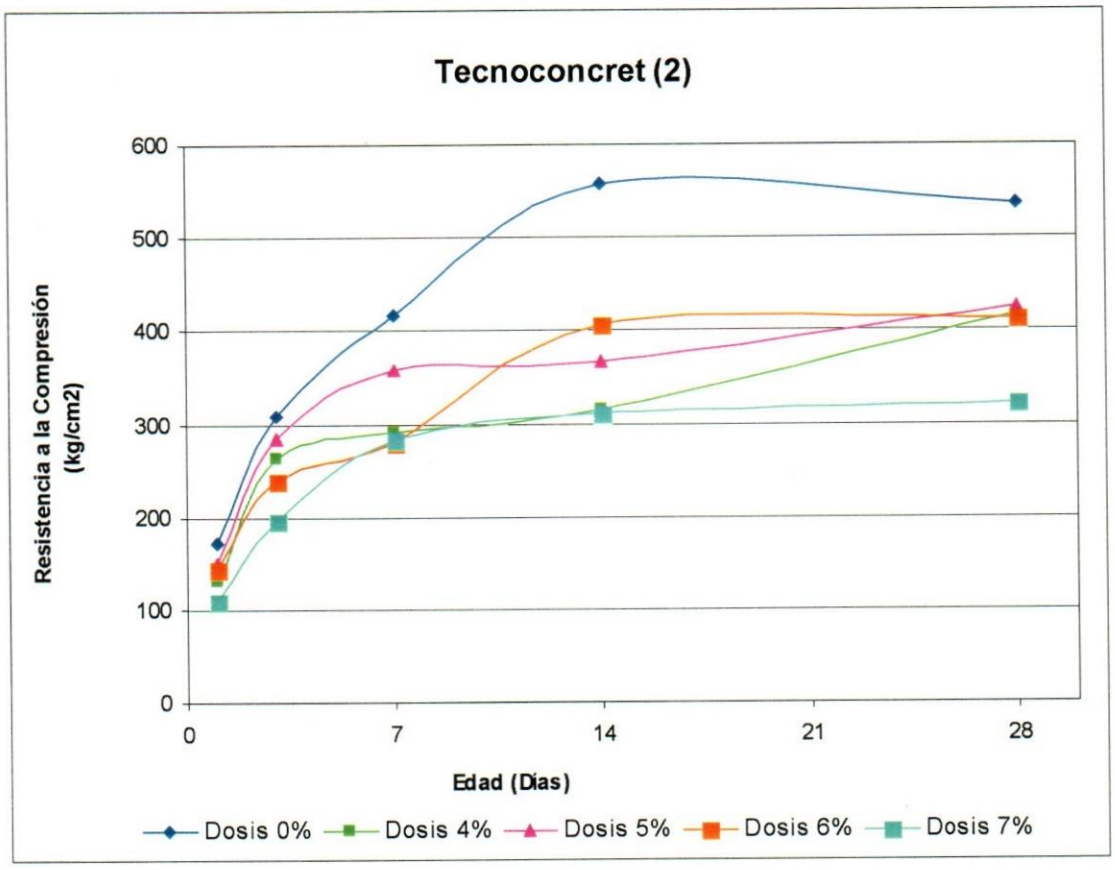
**Tecnoconcret 2** (Acelcret AF + PSPR + NSL)

| Dosis | Resistencia a la compresión (Kg/cm2) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| acelerador (%) | 24 horas | Día 3 | Día 7 | Día 14 | Día 28 |
| 0 | 171 | 308 | 415 | 556 | 534 |
| 4 | 131 | 263 | 290 | 314 | 416 |
| 5 | 149 | 283 | 357 | 365 | 424 |
| 6 | 142 | 239 | 280 | 405 | 412 |
| 7 | 109 | 195 | 281 | 310 | 320 |

**Figura 6.7**

Resistencias a la compresión de las muestras con aditivos

**Tecnoconcret 2**



En las figuras anteriores se aprecia la reducción de la resistencia con respecto a la muestra patrón (0% dosis de acelerador) para todas las marcas de aditivos aceleradores. Cabe destacar que mientras mayor sea la dosis de aditivo acelerador agregada a la mezcla de concreto e independientemente de la marca del acelerador empleada, mayor es la disminución de la resistencia a la compresión en comparación con la mezcla patrón; sin embargo y como se puede evidenciar en las figuras anteriores, la caída de resistencia se encuentra mas marcada en un aditivo que en otro. En general se evidencia que la dosis adecuada de acelerador para evitar mayor pérdida de la resistencia a los 28 días oscila entre el 4 y 5 %.

Tomando en consideración que la resistencia de diseño del concreto proyectado para el túnel de trasvase es 400 Kg/cm2, se recomienda no sobrepasar el uso de las siguientes dosis de aceleradores para cada casa de aditivos respectivamente:

- Sigunit 510 de **Sika <** 6%.
- MEYCO SA 160 de **MBT<** 5%.
- Acelcret mezcla tipo 1, de **Tecnoconcret <** 5%.
- Acelcret mezcla tipo 2, de **Tecnoconcret <** 7%.

En las graficas expuestas anteriormente, en general, las resistencias a partir de las 24 horas son menores en las muestras con aditivos que en las muestras patrón.

El aditivo acelerador que se usa para el concreto proyectado es, como su nombre lo dice, acelerador de fraguado, es decir, disminuye significativamente de horas a minutos el tiempo de fraguado inicial y final, al medir el incremento de resistencias durante las edades tempranas, es decir, antes de las 24 horas, se nota que efectivamente las resistencias iniciales con acelerador son mayores que sin acelerador, esto de se puede observar en la Tabla 6.15. Este aditivo tiene también como función, disminuir o neutralizar la plasticidad de la mezcla bombeada, para evitar el escurrimiento y reducir el rebote, sobre todo en bóveda. Ya después de las 24 horas, y a edades posteriores, es mayor la resistencia de la mezcla patrón que la acelerada. Lo que se quiere lograr con esto es que esta disminución sea lo menos posible sobre todo a los 28 días, pero es usual que así ocurra. Mientras el efecto acelerador sea más "fuerte" las resistencias iniciales serán mayores, pero las finales mucho menores.

En la tabla 6.21 se presenta los valores de la resistencia a los 28 días de las muestras ensayadas.

**Tabla 6.21**

Resistencia a la compresión a los 28 días de las mezclas ensayadas

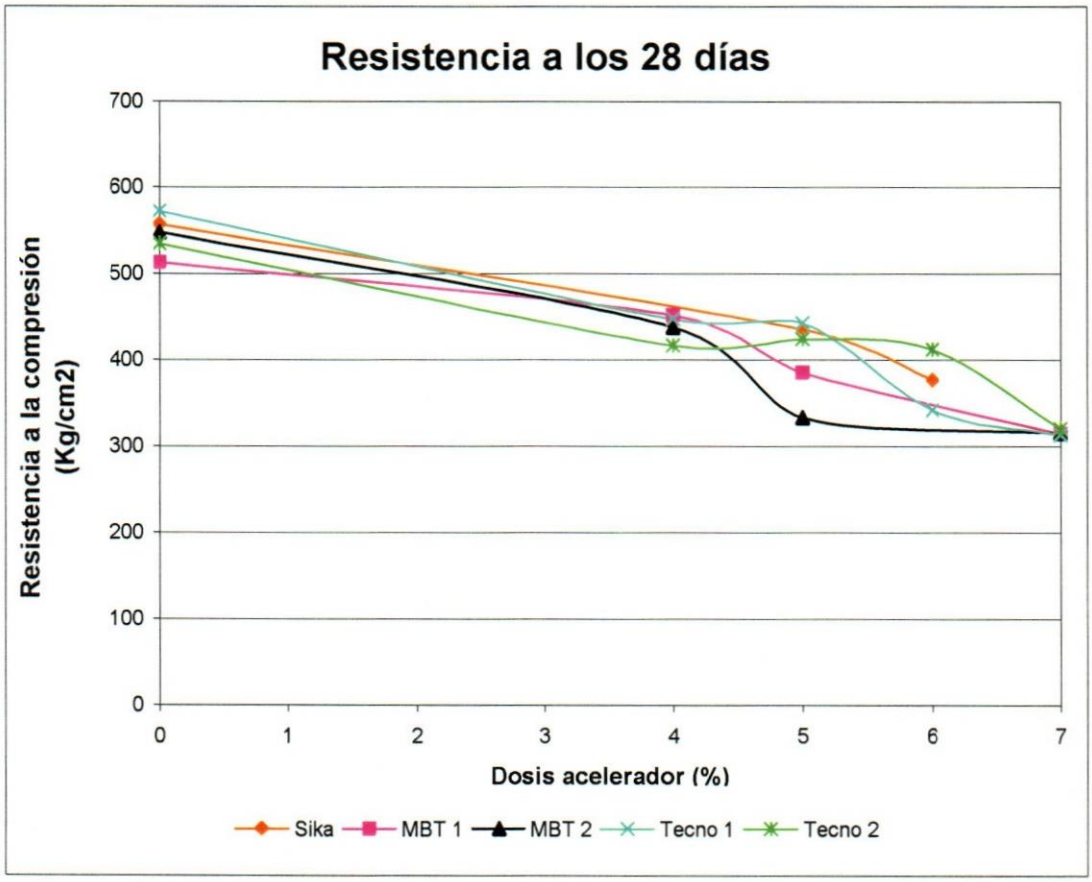
| **Dosis acelerador (%)** | **Resistencia a la compresión (Kg/cm2)** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Sika** | **MBT(1)** | **MBT(2)** | **Tecno*(1)** | **Tecno*(2)** |
| 0 | 556 | 512 | 547 | 572 | 534 |
| 4 | - | 451 | 437 | 447 | 416 |
| 5 | 435 | 385 | 333 | 442 | 424 |
| 6 | 376 | - | - | 342 | 412 |
| 7 | - | 314 | 315 | 313 | 320 |

*Tecnoconcret

La Figura 6.8 muestra gráficamente los valores de mostrados en la Tabla 6.21.

**Figura 6.8**

Resistencia a la compresión a los 28 días a diferentes dosis de las alternativas de mezclas de las casas **SIKA, Tecnoconcret y MBT.**



Seguidamente se muestra en la tabla 6.22 el porcentaje de reducción de la resistencia a los 28 días que presentaron las muestras pertenecientes a cada marca de aditivos con respecto a la muestra patrón debido a la adición de los aceleradores de fraguado.

**Tabla 6.22**

Porcentaje de reducción de la resistencia según aditivo y dosis

| **Dosis** | **Reducción de la resistencia a la compresión a los 28 días (%)** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **(%)** | **Sika** | **MBT(1)** | **MBT (2)** | **Tecno (1)** | **Tecno (2)** |
| 4 | - | 11,9 | 20,1 | 21,85 | 22,1 |
| 5 | 22,18 | 24,8 | 39,12 | 22,72 | 20,6 |
| 6 | 38,24 | - | - | 40,21 | 22,85 |
| 7 | - | 38,7 | 42,4 | 45,28 | 40,1 |

Se evidencia por ejemplo que para un porcentaje de 5 % de acelerador, la mezcla que presenta menor porcentaje de reducción de la resistencia a la compresión a los 28 días con respecto a su respectiva muestra patrón es la propuesta por la casa **Tecnoconcret** (mezcla tipo 2), con un porcentaje de reducción del 20,6 % seguida de la propuesta de SIKA con un 22,18 % de reducción.

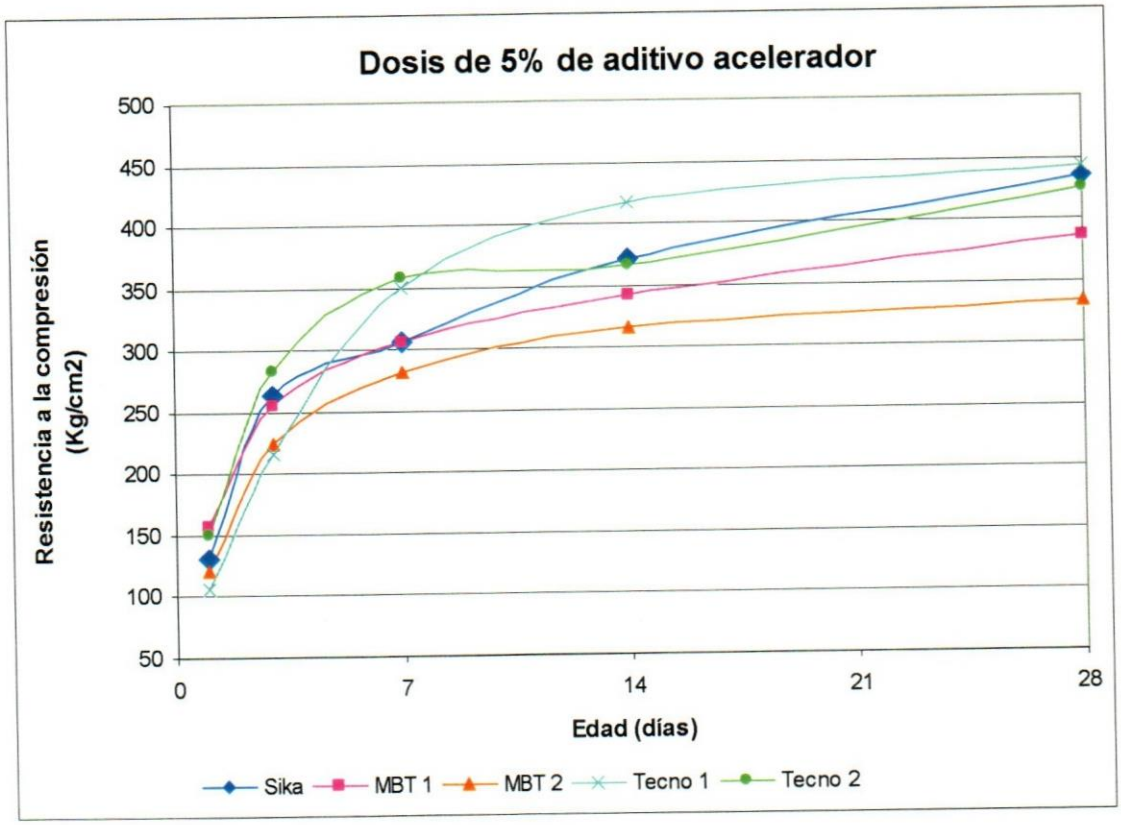
**Tabla 6.23**

Resistencias a la compresión de mezclas con una dosis de acelerador de 5% del peso del cementante.

| Tipo de mezcla | Resistencia a la compresión (Kg/cm2) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 24 horas | Día 3 | Día 7 | Día 14 | Día 28 |
| Tecnoconcret (1) | 105 | 216 | 349 | 417 | 442 |
| Tecnoconcret (2) | 149 | 283 | 357 | 365 | 424 |
| MBT (1) | 156 | 254 | 305 | 341 | 385 |
| MBT (2) | 120 | 224 | 281 | 315 | 333 |
| Sika | 130 | 262 | 305 | 370 | 407 |

**Figura 6.9**

Desarrollo de Resistencia a la compresión para todas las marcas de aceleradores con una dosis de 5 % de acelerador con respecto al cementante.



## 6.6 ESTIMACIÓN DE COSTO CEMENTO-ADITIVO ACELERADOR DE FRAGUADO

En este trabajo, la evaluación de las distintas propuestas de mezclas de concreto presentadas por las casas **Sika, MBT y Tecnoconcret**, se complementa con un análisis de costo del cemento y del aditivo acelerador por cada metro cúbico de mezcla.

La estimación de estos costos se realizo deduciendo, mediante los resultados de resistencias a los 28 días obtenidos en los ensayos, la resistencia que deberían tener las muestras patrón (ver Tabla 6.24) correspondientes a cada alternativa para obtener una resistencia mínima de 400 Kg./cm$^2$ a los 28 días al agregarle a esta muestra patrón una dosis de 6% de aditivo acelerador. Obtenidas estas resistencias, se estimo la cantidad de cemento que deberían tener estas muestras patrón y la cantidad de aditivo de acelerador para una dosis de 6%.

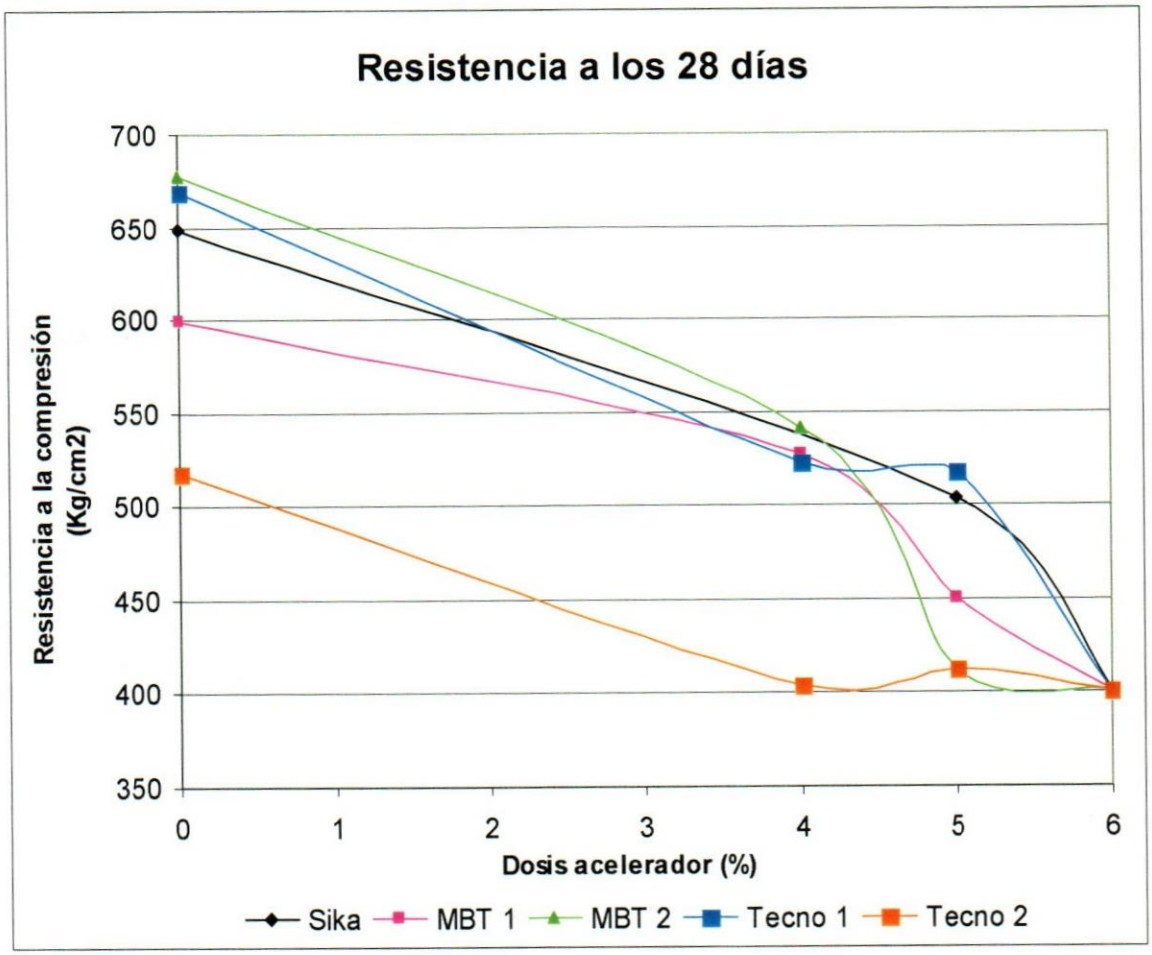
**Tabla 6.24**

Resistencias de diseño (Kg./cm$^2$) para las muestras patrón necesarias para lograr una resistencia de 400 Kg./cm$^2$ a los 28 días al añadirles a estas aditivos aceleradores de fraguado.

| Sika | MBT 1 | MBT 2 | Tecnoconcret 1 | Tecnoconcret 2 |
|---|---|---|---|---|
| 648 | 599 | 677 | 669 | 518 |

**Figura 6.10**

Gráfica de resistencias necesarias (Kg./cm$^2$) para las muestras patrón para lograr una resistencia de 400 Kg./cm$^2$ a los 28 días al añadirles a estas aditivos aceleradores de fraguado.



La tabla 6.25 muestra los precios $/Lt. de los aditivos aceleradores de fraguado pertenecientes a cada casa.

**Tabla 6.25**

Costo de aditivo acelerador

| **Aditivo acelerador** | **Costo ($/ Lt.)*** |
|---|---|
| Acelcret AF (**Tecnoconcret**) | 0,7 |
| MEYCO SA 160 (**MBT**) | 0,95 |
| Sigunit 510 (**Sika**) | 1,35 |

* El precio en bolívares se calcula en base al cambio oficial.

El precio del cemento que se uso en esta estimación de costos, fue el del cemento que se utiliza en el Proyecto Yacambú-Quibor que es suministrado por la empresa **Vencemos Lara.** Este precio es alrededor de 9600 bolívares por saco de cemento lo que es igual a 226 bolívares por kilogramo de cemento.

A continuación se presentan en la Tabla 6.26, los cálculos de costo de cemento y de aditivos acelerador para obtener resistencias presentadas en la Tabla 6.24 para las muestras patrón.

**Tabla 6.26**

Comparación de costo de cemento y aditivo acelerador para cada una de las opciones de mezclas de concreto correspondientes a las casas de aditivos **Sika, MBT** y **Tecnoconcret.**

| Casa | Acelerador | Resistencia requerida para la muestra patrón (Kg/cm3)[1] | Cemento (Kg/m3) | Costo cemento (Bs) | Aditivo acelerador (Kg) | Costo aditivo acelerador (Bs)[2] | % Reducción de resistencia por adición de aditivo acelerador | Costo aditivo acelerador + cemento (Bs) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sika** | Sigunit 510 | 648 | 1.046,31 | 236.466,06 | 62,00 | 114.266,00 | 38,24 | 350.732,06 |
| **MBT 1** | MEYCO | 599 | 789,92 | 178.521,92 | 47,40 | 60.520,32 | 33,20 | 239.042,24 |
| **MBT 2** | MEYCO | 677 | 1.338,15 | 302.421,90 | 80,28 | 102.501,50 | 40,95 | 404.923,40 |
| **Tecno 1** | Acelcret | 669 | 1.205,90 | 272.533,40 | 72,36 | 71.998,20 | 40,21 | 344.531,60 |
| **Tecno 2** | Acelcret | 518 | 555,61 | 125.567,86 | 33,36 | 33.193,20 | 22,85 | 158.761,06 |

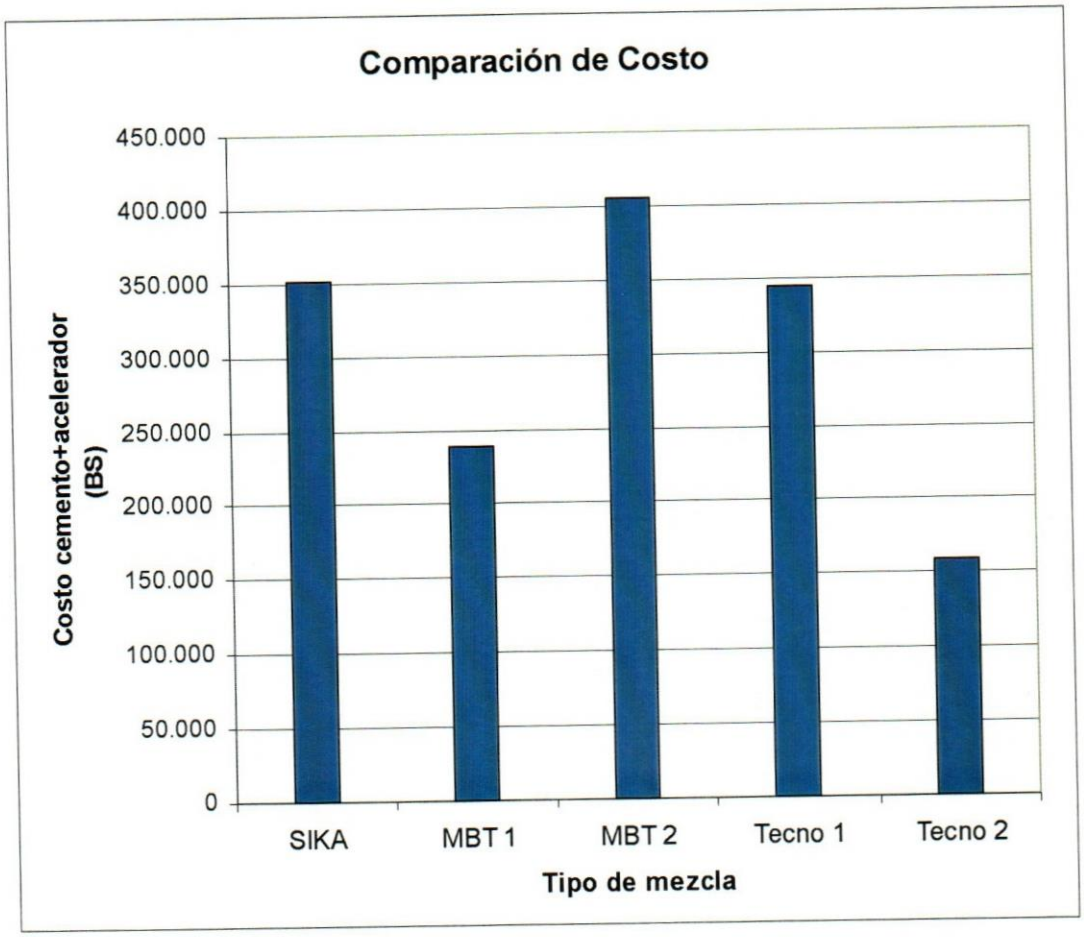
[1] Resistencia requerida para la muestra patrón para lograr una resistencia mínima de 400 $Kg/cm^2$ en una mezcla con 6% de acelerador

[2] Costo en Bolívares, calculado en base al cambio oficial para la fecha (1920 Bs/$)

En la Figura 6.11 se grafican la comparación de los costos de cemento mas aditivo acelerador entre las alternativas de mezclas de **Sika, Tecnoconcret y MBT.**

**Figura 6.11**

Comparación de costo de cemento más aditivo acelerador para los diferentes tipos de mezclas.



Se observa en la Tabla 6.26, que la opción de mezcla de concreto que requiere menor cantidad de cemento es la correspondiente a la casa **Tecnoconcret** mezcla tipo 2 y a su vez el costo por litro de aditivo acelerador de esta mezcla es la mas económica, en consecuencia el costo de cemento mas aditivo acelerador es el mas bajo de todas las opciones. La opción de mezcla **MBT 1** es la segunda opción de mas bajo costo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A medida que avanza la excavación del túnel de trasvase del Proyecto "Yacambú-Quibor", aumentan los factores que dificultan su ejecución tales como la geología del túnel, el ambiente del frente de trabajo, el tiempo de traslado del concreto desde su fabricación en planta (fuera del túnel) hasta el momento de su proyectado, entre otros. Para solucionar este último inconveniente se deben modificar las propiedades del concreto y de esta manera controlar su tiempo de fraguado, trabajabilidad, lanzabilidad y resistencias a temprana edad sin alterar los criterios de resistencias a largo plazo, durabilidad y economía. El problema radica en que para obtener un concreto con estas características, las dosis que se deben agregar de aditivos (superplastificantes, estabilizadores de asentamiento y aceleradores de fraguado), son muy elevadas, dificultando su control y alterando los criterios de control de calidad y economía.

El uso de aditivos aceleradores de fraguado en concreto proyectado, es necesario para el revestimiento de la superficie del túnel porque cumple con la importante función de aumentar las resistencias iniciales y obtener fraguados rápidos, posibilitando la adherencia del concreto a la superficie proyectada y la disminución considerable del rebote. Se muestra en las tablas de resistencias iniciales de mezclas de concreto con aditivos de la casa **Tecnoconcret** (Tabla 6.15), que antes de las 24 horas la muestra sin acelerador consigue resistencias a la primera hora, mientras que en el caso de la muestra sin acelerador se consiguen después de las 12 horas, quedando verificada, la efectividad del acelerador a desarrollar altas resistencias a temprana edad.

Los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia para el presente trabajo reflejaron la reducción de resistencia a partir de las 24 horas producido por este tipo de aditivo, que en realidad mas que perdida de resistencia el problema es un "aumento de resistencia reducido a partir de 24 horas de edad" en comparación con la misma mezcla si aceleradores.

En cuanto a los resultados de tiempo de fraguado se verificó que el uso de aceleradores mantenía este tiempo dentro de los rangos especificados en las normas técnicas del Proyecto "Yacambú-Quibor" para concreto proyectado. Para la mezcla con aditivos de **Tecnoconcret** se cumplen los tiempo de fraguado tanto como para una dosis de 6% de acelerador como para una dosis mínima de 2%, en cuanto a la mezcla con aditivos de la casa **MBT** solo se ensayo tiempo de fraguado con 6% de dosis de acelerador e igualmente cumplió con el tiempo de fraguado especificado en la norma.

Debido al efecto lesivo que producen los aceleradores de fraguado en la resistencia del concreto después de las 24 horas, y de acuerdo a los resultados arrojados por los ensayos de resistencia, es recomendable que el uso de estos aditivos no sea indiscriminado y que su dosificación este dentro de los rangos recomendados por el fabricante.

Cabe destacar que la producción de un concreto proyectado duradero depende significativamente de la destreza del lanzador, el uso de equipos adecuados y en buen estado, y también de un correcto diseño de mezcla. La conjunción de estos aspectos garantiza la suficiente energía de compactación del concreto contra la superficie que es fundamental para obtener resistencias óptimas.

Una primera y urgente recomendación se plantea en tomar una serie de acciones para disminuir el tiempo de viaje mas espera del concreto (mayor de dos horas promedio); para así disminuir el porcentaje de superplastificante.

Otra alternativa a éste problema es la construcción de una pequeña planta de concreto en el interior del túnel, esta opción no ha sido estudiada pero fue planteada por ingenieros de la contratista de la obra.

Un planteamiento sería reemplazar el método de Vía Húmeda por el método Vía Seca y con esto ahorrar cuantiosamente en aditivos como superplastificantes y estabilizadores de asentamiento y reducir las dosis del aditivo acelerador de fraguado, pero esto haría que surgieran otras complicaciones que afectarían los costos operativos y en maquinaria, tanto por el desgaste y daños en las máquinas de rotor como por el alto desperdicio por rebote. Otro inconveniente es que el ambiente de trabajo sería aún más hostil por causa de la formación de polvo en la boquilla de proyección. De todas formas estos inconvenientes pueden reducirse o eliminarse mediante procedimientos para tal fin.

Aunque es normativo, siempre es recomendable, mantener un control de calidad permanente sobre agregados, cemento, aditivos y proceso de fabricación, transporte y lanzado del concreto proyectado.

Por ultimo, se recomienda que se realice una nueva investigación en la que se ejecuten todos los ensayos necesarios para determinar la calidad en cuanto a resistencia del concreto bajo las mismas condiciones de ensayo (temperatura, lugar de ensayo, materiales, equipos) de manera de obtener

resultados totalmente representativos y también en donde se tomen y ensayen muestras de concreto *in situ* para verificar la calidad del concreto que se va colocando.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BRACAMONTES, Raúl. El concreto lanzado como sistema de reparación. M.B.T México S.A de C.V. Naucalpan, México.

[2] KHON, Karl y SZOMSTEIN, Samuel. Análisis de la influencia de los aditivos plastificantes y superplastificantes sobre la resistencia y el costo de fabricación del concreto. Trabajo de grado, Universidad Metropolitana, Ingeniería Civil. Caracas. 2002.

.

[3] MELBYE, Tom. Shotcrete para rocas. M.B.T International Underground Construction. Zurich, Suiza. 2004

[4] MORABITO, Gerardo. Concreto proyectado: uso; método constructivo; investigaciones sobre el tema. Trabajo de grado, Ingeniería Civil, Universidad Central de Venezuela, Caracas. 1985.

[5] PORRERO, J; RAMOS, C; GRASES, J y VELASCO, G. Manual del concreto estructural. Sidetur. Caracas. 2004

[6] PRAENCA, Ana. Sprayed reinforced concrete wet mix replacing reinforced cast "in situ" concrete. Facultade de Engenharia U.P. Portugal. (Paper)

## NORMAS

[1] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE

Guide of shotcrete.

ACI 506R-90

[2] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

Concrete Agregates.

ASTM C 33

[3] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

Compressive Strenght cylindrical Concrete Speciments.

ASTM C 39

[4] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete.

ASTM C 42

[5] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

Slump of Hydraulic Cement Concrete.

ASTM C 143

[6] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
Standard Specification for Portland Cement.
ASTM C 150

[7] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle.
ASTM C 191

[8] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete.
ASTM C 618

[9] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
Standard Test Method for Time of Setting of concrete Mixtures by Penetration Resistance.
ASTM C 403

## ÍNDICE DE ANEXOS

**ANEXO 1** **Fotografías**

**ANEXO 2** **Agregados**

2.1- Combinaciones de agregados utilizados en los ensayos.

2.2- Informe sobre agregados utilizados en el Proyecto por UCV

2.3- Informe sobre agregados utilizados en el Proyecto por MGA

**ANEXO 3** **Tipos de soporte para el Túnel de trasvase**

**ANEXO 4** **Cartas de propuesta técnica de casas de aditivos**

**ANEXO 5** **Resultados de los ensayos**

**ANEXO 6** **Normas ASTM y Covenin**

6.1- Covenin 255-77

6.2- ASTM C 403

6.3- ASTM C143

6.4- ASTM C39

**ANEXO 7** **Cartas Técnicas de aditivos**

7.1 MBT

7.2 Tecnoconcret

7.3 Sika

**ANEXO 1**

**Fotografías**

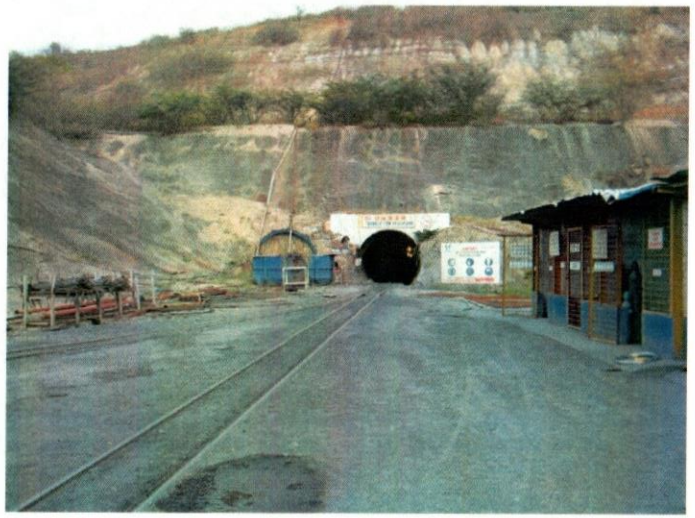


Foto # 1
Salida Túnel de Trasvase

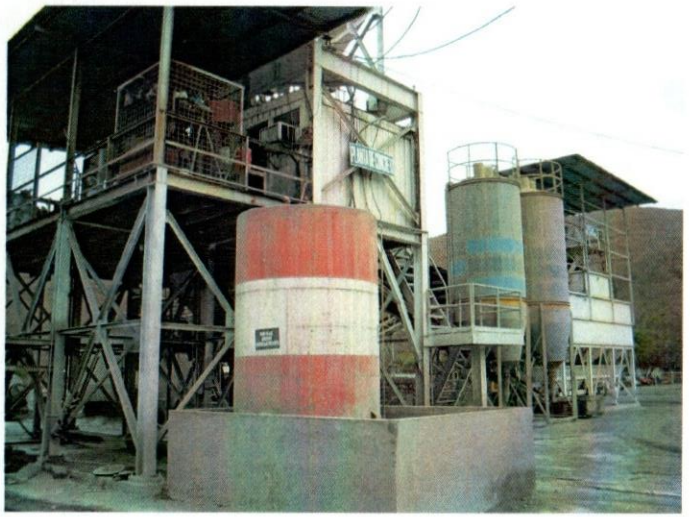


Foto # 2
Planta de Concreto

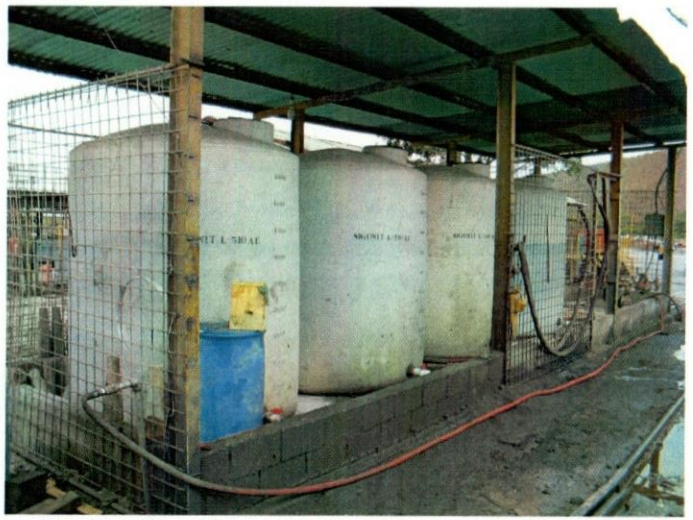


Foto # 3
Almacén de aditivo acelerador

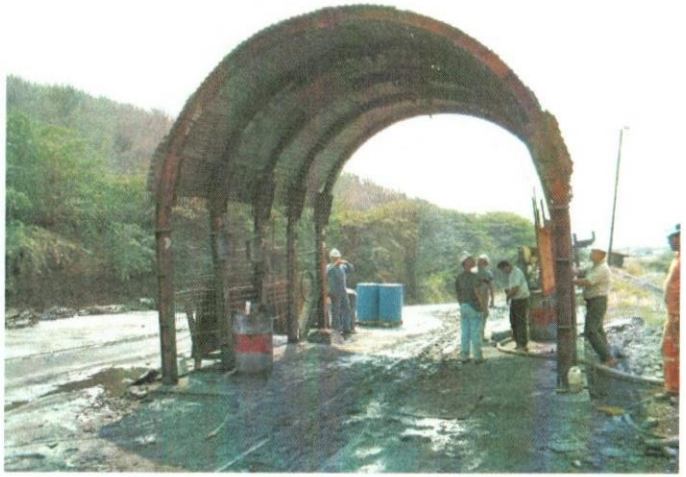


Foto # 4
Falso Túnel

Foto # 5
Bomba de Concreto

Foto # 6
Moranes

Foto # 7
Brazo Robot

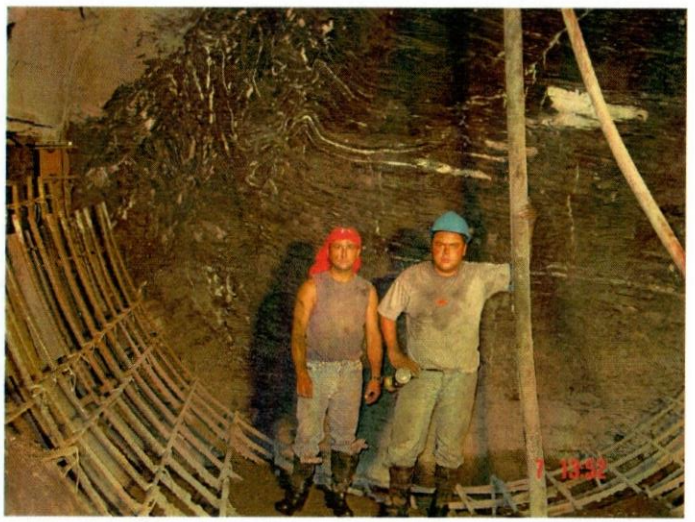


Foto # 8
Frente de Trabajo

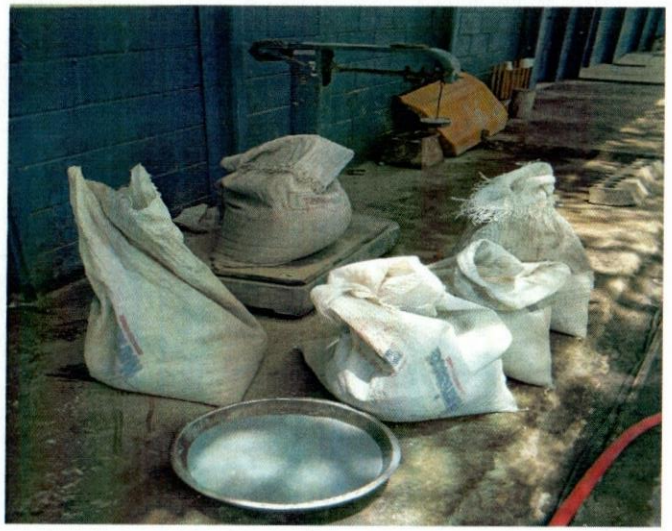


Foto # 9
Componentes de la mezcla para el vaciado de bandejas (80 lts)

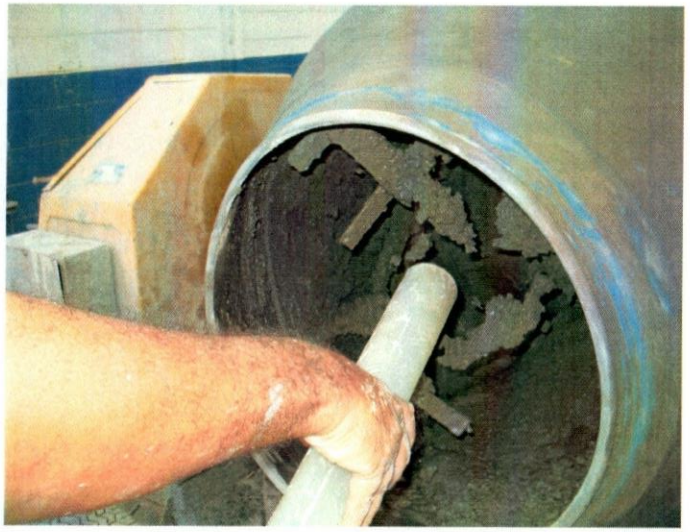


Foto # 10
Colocación de superplastificante en mezcla

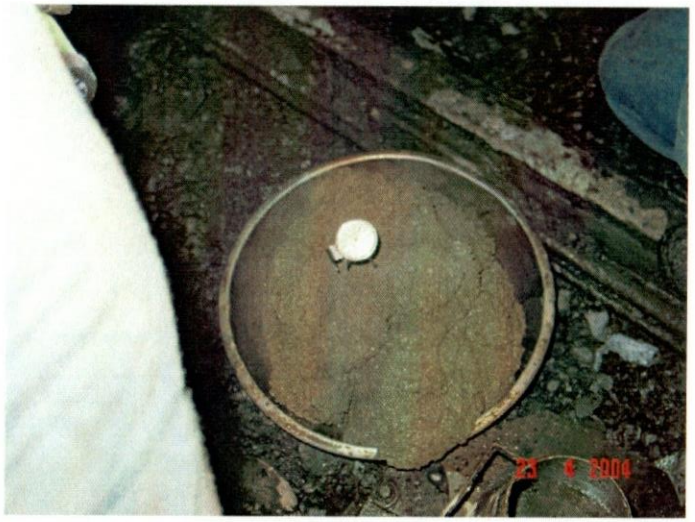


Foto # 11
Temperatura de la mezcla

Foto # 12
Ensayo de Asentamiento (Cono de Abrams)

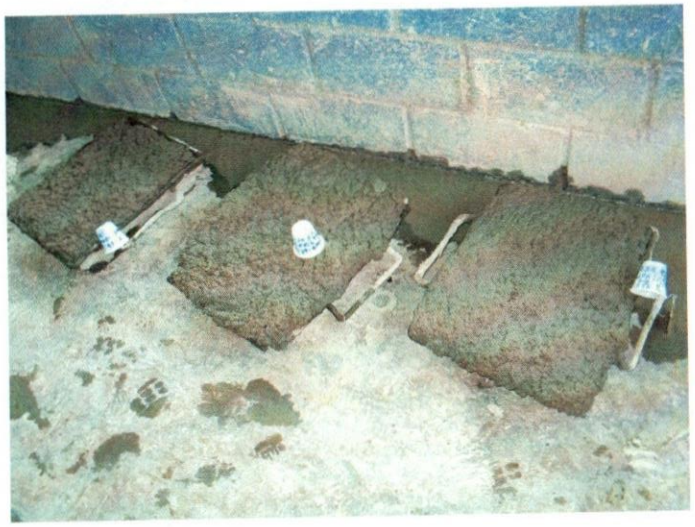


Foto # 13
Muestras en bandejas

Foto # 14
Core-Drill extrayendo núcleos

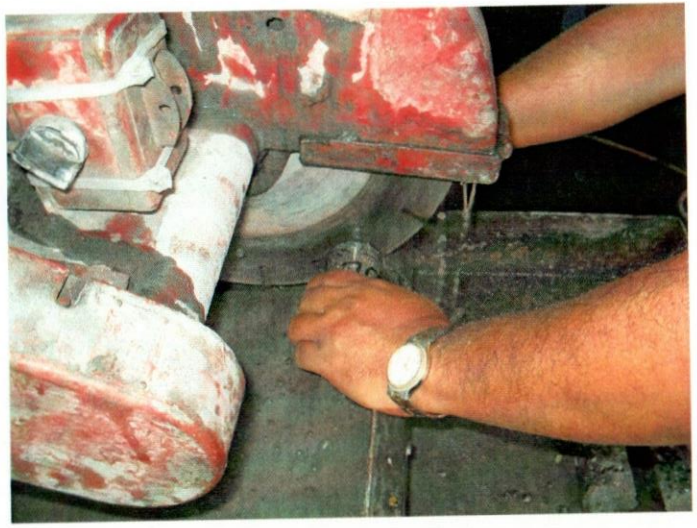


Foto # 15
Disco punta de diamante para dimensionar núcleos

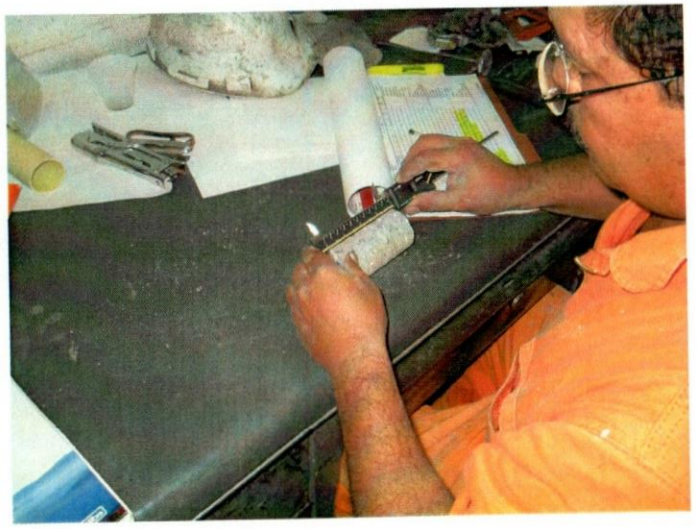


Foto # 16
Medición de altura de núcleos con Vernier

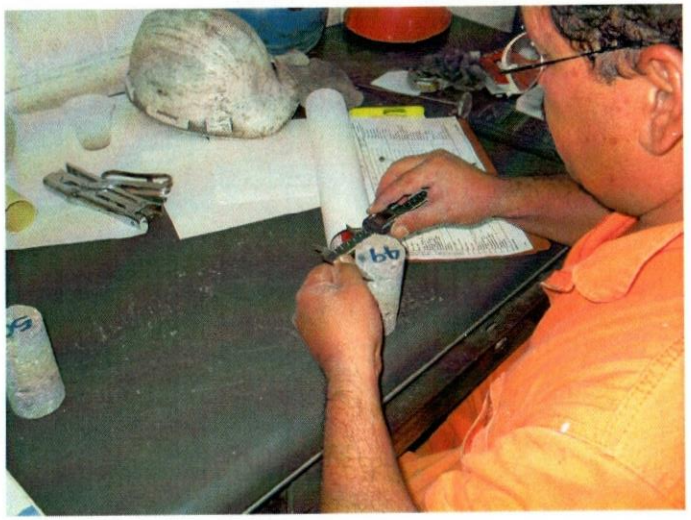


Foto # 17
Medición de diámetro de núcleos con Vernier

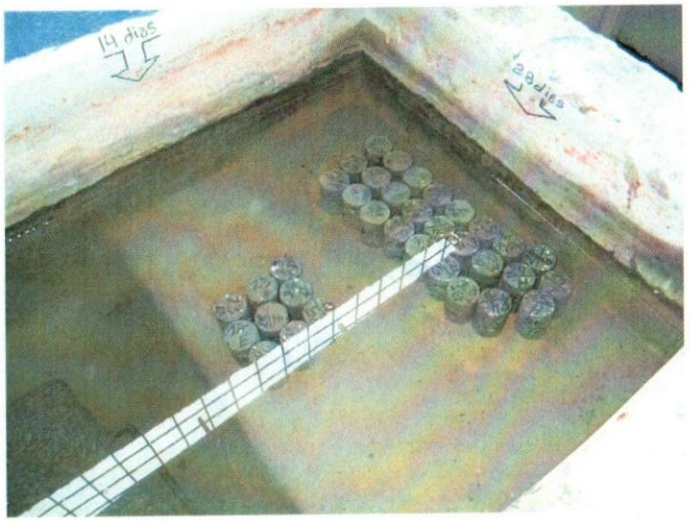



Foto # 18
Tanque de curado

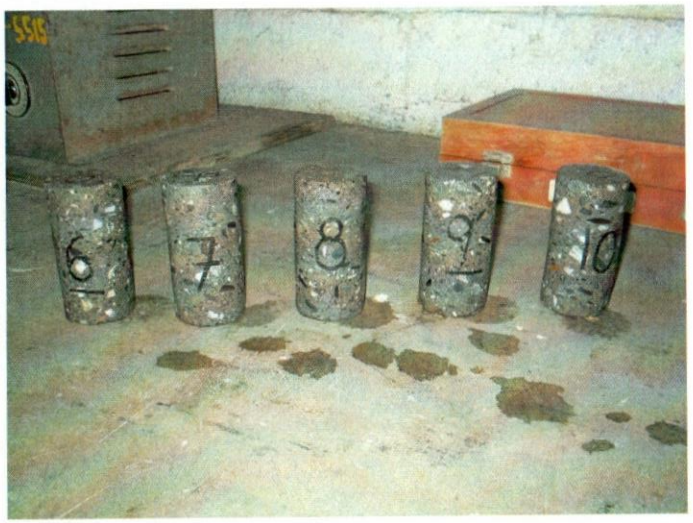



Foto # 19
Núcleos para Ensayo de compresión

Foto # 20
Prensa hidráulica para Ensayo a compresión

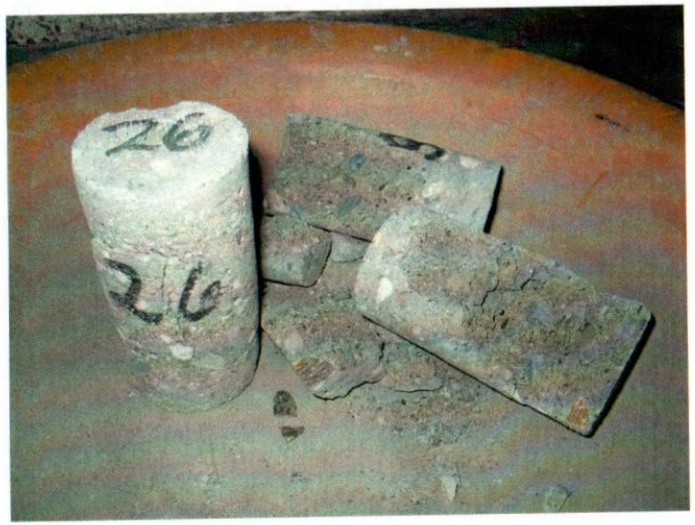



Foto # 21
Núcleos rotos luego de ensayar

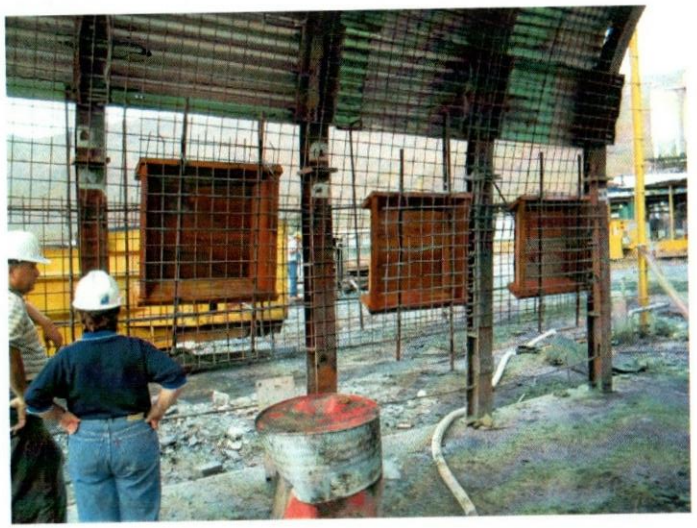


Foto # 22
Colocación bandejas en hastial Falso Túnel

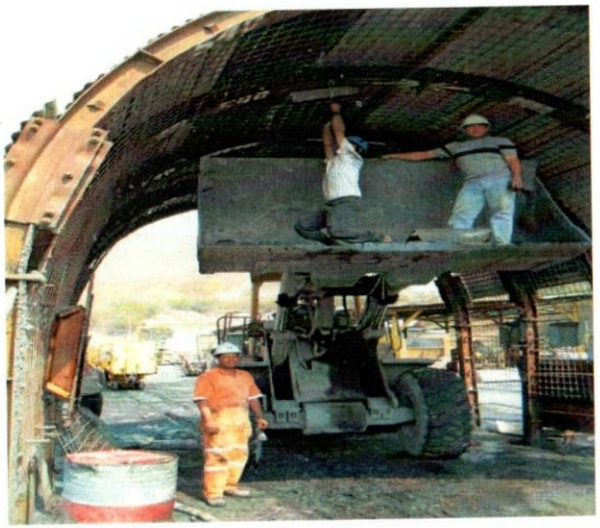


Foto # 23
Colocación bandejas en bóveda Falso Túnel

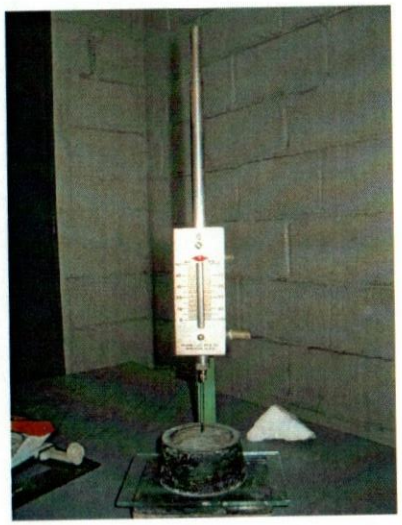


Foto # 24
Aguja Vicat

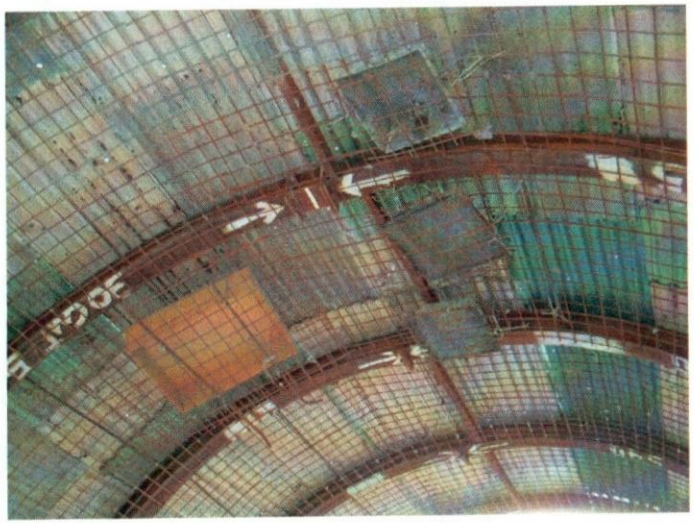


Foto # 25
Bandejas en bóveda Falso Túnel

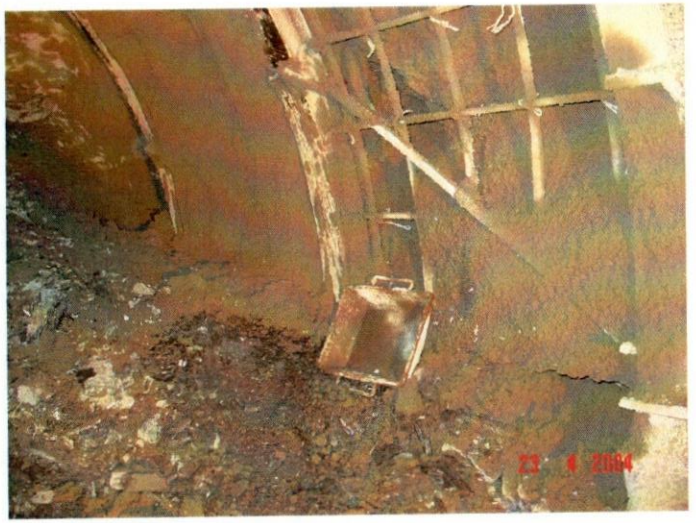


Foto # 26
Bandeja en interior de Túnel

Foto # 27
Extremo de lanzado de Brazo Robot

Foto # 28
Boquilla de lanzado

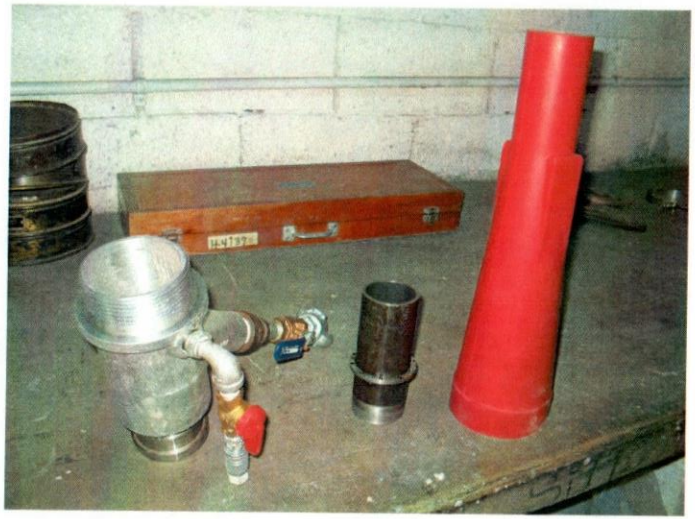


Foto # 29
Partes de la boquilla de lanzado

Foto # 30
Dosificador de acelerador, boquilla de lanzado

Foto # 31
Control remoto Brazo Robot

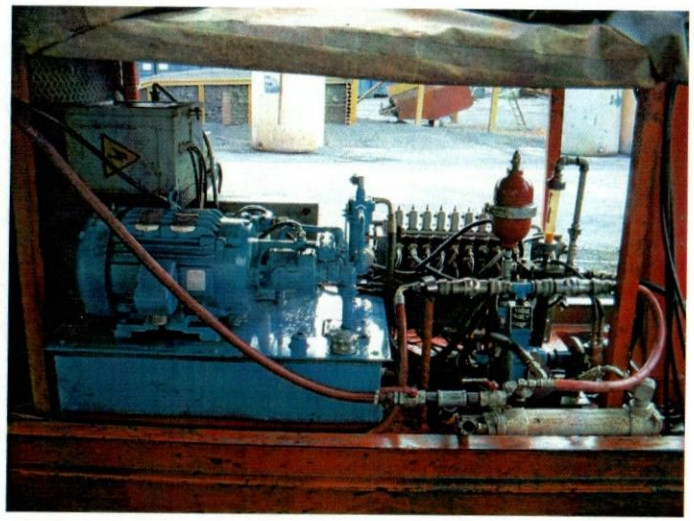


Foto # 32
Bomba de acelerador Brazo Robot

Foto # 33
Caudalímetro y Pulmón Brazo Robot

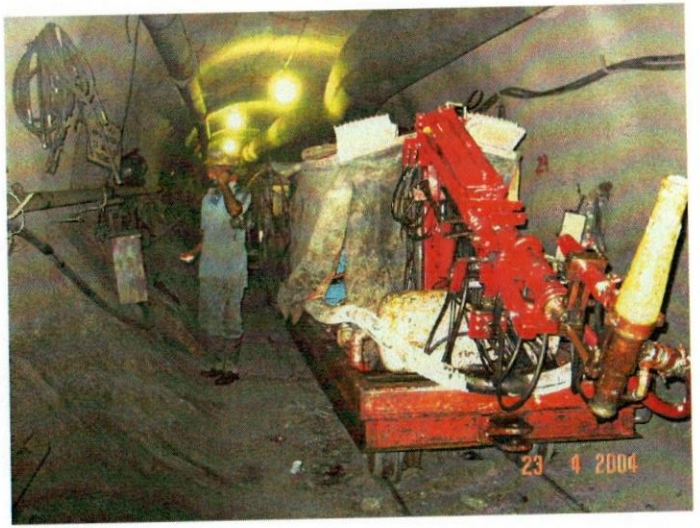



Foto # 34
Brazo Robot interior del Túnel

Foto # 35
Preparación Brazo Robot interior del Túnel

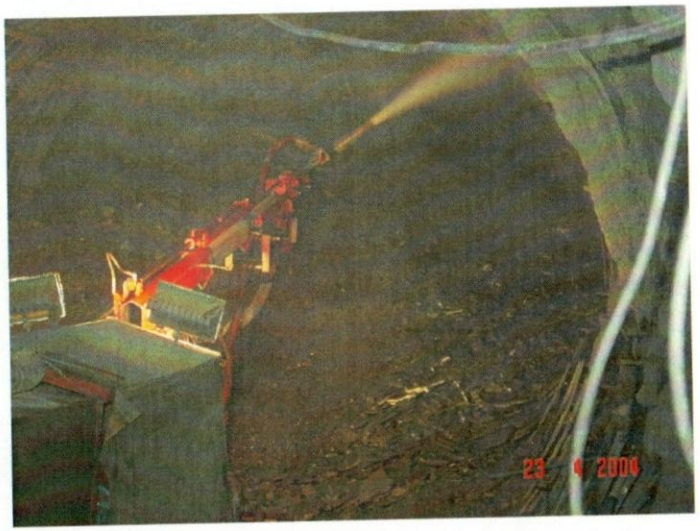



Foto # 36
Proyectado con Brazo Robot en bóveda

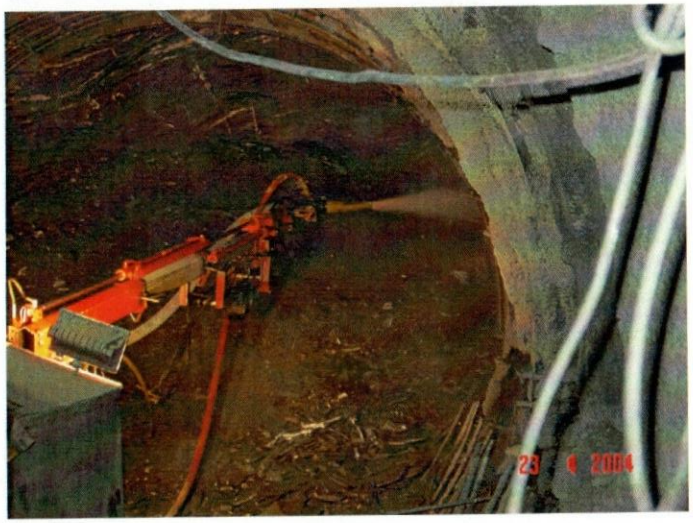



Foto # 37
Proyectado con Brazo Robot en hastial

Foto # 38
Mezcladora y Pistones de bomba de Concreto

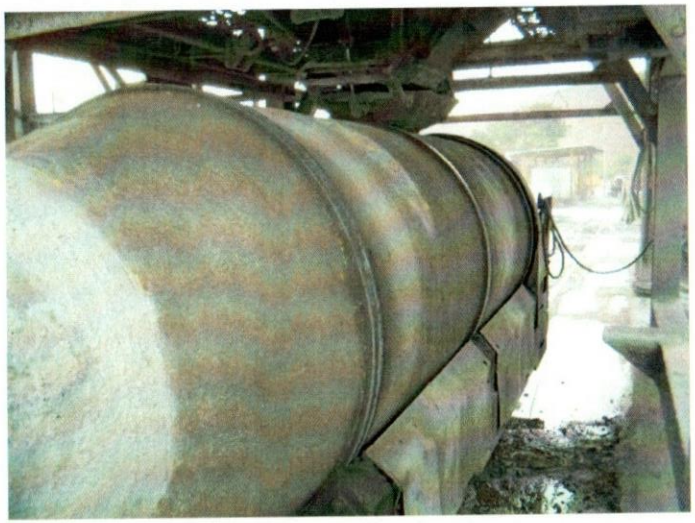


Foto # 39
Llenado de Morán en planta de Concreto

Foto # 40
Locomotora halando sistema de proyectado en Túnel

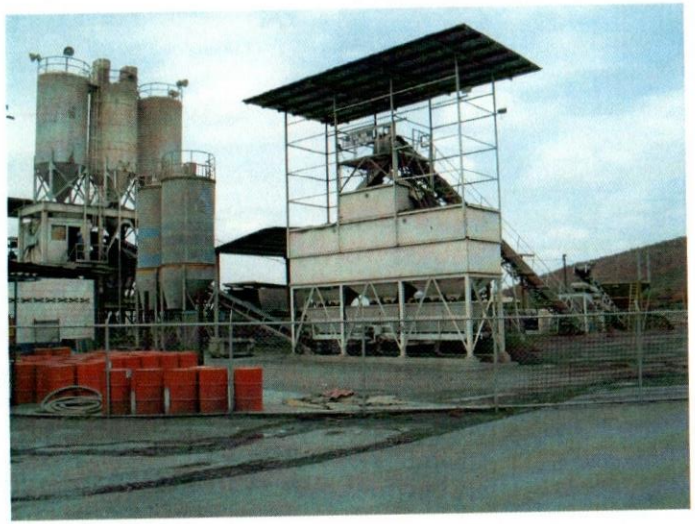


Foto # 41
Planta de Concreto tolvas de agregados

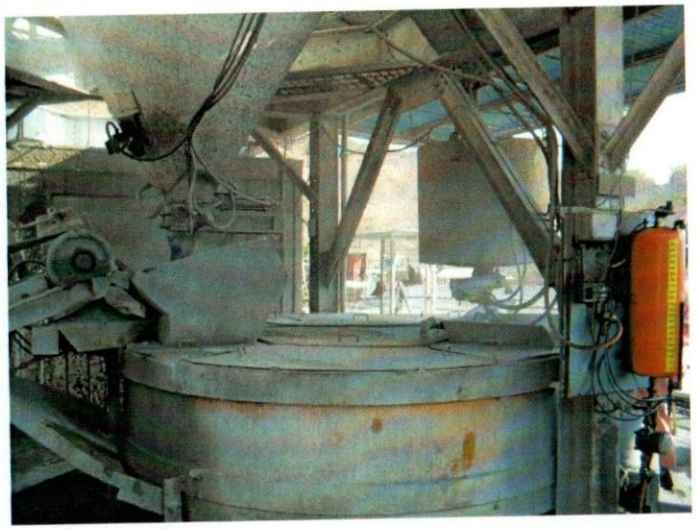


Foto # 42
Mezcladora en planta de Concreto

Foto # 43
Microsílica en planta de Concreto

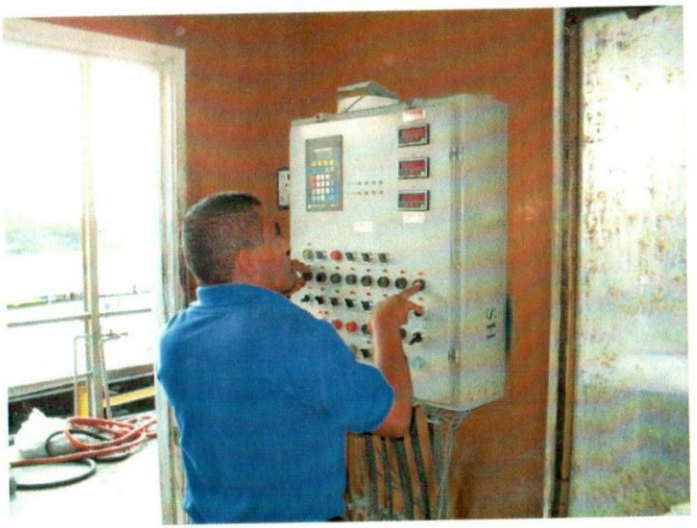


Foto # 44
Controlador de dosis en planta de Concreto

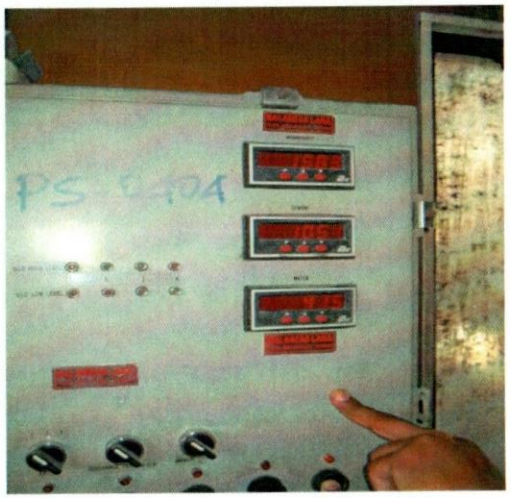



Foto # 45
Medidores de dosis en planta de Concreto

Foto # 46
Acero de refuerzo en interior de Túnel

Foto # 47
Colocación de Acero de refuerzo y costillas en frente de Trabajo

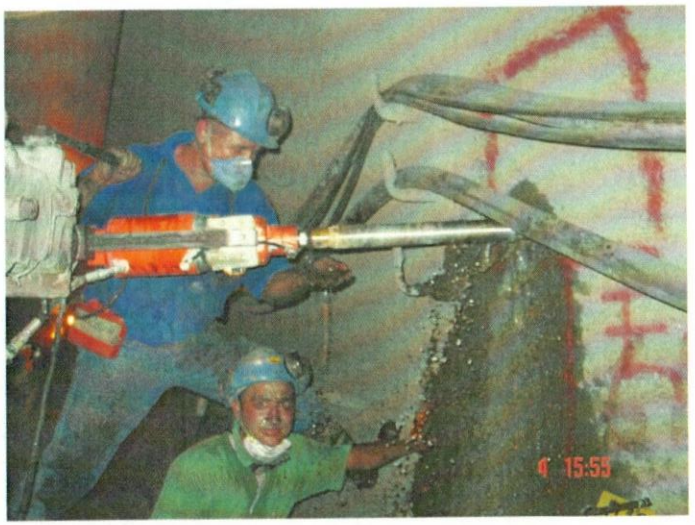
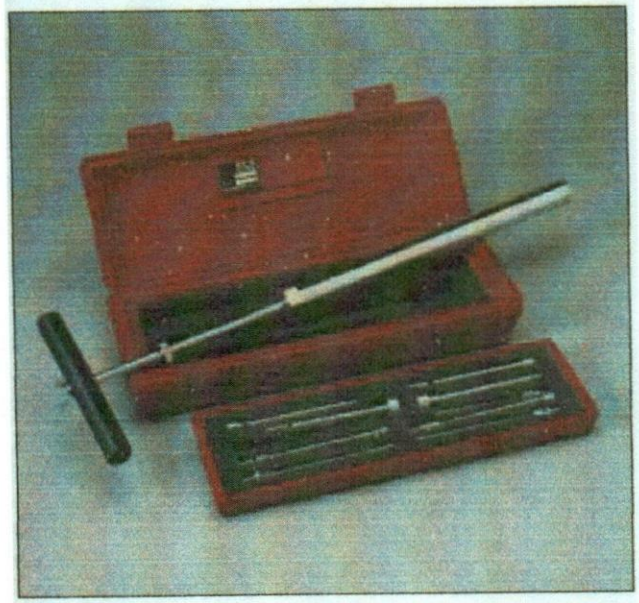



Foto # 48
Core-Drill en interior de Túnel

Foto #49

Penetrómetro de Mortero

**Cemento**
TIEMPO DE FRAGUADO



## Penetrómetro de Mortero

ASTM C-403.

- ***Capacidad de 130 lb. con subdivisiones de 1 libras.***
- ***Incluye 6 agujas intercambiables de acuerdo con las especificaciones de ensayo ASTM.***
- ***Chapado para su resistencia a la oxidación y larga duración.***
- ***Práctico maletín de transporte con compartimientos individuales.***

El conjunto del Penetrómetro de Mortero se utiliza para determinar el ritmo de endurecimiento de los morteros contenidos en mezclas de hormigón después de su tamizado. La unidad consiste de un dinamómetro especialmente calibrado con una escala indicadora de presión en el vástago del mango. La escala de presión está calibrada hasta 130 libras, con subdivisiones de 1 libra. A cada intervalo de 10 lb existe una división principal. Un anillo deslizante a lo largo del vástago indica la carga máxima obtenida durante el ensayo.

### Especificaciones

| | |
|---|---|
| *Penetrómetro.* | *Dinamómetro con resorte calibrado.* |
| *Escala de presión.* | *130 libras x 10 libras y subdivisiones de 1 libras.* |
| *Lectura del ensayo.* | *Indicada por el anillo deslizante.* |
| *Agujas.* | *Se incluyen agujas con extremos de 1, 1/2, 1/4, 1/10, 1/20 y 1/40 pulg. cuadrada.* |
| *Maletín de transporte.* | *De plástico con bandeja; 457 mm a. x 152 mm p. x 121 mm a. (18 pulg. x 6 pulg. x 4-3/4 pulg.).* |
| *Peso.* | *Neto 3,2 kg (7 libras).* |

# ANEXO 2

## Agregados

## 2.1- Combinaciones de agregados utilizados en los ensayos.

SISTEMA HIDRAULICO
YACAMBU QUIBOR C.A.

OBRA:

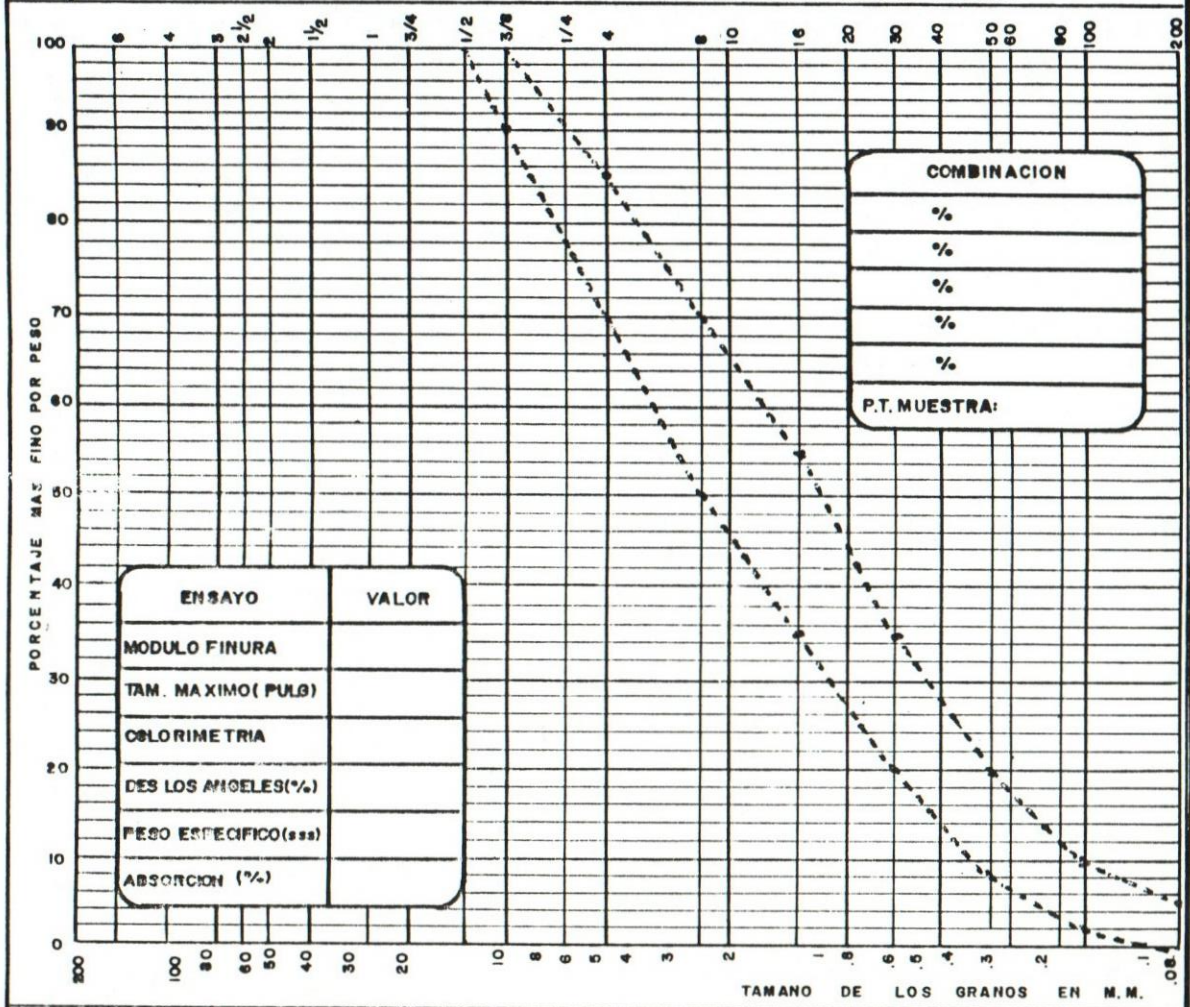
PROCEDENCIA: GRADACION TIPO 2 ACI 506 R-85

FECHA:

# COMBINACION DE AGREGADOS

## ANALISIS POR TAMIZADO

TAMANO DE LA ABERTURA EN PULGADAS — NUMERO DE MALLAS POR PULGADA




| COMBINACION |
|---|
| % |
| % |
| % |
| % |
| % |
| P.T. MUESTRA: |

| ENSAYO | VALOR |
|---|---|
| MODULO FINURA | |
| TAM. MAXIMO (PULG) | |
| COLORIMETRIA | |
| DES LOS ANGELES (%) | |
| PESO ESPECIFICO (sss) | |
| ABSORCION (%) | |

| CANTOS RODADOS | GRUESO | FINO | GRUESO | MEDIO | FINO |
|---|---|---|---|---|---|
| | GRAVA | | ARENA | | |

| TAMIZ / AGREGADO | GR | % | GR | % | GR | % | GR | % | GR | % | ESP | COMB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No 200 | | | | | | | | | | | 0/5 | |
| No 100 | | | | | | | | | | | 2/10 | |
| No 50 | | | | | | | | | | | 8/20 | |
| No 30 | | | | | | | | | | | 20/35 | |
| No 16 | | | | | | | | | | | 35/55 | |
| No 8 | | | | | | | | | | | 50/70 | |
| N 4 | | | | | | | | | | | 70/85 | |
| 1/4" | | | | | | | | | | | — | |
| 3/8" | | | | | | | | | | | 90/100 | |
| 1/2" | | | | | | | | | | | 100 | |
| 3/4" | | | | | | | | | | | 100 | |
| 1" | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/4" | | | | | | | | | | | | |
| 1 1/2" | | | | | | | | | | | | |
| 2" | | | | | | | | | | | | |

OBSERVACIONES:

DPTO LABORATORIO

TECNICO: REVISADO:

SISTEMA HIDRAULICO
YACAMBU QUIBOR C.A.

OBRA: [illegible] TRASVASE

PROCEDENCIA: PORTAL DE SALIDA

FECHA:

HORA:

ARENA Dell' Acqua
tam. Max. Nº 4

# CURVA GRANULOMETRICA COMUN.

MUESTRA Nº Vol:

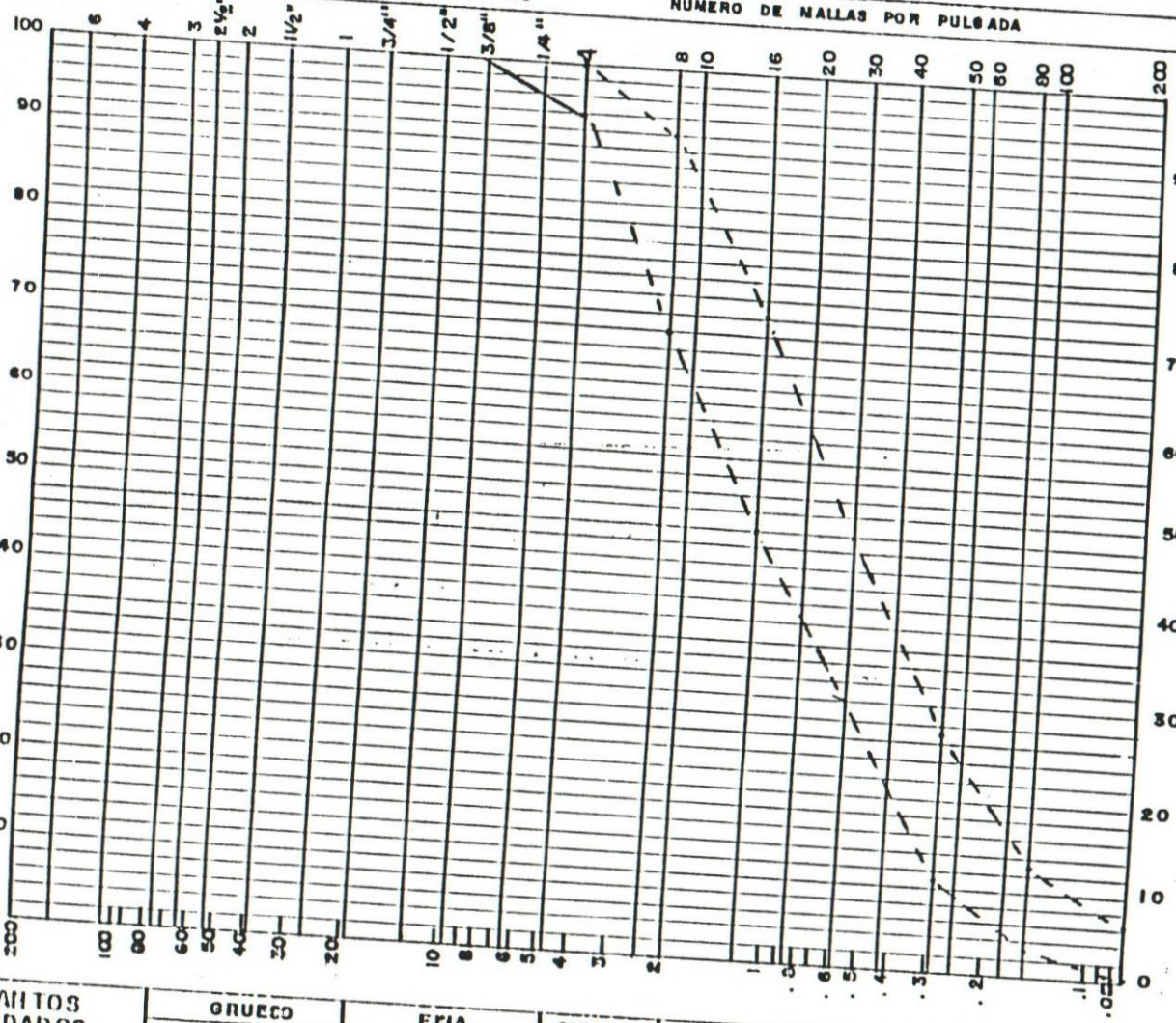
COORDENADAS

N:

E:

COTA.

## ANALISIS POR TAMIZADO.




| TAMIZ | RET. ACUMULADO (GRAMOS) | % RET. ACUMULADO | % PASA |
|---|---|---|---|
| 1/2" | | | |
| 3/8" | | | |
| 1/4" | | | |
| # 4 | | | |
| # 8 | | | |
| # 16 | | | |
| # 30 | | | |
| # 50 | | | |
| # 100 | | | |
| # 200 | | | |

| HUMEDAD | | PESO MUESTRA HUMEDA TOTAL. |
|---|---|---|
| CAPSULA Nº | | |
| PESO CAPSULA + SH | | PESO MUESTRA SECA TOTAL. |
| PESO CAPSULA + SS | | |
| PESO CAPSULA | | PESO MUESTRA FINA SECA. |
| % HUMEDAD | | |

| CANTOS RODADOS | GRUESO | FINA. | GRUESO | MEDIA. | FINA. |
|---|---|---|---|---|---|
| | GRAVA | | ARENA | | |

OBSERVACIONES: TAMAÑO MAXIMO:

| | | | |
|---|---|---|---|
| PEDONES (MAYOR 3") | | LIMITE LIQUIDO | |
| GRAVA 3" RET. Nº 4. | | LIMITE PLASTICO | |
| ARENA (R. Nº 4 [illegible]) | | INDICE DE PLASTICIDAD | |
| FINOS (PASA [illegible]) | | CLASE. USCS | |

TECNICO:

REVISADO:

DPTO LABORATORIO

SISTEMA HIDRAULICO
YACAMBU QUIBOR C.A.

OBRA: TUNEL DE TRASVASE
PROCEDENCIA: PORTAL DE SALIDA
FECHA:
HORA:

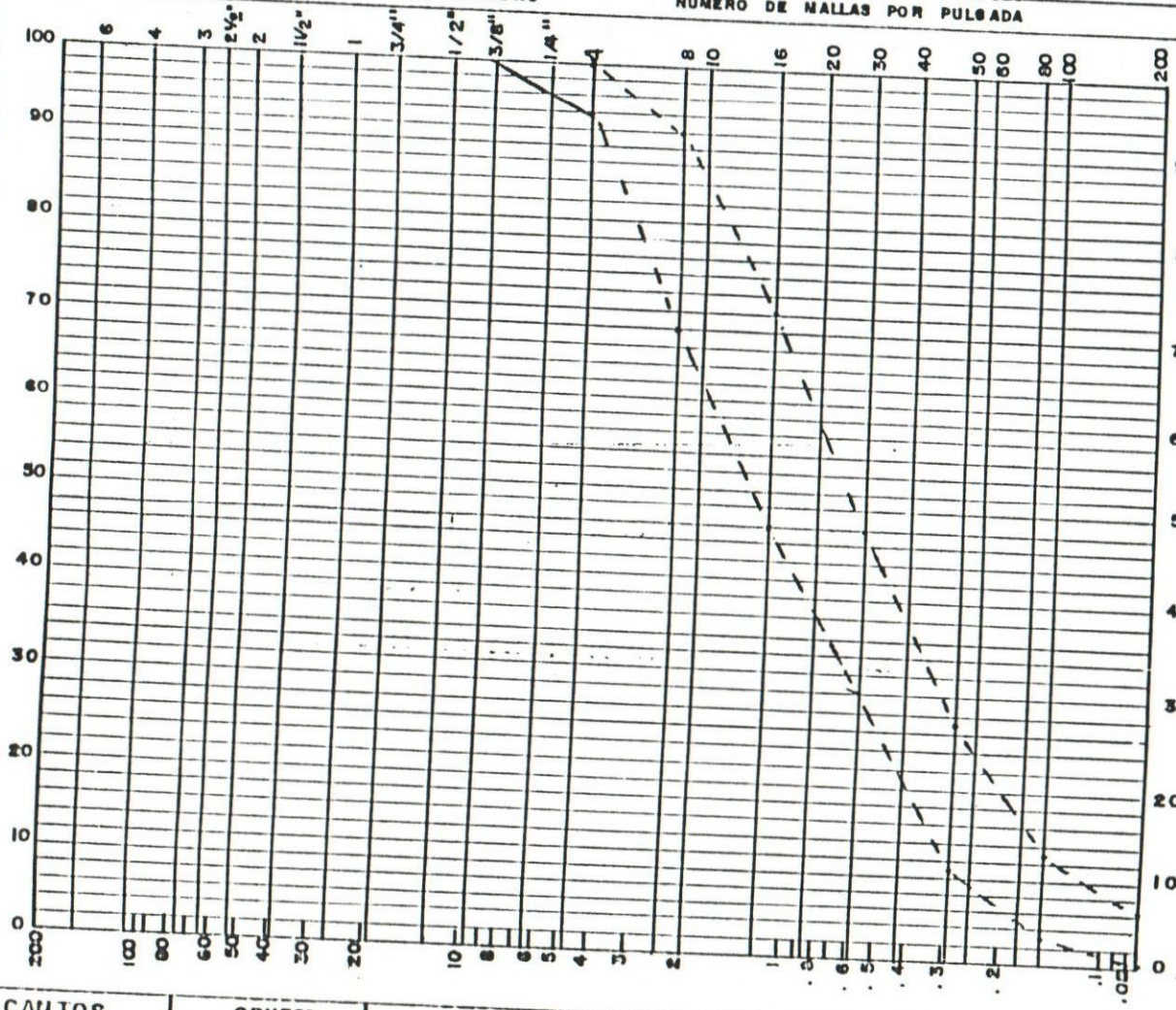
ARENA Dell' Acqua
tam. Max. Nº 4

# CURVA GRANULOMETRICA COMUN.

MUESTRA Nº Vol:

| COORDENADAS | COTA. |
|---|---|
| N: | |
| E: | |

ANALISIS POR TAMIZADO.




| TAMIZ | RET. ACUMULADO (GRAMOS) | % RET. ACUMULADO | % PASA |
|---|---|---|---|
| 1/2" | | | |
| 3/8" | | | |
| 1/4" | | | |
| # 4 | | | |
| # 8 | | | |
| # 16 | | | |
| # 30 | | | |
| # 50 | | | |
| # 100 | | | |
| # 200 | | | |

| HUMEDAD | | PESO MUESTRA HUMEDA TOTAL. |
|---|---|---|
| CAPSULA Nº | | |
| PESO CAPSULA + SH | | PESO MUESTRA SECA TOTAL. |
| PESO CAPSULA + SS | | |
| PESO CAPSULA | | PESO MUESTRA FINA SECA. |
| % HUMEDAD | | |

| CANTOS RODADOS | GRUESO | FINA. | GRUESO | MEDIA. | FINA. |
|---|---|---|---|---|---|
| | GRAVA | | ARENA | | |

OBSERVACIONES: TAMAÑO MAXIMO:

| | | | |
|---|---|---|---|
| PEDONES (MAYOR 3") | | LIMITE LIQUIDO | |
| GRAVA 3" RET. Nº 4. | | LIMITE PLASTICO | |
| ARENA (P. Nº 4 RET. Nº 200) | | INDICE DE PLASTICIDAD | |
| FINOS (P. Nº 200) | | CLASIF. USCS | |

TECNICO:

REVISADO:

DPTO LABORATORIO

## 2.2- Informe sobre agregados utilizados en el Proyecto por UCV.

# RESUMEN

El presente informe resume los resultados de los ensayos granulométricos y petrográficos efectuados a 4 muestras de agregados finos, identificadas como: DEL ACQUA 1, DEL ACQUA 2, PRESTAMO 4, QUEBRADA HONDA

En un contexto general, las muestras están constituidas por fragmentos de rocas de origen metasedimentario de grano fino a grueso, en una proporción aproximada al 85 %, representados principalmente por filitas negras a grises y cuarcitas negras, respectivamente. Se aprecian también fases minerales aisladas de cuarzo y calcita, principalmente en las fracciones pasantes del tamiz # 50.

Los fragmentos de roca, son en su mayoría elongados (excepto las cuarcitas que adoptaban forman sub-esferoidales), todos con bordes redondeados a subredondeados todos relativamente frescos o bien con un bajo índice de alteración química.

De acuerdo a los resultados, las 4 muestras analizadas se clasificaron en 2 dos grupos, atendiendo a criterios de similitud granulométricas y mineralógicas. El GRUPO 1, conformado por las muestras QUEBRADA HONDA y PRESTAMO 4, y el GRUPO 2, por las muestras DEL ACQUA 1 Y DEL ACQUA 2.

**El GRUPO 1**, se caracteriza principalmente por poseer: a) un contenido de filitas y cuarcitas cercano al 90% y 3%, respectivamente, b) de 73 a 77% de fragmentos con tamaño de granos por encima de 0,6 mm, c) distribución más o menos equiponderal entre las fracciones de 0,6; 1,2; 2,4 y 4,8 mm, d) baja proporción de componentes carbonáticos; y, e) fracción pasante del tamiz # 100 relativamente despreciable, alrededor del 1 %. En contraste **El GRUPO 2**, se caracteriza por poseer: a) contenido aproximado de filitas y cuarcitas de 60% y 25%, respectivamente; b) de 82 a 85% de fragmentos con tamaño de granos por encima de 0,6 mm, c) predominio de las fracciones de tamaño de grano entre 1,2 y 2,4 mm, que alcanza alrededor del 50% de la proporción total de fragmentos existente; d) un promedio de 11% de componentes carbonáticos; y, e) fracción pasante del tamiz # 100 de alrededor del 5%.

En concordancia a los resultados obtenidos del presente estudio, pueden derivarse las siguientes conclusiones generales [1]

1) ***Desde el punto de vista mineralógico constitutivo, las muestras analizadas están conformadas esencialmente por fragmentos de***

[1] El laboratorio se hace responsable exclusivamente de los resultados e interpretaciones derivados de los análisis practicados a las muestras recibidas.

En concordancia a los resultados obtenidos del presente estudio, pueden derivarse las siguientes conclusiones generales [1]

1) ***Desde el punto de vista mineralógico constitutivo, las muestras analizadas están conformadas esencialmente por fragmentos de roca metamórficas, específicamente filitas grafito-cuarzosas y cuarzo-grafitosas, cantidades variables de cuarcitas de grano medio a grueso y proporciones menores de cuarzo libre y calcita. La composición antes descrita no presenta fases minerales o componentes mineralógicos reactivos al concreto.***
2) ***Las muestras DEL ACQUA 1 y DEL ACQUA 2 son muy similares entre sí. La misma consideración se aplica entre las muestras de QUEBRADA HONDA y PRESTAMO 4.***
3) ***El alto contenido de grafito en los fragmentos de rocas filíticas (principal constituyente de los agregados estudiados) y la exfoliación asociada a los mismos, pudieran eventualmente producir una disminución relativa en la resistencia mecánica del concreto, en consecuencia se recomienda evaluar éste parámetro.***

[1] El laboratorio se hace responsable exclusivamente de los resultados e interpretaciones derivados de los análisis practicados a las muestras recibidas.

# I INTRODUCCION

Se recibieron un total de 4 muestras de agregados finos para concreto, con el objeto practicar análisis petrográficos tomando como referencia a la norma ASTM – 295. Tales muestras fueron suministradas por el Prof. Germán Isea, quién a su vez las recibió de la Empresa SISTEMA HIDRAULICO YACAMBU-QUIBOR C.A.

Las muestras con un peso aproximado de 2 a 3 Kg, se identificaron de la siguiente manera:

1) **DEL ACQUA 1**
2) **DEL ACQUA 2**
3) **QUEBRADA HONDA**
4) **PRESTAMO 4**

# II PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Las muestras fueron procesadas tomando como referencia lo pautado en las normas ASTM C-295, C-33, C-136. Para el análisis de cada muestra adoptó el siguiente procedimiento:

1) Aplicación norma C-136. Mezclado mediante agitación mecánica y homogeneización en el cuarteador de Jones. Separación posterior de porciones con pesos aproximados a 500 g.
2) Tamizado de porciones obtenidas en (1) utilizando la siguiente serie de tamices: 3/8", # 4, # 8, # 16, # 30, # 50, # 100, # 200. Determinación de distribución granulométrica.
3) Estudio petrográfico (referencia norma C-295) para cada una de las fracciones separadas de cada muestra. Estudio bajo lupa binocular y microscopio petrográfico.

# III RESULTADOS

Los resultados del estudio granulométrico para todas las muestras se exponen en las Tablas I y II, III y IV. En las mismas se exponen los valores porcentuales del material retenido y pasante para cada una en los diferentes tamices utilizados. Para una mejor visualización, la información se ha condensado en la representación Gráfica del % pasante *vs* # de tamiz, expuesta al final del Apéndice

En las tablas subsecuentes, V, VI, VII y VIII se recopila toda la información pertinente a las descripciones mineralógicas de las fracciones, de cada una de las muestras.

Fotografías ilustrativas del material separado y de las observaciones petrográficas efectuadas, se incluyen en el Apéndice.

# ESTUDIO DE AGREGADOS FINOS

## III.1 GRANULOMETRIA

### TABLA I.- MUESTRA: DEL ACQUA 1

| TAMIZ | ABERTURA | AGREGADO FINO | |
|---|---|---|---|
| | | Retenido | Pasante |
| Nº | (mm) | % | % |
| 3/8" | 9.53 | 0.0 | 100 |
| # 4 | 4.76 | 18,9 | 81,1 |
| # 8 | 2.38 | 31,3 | 49,8 |
| # 16 | 1.19 | 23,2 | 26,5 |
| # 30 | 0.595 | 14,1 | 12,4 |
| # 50 | 0.297 | 6,9 | 5,5 |
| # 100 | 0.149 | 4,5 | 1,1 |
| # 200 | 0.075 | 0,5 | 0,6 |
| Fondo | - | 0,6 | 0,0 |

### TABLA II.- MUESTRA: DEL ACQUA 2

| TAMIZ | ABERTURA | AGREGADO FINO | |
|---|---|---|---|
| | | Retenido | Pasante |
| Nº | (mm) | % | % |
| 3/8" | 9.53 | 0.0 | 100 |
| # 4 | 4,76 | 17,3 | 82,7 |
| # 8 | 2,38 | 29,7 | 53,0 |
| # 16 | 1,19 | 23,3 | 29,6 |
| # 30 | 0,595 | 14,6 | 15,0 |
| # 50 | 0,297 | 8,1 | 7,0 |
| # 100 | 0,149 | 5,5 | 1,4 |
| # 200 | 0,075 | 0,7 | 0,7 |
| Fondo | - | 0,7 | 0,0 |

## 1.- GRANULOMETRIA.

Los agregados para concreto proyectado en las Obras de Trasvase deberán cumplir con la gradación tipo 2 de la designación ACI 506 R-85, tal como se señala en el aparte 4.4 de las Especificaciones Técnicas del Proyecto. la tabla 1 muestra los límites pasantes máximos y mínimos de esta designación y los resultados de los ensayos efectuados a las dos muestras ensayadas. En la figura 1 se grafican las curvas granulométricas de los ensayos.

**Tabla 1. Granulometría de la arena Dell' Acqua. Límites pasantes especificados designación ACI 506 R-85 (tipo 2).**

| TAMIZ (Pulg) | LIMITE INFERIOR | LIMITE SUPERIOR | MUESTRA # 1 | MUESTRA # 2 |
|---|---|---|---|---|
| 3/4" | | | 100.0 | 100.0 |
| 1/2" | 100 | | 99.0 | 98.9 |
| 3/8" | 90 | 100 | 98.0 | 98.1 |
| # 4 | 70 | 85 | 79.6 | 82.5 |
| # 8 | 50 | 70 | 61.5 | 60.1 |
| # 16 | 35 | 55 | 41.1 | 39.0 |
| # 30 | 20 | 35 | 25.5 | 25.3 |
| # 50 | 8 | 20 | 14.9 | 13.1 |
| # 100 | 2 | 10 | 9.0 | 7.8 |
| # 200 | 0 | 5 | 6.4 | 5.6 |

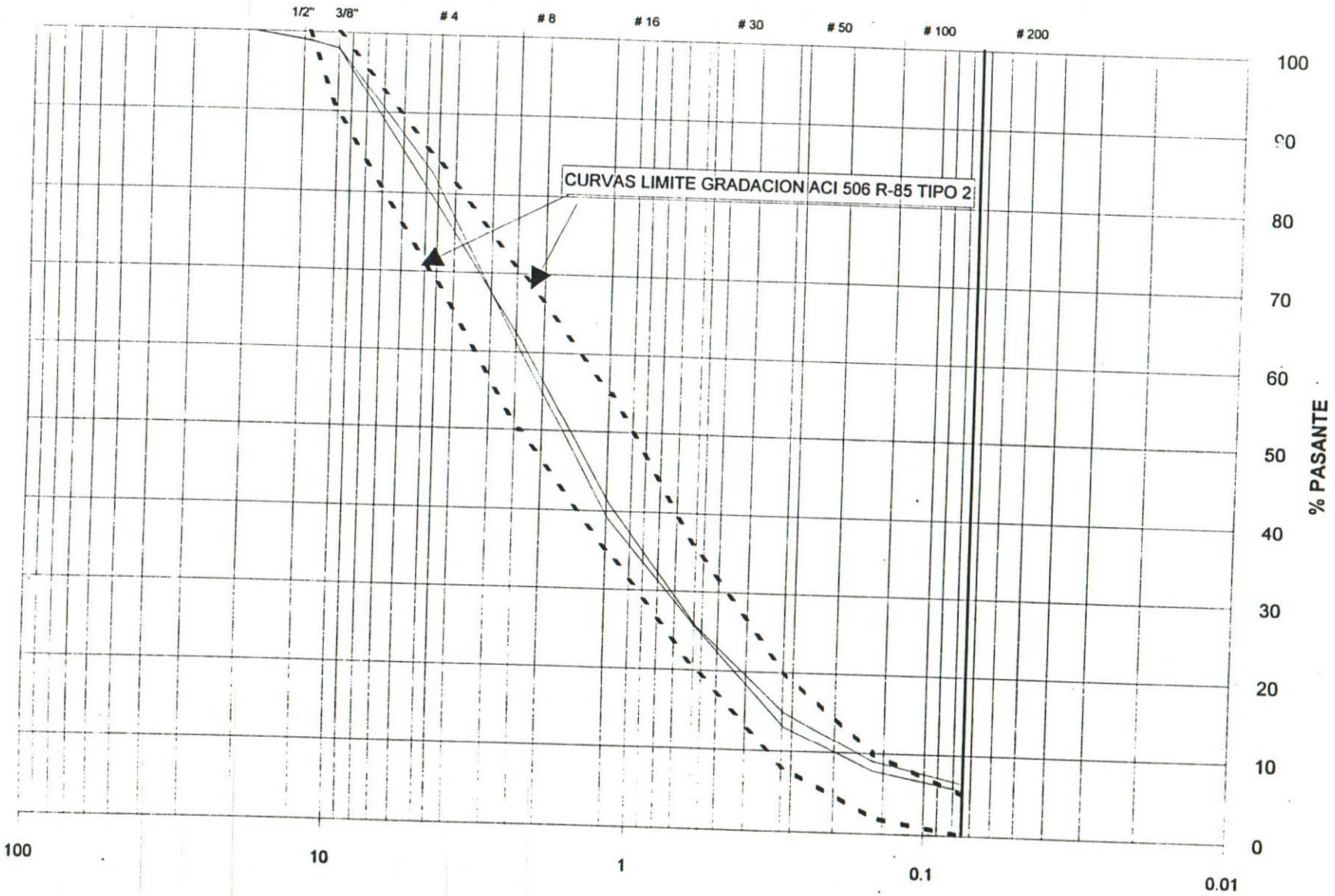
La curva granulométrica muestra un material con exceso de pasante a través del tamiz # 200. Se observa que la curva se "pega" al límite más fino permitido en el tamiz # 100 y por el contrario, se acerca al límite más grueso permitido en los tamices # 8, # 16 y # 30.

Las publicaciones especializadas indican que el exceso de finos y ultrafinos obligan a utilizar mezclas con altas dosis de cemento, por tanto aumenta el riesgo de retracción y es causa principal de la obtención de bajas resistencias mecánicas, ya que dificulta la interacción entre la pasta de cemento y los granos de los agregados más gruesos.

## 2.- MODULO DE FINURA.

Es un índice para la caracterización de las arenas y para el control en el tiempo de la uniformidad de la granulometría. Se interpreta como el tamiz sobre el cual quedaría retenido el 50 % del material. Se calcula sumando los porcentajes retenidos en cada tamiz y dividiendo el resultado entre 100. El tamiz calculado en el módulo de finura no representa directamente los tamices normativos (# 100, # 50, etc.), sino que se asigna

## FIGURA 1. GRANULOMETRIA DE LA ARENA PROCESADA "DELL´ACQUA" TM=3/8" .



una numeración ascendente consecutiva a cada tamiz a partir del tamiz # 100, como se muestra en la tabla 2. Por ejemplo, un módulo de finura de 3 indica que el 50 % del material es retenido en el tamiz # 30. Un módulo de finura alto indica una arena con elevado contenido de granos gruesos.

**Tabla 2. Numeración de los tamices normativos para el cálculo del módulo de finura.**

| TAMIZ | # 100 | # 50 | # 30 | # 16 | # 8 | # 4 | 3/8" | 3/4" |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NUMERACION | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

La sección A.6.3 de las especificaciones Generales del Proyecto señalan que el módulo de finura de las arenas para concreto a utilizarse en las Obras de Trasvase debe ubicarse en el rango de 2.30 a 3.10. SE debe cumplir que por lo menos 9 de cada 10 muestras ensayadas consecutivamente en el mismo lote no varíe en más de 0.20 del promedio del módulo de finura de las muestras ensayadas en los últimos 30 días, con el fin de garantizar la uniformidad de la arena.

La tabla 3 muestra los resultados del cálculo de módulo de finura para las dos muestras ensayadas de la arena Dell' Acqua.

**Tabla 3. Módulo de finura arena Dell' Acqua.**

| | MUESTRA # 1 | MUESTRA # 2 |
|---|---|---|
| MODULO DE FINURA: | 3.29 | 3.41 |

La tabla 3 muestra resultados fuera de los rangos especificados. Una manera de ubicar el módulo de finura de esta arena en el rango especificado consiste en combinar la arena con mayor contenido de material pasante por lo tamices # 8, # 16 y # 30, pero retenido en el # 50.

## 3.- PESO ESPECIFICO.

Esta es otra propiedad índice de los agregados para concreto. está referida al volumen de sólido de las partículas de la arena, sin contar los vacíos que quedan de manera natural entre grano y grano. Para los efectos de este análisis se hará siempre referencia al peso específico saturado con superficie seca, el cual representa la condición de poros llenos de agua, pero superficialmente seco, condición ideal en la obra, pues el agua de mezclado no es absorbida por el agregado sino que se aprovecha totalmente para la hidratación del cemento.

El aparte A.6.1 de las especificaciones Generales del Proyecto consideran el valor de 2.60 como el mínimo para el peso específico del agregado fino a utilizar en los concretos en las Obras de Trasvase.

La tabla 4 muestra los resultados de los ensayos de peso específico de la arena Dell' Acqua.

**Tabla 4. Peso específico saturado con superficie seca. arena Dell' Acqua.**

| | MUESTRA # 1 | MUESTRA # 2 |
|---|---|---|
| PESO ESPECIFICO (S.S.S.): | 2.67 | 2.67 |

Los resultados de los ensayos de peso específico arrojan valores superiores al mínimo especificado. La arena Dell' Acqua posee un peso específico apto para su utilización en el concreto proyectado en las Obras de Trasvase.

## 4.- ABSORCION.

La capacidad de absorción de un agregado indica la cantidad de agua que es capaz de contener internamente el grano durante el mezclado del concreto sin que este agua participe en los procesos fisico-químicos de la hidratación del cemento. Se calcula la absorción desde el estado "seco al horno" hasta "saturado con superficie seca". La absorción de las arenas más comúnmente utilizadas para mezclas de concreto se ubica entre 0.70 y 1.1%.

La tabla 5 muestra el porcentaje de absorción obtenido para la arena Dell' Acqua.

**Tabla 5. Porcentaje de absorción de la arena Dell' Acqua.**

| | MUESTRA # 1 | MUESTRA # 2 |
|---|---|---|
| PORCENTAJE DE ABSORCION: | 0.7 | 0.9 |

Los valores de absorción de la arena Dell' Acqua son los normales de una arena para concreto.

## 5.- PESO UNITARIO SUELTO.

Representa el volumen de referencia que ocupa una arena en un recipiente al dejarla caer en él de forma relativamente libre (sin compactarlo). Es útil para convertir dosificaciones de mezclas de concreto dadas en peso a dosificaciones en volumen y viceversa.

El peso unitario suelto de las arenas más comúnmente usadas para concreto oscila entre 1500 y 1650 Kg/m3.

La tabla 6 muestra los resultados de los ensayos de peso unitario suelto de la arena dell' Acqua.

**Tabla 6. Peso unitario suelto. Arena Dell' Acqua.**

| | MUESTRA # 1 | MUESTRA # 2 |
|---|---|---|
| PESO UNITARIO SUELTO (Kg/m3): | 1572.0 | 1557.0 |

Los valores de peso unitario suelto de la arena Dell' Acqua se encuentran dentro de los rangos considerados como normales en agregados para concreto.

## 6.- IMPUREZAS ORGANICAS.

La presencia de materia orgánica en los agregados genera contaminación en la mezcla, lo que a la larga origina daños irreversibles en el concreto endurecido.

El aparte A.6.1 de las especificaciones Técnicas Generales del Proyecto señalan que se debe rechazar una arena que presente color más oscuro que el normal (patrón) en el ensayo de colorimetría.

La tabla 7 muestra los resultados de los ensayos de impurezas orgánicas efectuados a la arena Dell' Acqua.

**Tabla 7. Ensayos de impurezas orgánicas. Arena Dell' Acqua.**

| | MUESTRA # 1 | MUESTRA # 2 |
|---|---|---|
| COLORIMETRIA (IMPUREZAS ORGANICA): | 1.0 | 1.0 |

Los ensayos de colorimetría arrojaron en ambos casos el valor 1, inferior al máximo de 3 de la sustancia patrón, lo que indica ausencia de materia orgánica. Desde el punto de vista de contaminación por materia orgánica, la arena Dell' Acqua es apta para su utilización como agregado para concreto en las Obras de Trasvase.

## 7.- DESGASTE.

La fracción gruesa del agregado le confiere al concreto propiedades de altas resistencias mecánicas, por lo que el mismo debe poseer alta dureza, de modo que el mecanismo de fractura del concreto no comience con la fractura del agregado.

Las Especificaciones Técnicas Generales del Proyecto y las publicaciones especializadas admiten un porcentaje de desgaste máximo del agregado del 40% en la máquina "Los Angeles".

Debido a la granulometría del agregado (tamaño máximo 3/8") el ensayo aplicado de desgaste consistió en la "gradación tipo C". Los ensayos fueron efectuados en el Laboratorio de mecánica de suelos y materiales del Decanato de Ingeniería Civil de la UCLA, ya que la empresa no dispone del equipo.

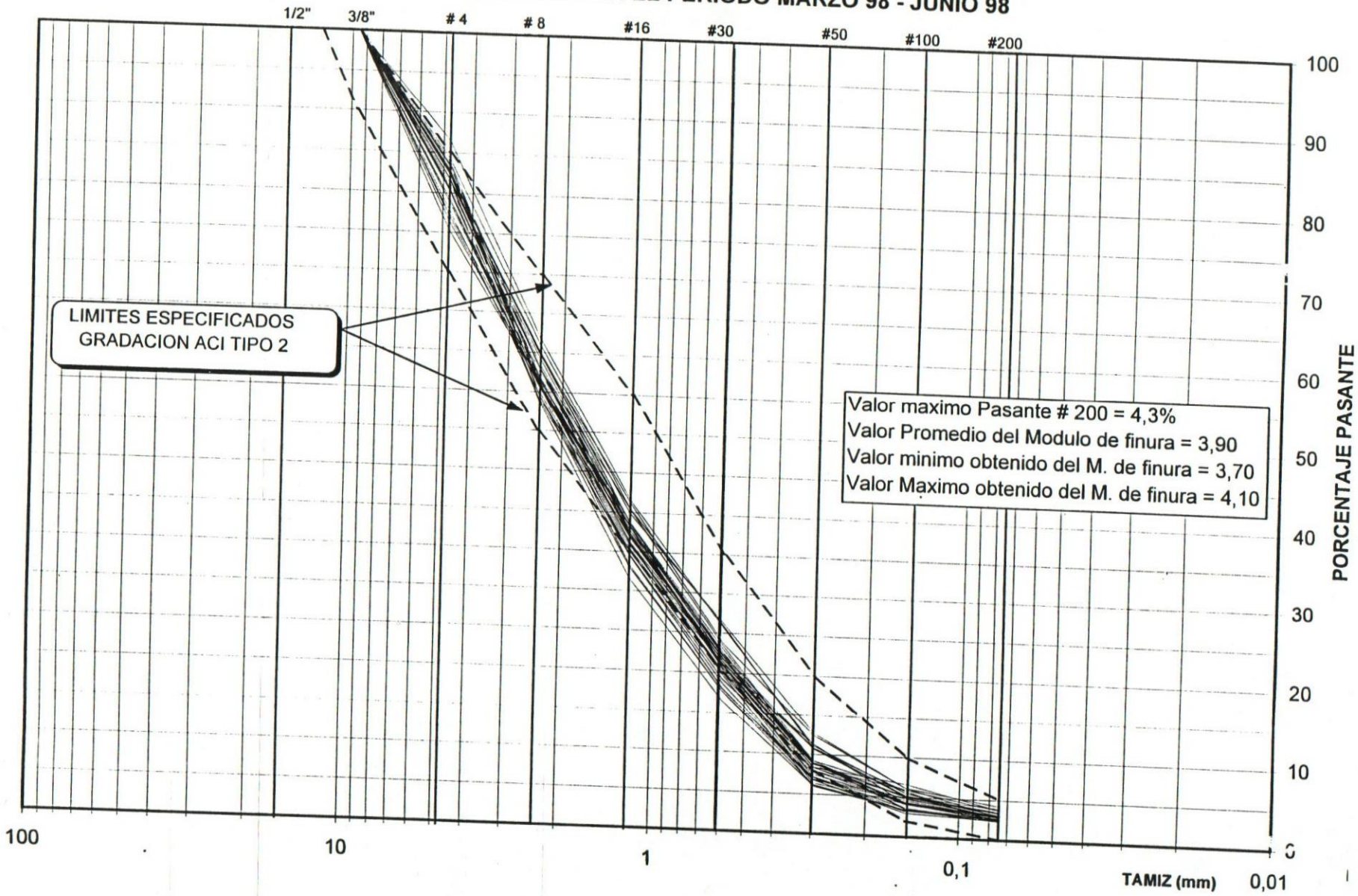
La tabla 8 muestra los resultados del ensayo de desgaste "Los Angeles". Se anexa también el certificado de ensayo suministrado por la UCLA.

**Tabla 8. Resultado de ensayo de desgaste "Los Angeles". Gradación C. Arena Dell' Acqua.**

| | MUESTRA # 1 |
|---|---|
| PORCENTAJE DE DESGASTE (LOS ANGELES): | 36 % |

Los resultados indican que la arena se ubica dentro de los rangos especificados para su utilización como agregado para concreto en la Obras de Trasvase.

## GRANULOMETRIA ARENA "DELL´ACQUA"
## COMPORTAMIENTO EN EL PERIODO MARZO 98 - JUNIO 98



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Es factible la utilización de la arena procesada por la empresa Dell' Acqua con las siguientes condiciones:

- Debe reducirse el porcentaje de material pasa # 200 a menos del 5%.

- Debe corregirse la granulometría con el fin de ajustar el módulo de finura a valores especificados. Se recomienda combinar con material pasa # 8 , # 16 y # 30, pero retenido en # 50.

Se recomienda efectuar ensayos bimensuales o trimestrales de desgaste del agregado para controlar su dureza.

Se recomienda que inmediatamente después que sean corregidos los factores de la granulometría arriba citados, se despache al frente Portal de Entrada uno o dos viajes del agregado con el fin de efectuar ensayos de mezclas experimentales.

## 2.3- Informe sobre agregados utilizados en el Proyecto por MGA.

Faltan Todos los anexos

MGA
ingenieros civiles

# USO DE ARENAS DEL RIO YACAMBU

# COMO AGREGADO PARA CONCRETO PROYECTADO

**MAYO 1.999**

## INDICE


1 INTRODUCCION ..... 4

2. ANTECEDENTES ..... 4

3. ANALISIS ACTUALIZADO ..... 6

**3.1.** GRANULOMETRIA ..... 6

**3.2.** PESO ESPECIFICO ..... 7

**3.3.** DESGASTE LOS ANGELES ..... 8

**3.4.** RESISTENCIA A LA COMPRESION ..... 8

**3.5.** PETROGRAFIA ..... 13

**3.6.** DISGREGABILIDAD AL $NaSO_4$ ..... 15

4. CONCLUSIONES ..... 15


**ANEXOS**


**A.** SHYQ C.A. Estudio Calidad Arena Dell'Acqua. Oct. 1994.

**B.** LAVALIN/TERRATECH. Resultados de ensayos arena Dell'Acqua. Sep. 96.

**C.** SHYQ C.A. Solicitud información técnica adicional sobre ensayos hechos por TERRATECH. Marzo 1997.

**D.** TERRATECH. Respuesta a SHYQ C.A. Marzo 1997.

**E.** Copia de la Norma ACI 506 R-90.

**F.** Copia de la Norma ASTM C-33.

**G.** Características de la Arena Dell´Acqua.

**H.** Diseños de Mezclas

**I.** Resumen de los ensayos petrograficos (ASTM-295) realizados a la arena Dell´acqua en los laboratorios de I.M.M.E. Julio 1.998

## 1. INTRODUCCION

En razón de mantener una permanente vigilancia sobre la posibilidad de disminuir costos, SHYQ C.A. ha solicitado revisar nuevamente la posibilidad de utilizar como agregado para concreto proyectado y vaciado, las arenas provenientes de las playas del río Yacambú procesadas en la planta de Dell'Acqua C.A. en sus instalaciones de la Presa.

En este informe se hace un resumen de las distintas acciones y opiniones previas en relación al tema, se aportan algunos elementos nuevos y se presentan recomendaciones.

## 2. ANTECEDENTES

En Octubre 1994, SHYQ C.A. (Ing. P. González G.) elabora un estudio (ANEXO A) sobre la calidad de la arena Dell'Acqua para uso como agregado del concreto proyectado y se concluye:

*"Es factible la utilización de la arena procesada por la empresa Dell'Acqua con las siguientes condiciones:*

⇒ *Debe reducirse el porcentaje de material pasa # 200 a menos del 5%.*

⇒ *Debe corregirse la granulometría con el fin de ajustar el módulo de finura a valores especificados. Se recomienda combinar con materiales pasa #8, #16, #30, pero retenido en #50.*

⇒ *Se recomienda efectuar ensayos bimensuales o trimestrales de desgastes del agregado para controlar su dureza.*

⇒ *Se recomienda que inmediatamente después que sean corregidos los factores de la granulometría arriba citados, se despache al frente de*

*Portal de Entrada uno o dos viajes del agregado con el fin de efectuar ensayos de mezclas experimentales*".

En Sep. 1996, SNC/LAVALIN elabora un memorándum sobre "Resultados de Ensayos de Arena Dell'Acqua" (ANEXO B) donde presentan ensayos sobre agregados hechos por la firma TERRATECH de Montreal (una división de SNC/LAVALIN) y ensayos de resistencia a la compresión realizados por SHYQ C.A., llegando a la siguiente conclusión:

"*En conclusión y de acuerdo con los resultados de los ensayos realizados con la arena Dell'Acqua en Montreal y en la obra, no se recomienda el uso de la arena Dell'Acqua para su uso como agregado de concreto proyectado*".

En Marzo de 1997, la Gerencia de Construcción de SHYQ C.A., en base a borrador preparado por DAT-MGA, envía una comunicación a SNC/LAVALIN (ANEXO C), solicitando aclaración sobre la normativa granulométrica y sobre el análisis petrográfico presentados por TERRATECH.

En Marzo de 1997, TERRATECH contesta las aclaraciones solicitadas por la Gerencia de Construcción (ANEXO D), donde concluyen:

"*We do not consider that this material is of a quality compatible with the importance of the projet.*

*However, our opinion does not take into account economical considerations which may justify the use of marginal or non conforming materials. It may be possible that this material have been previously used on other projects, however, we have no means of knowing of the results and long term performance were satisfactory*".

## 3. ANALISIS ACTUALIZADO

### 3.1. GRANULOMETRIA

El informe de TERRATECH de Sep. 1996 expone que el 3.6% de material pasante por el tamiz #200 no conforma con la especificación ACI 506 para Gradación N° 2, incluyendo en su reporte una especificación ACI para el tamiz #200 (Ver ANEXO B) que no corresponde a dicha norma (Ver en ANEXO E, copia de la norma ACI 506 R-90).

Ante nuestra pregunta sobre si se refería a una posterior modificación ACI, TERRATECH ignora la incorrecta inclusión de su tabla que atribuye a la ACI y se refiere entonces a la norma ASTM-C33 "Standard Specification for Concrete Aggregates", con dos argumentos:

Si se considera la arena de Dell'Acqua, no como arena sino como "agregado grueso fino", las ASTM limita la cantidad de material mas fino que el tamiz #200 a 1%. Nuestro comentario: en este caso la aplicación de la norma es correcta, lo que habría que determinar es el considerar este material como "agregado grueso fino" o como gradación tipo N° 2 para shotcrete según ACI 560 como realmente es.

Si se considera la arena de Dell'Acqua como "arena", tampoco conforma pues la cantidad de material mas fino que el tamiz #200, excede el límite de 3% especificado por la ASTM C33. Nuestro comentario: en el ANEXO F se presenta copia de la correspondiente pág. ASTM 33, donde puede observarse en la TABLA 1 que el límite de material mas fino que el tamiz #200 para concretos no sujetos a la abrasión (caso del túnel con velocidades bajas) es de 5% y hasta del 7% (arena fabricada) y no del 3% para concretos sujetos a la abrasión que es el que señala TERRATECH.

Con el criterio general de hacer uso de estos agregados, en la planta Dell'Acqua se ha adaptado el proceso y se puede producir agregado para shotcrete que cumpla con la gradación N° 2 ACI, que no contenga mas del 5% de material pasante por el tamiz #200 y con un módulo de finura entre 3.25 y 4.25. (Ver ANEXO G).

Como puede observarse; una vez procesada en la planta Dell'Acqua, las arenas del río Yacambú , cumplen con las especificaciones ACI y ASTM para gradación N° 2 de agregado para shotcrete.

## 3.2. PESO ESPECIFICO

Esta propiedad índice de los agregados para concreto, especifica que debe ser como mínimo 2,60. Los ensayos efectuados a la arena Dell´Acqua siempre han estado por encima del mínimo exigido por lo que posee un peso especifico apto para ser usada como arena para mezclas de concreto proyectado. En la siguiente tabla se muestra los índices obtenidos a los largo del año 1.998

**TABLA 3.1.**

**Pesos específicos (S.S.S). obtenido de muestras de arena Dell´Acqua. Año 98**

| Enero | Febrero | Marzo | Abril |
|---|---|---|---|
| -- | -- | 2,64 | 2,62 |
| Mayo | Junio | Julio | Agosto |
| 2,65 | 2.64 | 2,62 | 2,61 |
| Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
| 2,63 | 2,62 | 2,62 | 2,63 |

## 3.3. DESGASTE DE LOS ANGELES.

Debido a la granulometria del agregado (TM 3/8") se utiliza el ensayo de desgaste con materiales retenidos según la gradación tipo C en la maquina de impacto "Los Angeles".

Los ensayos de desgaste realizados a muestras de arena Dell´Acqua se ubican por debajo del limite máximo de 40% establecido por las especificaciones. Los resultados se muestran en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2. Resultados de ensayos de desgaste "Los Angeles"**

| | Ensayo 1 Oct-94 | Ensayo 2 Mar-99 | Ensayo 3 Mar-99 | Ensayo 4 Mar-99 |
|---|---|---|---|---|
| % Desgaste | 36% | 37,8% | 37,4% | 37,5% |

## 3.4. RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE.

Para verificar el comportamiento de la arena en el concreto endurecido, inicialmente se realizaron 4 mezclas de concreto con el mismo diseño (Rcc28 = 400 Kg/cm2), utilizando arena Dell´Acqua en 2 de ellas y Arena Procedente del Río Guache (arena comúnmente usada en el proyecto) en las otras 2. De cada mezcla se tomaron 9 cilindros normalizados de 15 x 30 cm, ensayándolos a 3, 7 y 28 días, donde se obtuvieron resultados similares en cada caso (ver anexo H). En la tabla 3.3. se resumen las resistencias obtenidas a los 28 días.

**Tabla 3.3. Resistencia a la compresión obtenido en mezclas de prueba**

| ARENA | MEZCLA # | Rcc28 | % f´c |
|---|---|---|---|
| Dell´Acqua | 1 | 519 Kg/cm2 | 129 % |
| | 2 | 475 Kg/cm2 | 120 % |
| Guache | 3 | 483 Kg/cm2 | 121 % |
| | 4 | 455 Kg/cm2 | 114 % |

Para las mezclas de prueba, no se aprecia una diferencia de resistencia por el cambio de arena.

A partir de Marzo de 1.998, se autorizo el uso de arena Dell´Acqua por el frente de Portal de Entrada y en la tabla 3.4. se presenta un resumen de los resultados obtenidos en diferentes vaciados de solera (Rcc28=250 Kg/cm2) comparando el comportamiento obtenido según la procedencia de la arena.

**Tabla 3.4. Resistencia a la compresión obtenido en vaciados de solera**

| Arena Usada | Fecha de Vaciado | Prog. | Rcc28 (Kg/cm2) | Promedio Rcc28 (Kg/cm2) | % f´c |
|---|---|---|---|---|---|
| GUACHE | 17/06/97 | 5+814 a 5+864 | 362 | 335, 7 | 134 % |
| | 17/08/97 | 5+864 a 5+889 | 354 | | |
| | 21/08/97 | 5+889 a 5+898 | 347 | | |
| | 23/09/97 | 5+905 a 5+911 | 277 | | |
| | 29/01/98 | 6+010 a 6+045 | 396 | 327,7 | 131 % |
| | 12/02/98 | 6+043 a 6+071 | 289 | | |
| | 09/03/98 | 6+071 a 6+125 | 298 | | |

**Tabla 3.4. Cont. Resistencia a la compresión obtenido en vaciados de solera**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| DELLACQUA | 03/04/98 | 6+125 a 6+200 | 254 | 275,6 | 110 % |
| | 03/05/98 | 6+200 a 6+254 | 260 | | |
| | 18/06/98 | 6+139 a 6+350 | 309 | | |
| | 09/08/98 | 6+350 a 6+360 | 295 | | |
| | 10/08/98 | 6+360 a 6+381 | 260 | | |
| | 03/02/99 | 2+238 a 2+240 | 302 | 284,0 | 113 % |
| | 23/02/99 | 2+246 a 2+247 | 292 | | |
| | 25/02/99 | 2+249 a 2+253 | 282 | | |
| | 26/02/99 | 2+255 a 2+258 | 260 | | |

Comparativamente, el uso de la arena Dell´Acqua en el diseño normalmente usado para el vaciado de solera, produce una disminución relativa (a la arena Río Guache) de resistencia en el orden del 20%, aunque en promedio nunca fue inferior al 100% de f´c.

En la tabla 3.5. se muestran los resultados obtenidos en las bandejas de concreto proyectado por vía seca tomadas dentro del túnel, e igualmente se presentan registros con las diferentes arenas usadas. Es importante aclarar que en los proyectados realizados a partir del 19 de marzo del 98, se generalizo el uso de aditivos aceleradores por la presencia de agua en las paredes del túnel, lo que produjo una notable caída de resistencia que se presentan en la tabla, mas no se toman en cuenta para comparar los resultados. Igualmente a partir del 17 de marzo se aumento el porcentaje de microsilica de 10% a un 12% con el fin de

aumentar la adherencia y disminuir el rebote de la mezcla. El diseño de la mezcla usada se presenta en el anexo H

**Tabla 3.5. Resistencia a la compresión en bandejas de concreto proyectado**

| Arena Usada | Fecha de Vaciado | Prog. | Rcc28 (Kg/cm2) | Promedio Rcc28 (Kg/cm2) | % f´c |
|---|---|---|---|---|---|
| GUACHE | 08/10/97 | 5+983 | 406 | 363, 6 | 90,9 % |
| | 09/10/97 | 5+934 | 333 | | |
| | 12/10/97 | 5+931 a 5+934 | 399 | | |
| | 21/10/97 | 5+941 | 415 | | |
| | 26/10/97 | 5+946 a 5+944 | 289 | | |
| | 29/10/97 | 5+950 a 5+948 | 380 | | |
| | 10/11/97 | 5+957 a 5+958 | 344 | | |
| | 19/11/97 | 5+965 a 5+967 | 439 | | |
| | 21/11/97 | 5+972 a 5+973 | 400 | | |
| | 22/11/97 | 5+971 a 5+973 | 291 | | |
| | 27/11/97 | 5+950 a 5+976 | 418 | | |
| | 01/12/97 | 5+965 a 5+975 | 249 | | |
| GUACHE | 09/01/98 | 6+010 a 6+011 | 382 | 390,0 | 97,5 % |
| | 13/01/98 | 6+020 a 6+022 | 352 | | |
| | 15/01/98 | 6+005 a 6+008 | 417 | | |
| | 22/01/98 | 6+036 a 6+039 | 463 | | |
| | 24/01/98 | 6+040 a 6+043 | 423 | | |
| | 25/01/98 | 6+045 a 6+048 | 436 | | |
| | 03/02/98 | 6+057 a 6+060 | 326 | | |
| | 07/02/98 | 6+043 a 6+035 | 384 | | |
| | 10/02/98 | 6+075 a 6+078 | 369 | | |
| | 17/02/98 | 6+082 a 6+086 | 359 | | |
| | 20/02/98 | 6+052 a 6+071 | 384 | | |
| | 02/03/98 | 6+070 a 6+079 | 382 | | |

**Tabla 3.5. Cont. Resist. a la compresión en bandejas de concreto proyectado**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| DELLACQUA (*) | 20/03/98 | 6+188 a 6+191 | 257 | 271,0 | 67,8 % |
| | 28/04/98 | 6+238 a 6+242 | 234 | | |
| | 28/04/98 | 6+243 a 6+248 | 254 | | |
| | 03/05/98 | 6+233 a 6+245 | 285 | | |
| | 04/05/98 | 6+229 a 6+243 | 247 | | |
| | 01/06/98 | 6+313 a 6+317 | 298 | | |
| | 02/06/98 | 6+275 a 6+285 | 261 | | |
| | 02/06/98 | 6+255 a 6+264 | 312 | | |
| | 02/09/98 | 6+448 a 6+436 | 296 | | |
| DELLACQUA | 30/10/98 | 6+381 a 6+391 | 331 | 334,0 | 83,5 % |
| | 18/11/98 | 2+179 a 2+181 | 303 | | |
| | 19/11/98 | 2+179 a 2+178 | 332 | | |
| | 27/11/98 | 2+168 a 2+171 | 322 | | |
| | 27/11/98 | 2+168 a 2+171 | 320 | | |
| | 28/11/98 | 2+166 a 2+167 | 273 | | |
| | 28/11/98 | 2+167 a 2+168 | 308 | | |
| | 25/01/99 | 2+227 a 2+228 | 389 | | |
| | 27/01/99 | 2+228 a 2+229 | 348 | | |
| | 02/02/99 | 2+230 a 2+232 | 328 | | |
| | 05/02/99 | 2+234 a 2+235 | 268 | | |
| | 10/02/99 | 2+238 a 2+239 | 278 | | |
| | 18/02/99 | 2+250 a 2+257 | 358 | | |
| | 19/02/99 | 2+244 a 2+245 | 450 | | |
| | 23/02/99 | 2+248 a 2+249 | 405 | | |

El uso de la arena Dell´Acqua, para mezclas similares de concreto proyectado , produce una disminución relativa de la resistencia a la compresión en el orden del 15 %.

## 3.5. PETROGRAFIA

En el informe de LAVALIN/TERRATECH de Sep. 1996 (ANEXO B) se presentan los resultados de un análisis petrográfico a dos muestras de arena Dell'Acqua. En Mayo de 1.998, SHYQ C.A. solicitó al Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la UCV (IMME), la realización de ensayos petrográficos a la arena Dell´Acqua de acuerdo con las normas ASTM C-295, C-33, C-136. En el anexo I se presenta los resultados de los ensayos petrográficos.

Del resultado de estos ensayos y de los informes respectivos se pueden hacer los siguientes señalamientos:

Los ensayos hechos por TERRATECH incluyen la evaluación del Número Petrográfico, un factor usado por el Ministerio de Transporte de la Provincia de Quebec en Canadá que no tiene equivalente en las normas ACI y ASTM.

El valor promedio obtenido en el ensayo de Numero petrográfico para la arena Dell´Acqua resulto de 155, siendo 120 el valor máximo recomendado para un buen concreto según las especificaciones de la norma.

Para la obtención de este número petrográfico, se asigna un factor de 1 (duro) a 5 (débil) a cada fase petrográfica y en este caso las fases petrográficas más débiles resultan: las filitas y pelitas argiláceas de dureza media (cantidad 30% - factor 2.5) y las fases oxidantes (cantidad 5% - factor 3). Se distingue adicionalmente una fase de filitas cuarzosas duras que ocupan un 32% y tienen un factor de 1.0.

La conclusión final de TERRATECH dice "*En nuestra opinión, basados en los resultados de los ensayos y exámenes visuales, y en nuestra propia experiencia, nosotros no consideramos que este material*

*es de una calidad compatible con la importancia del proyecto; sin embargo, nuestra opinión no toma en cuenta consideraciones económicas que puedan justificar el uso de materiales marginales o no conformes. Puede ser posible que este material se haya usado previamente en otros proyectos; sin embargo, nosotros no tenemos manera de conocer si los resultados y comportamiento a largo plazo han sido satisfactorios*".

Los ensayos hechos por el IMME señalan igualmente que las fases de mayor presencia son las filitas (40-80%) y cuarzitas (5-35%); pero en relación a las filitas no distinguen, tal como lo plantea TERRATECH, filitas duras de filitas de dureza media. Entre las conclusiones y recomendaciones, pueden destacarse:

"*El estudio efectuado, determinó la no presencia de fases minerales aisladas o asociaciones de ellas (fragmentos de rocas), perjudiciales o reactivos al concreto*".

"*El alto contenido de grafito en los fragmentos de rocas filíticas y la exfoliación asociada a los mismos, pudieran eventualmente producir una disminución relativa de la resistencia mecánica del concreto, en consecuencia se recomienda evaluar este parámetro*".

Como conclusión preliminar de este aspecto de petrografía se considera que en estos agregados no hay presencia, en cantidades que puedan influir, de fases perjudiciales o reactivos al concreto. Por otra parte se reconoce que el componente importante de material filítico en los agregados, tendría una influencia en la resistencia mecánica del concreto. Este último aspecto, se evalúa en relación con otros análisis en este mismo trabajo, tales como: granulometría, módulo de finura, desgaste Los Angeles, resistencia a la compresión a corto y largo plazo.

### 3.6. DISGREGABILIDAD AL NaSO4.

El ensayo de disgregabilidad al sulfato de sodio se realizo según la norma ASTM-C-88, que luego de 5 ciclos, la arena Dell´Acqua presento una perdida de 4,34% en peso (ver anexo G), lo que se considera ajustado a las normas, que lo limitan a un máximo de 10%

## 4. CONCLUSIONES

De los ensayos característicos efectuados a la arena Dell´Acqua, puede indicarse lo siguiente:

- Posee una granulometría bien gradada, con tendencia a la rama gruesa entre los tamices #16 y #100, producto del proceso de relavado para mantener el porcentaje pasante por el tamiz #200 menor al 5%. El modulo de finura se mantiene en todos los casos dentro del rango.
- El peso especifico saturado con superficie seca de la arena Dell´Acqua, ha sido superior a 2,60 especificado como limite mínimo para esta característica.
- La dureza relativa de la arena, indicada por el ensayo de desgaste en la Maquina de los Angeles, establece que puede usarse como agregado para concreto.
- En cuanto a resistencia mecánica, la arena Dell´Acqua produce una disminución relativa (con otros agregados) de 15 a 20 %, por lo que deberá ajustarse el diseño de mezcla, aumentando necesariamente la cantidad de cemento por metro cubico.

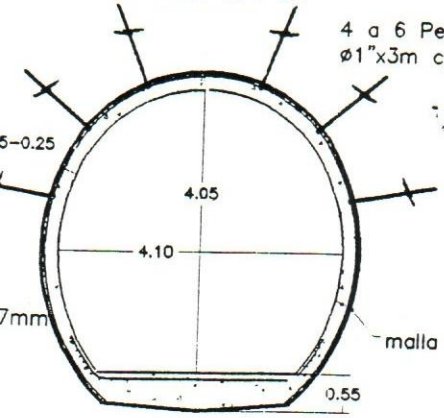
- Los ensayos petrográficos según normativa ASTM-295, indican que no existen fases minerales aisladas o asociaciones de ellas, perjudiciales o reactivas al concreto que puedan poner en duda su durabilidad. Al Igual que el punto anterior, recomiendan evaluar la resistencia mecánica pues el contenido de grafito en los fragmentos de rocas, producirán una disminución relativa en la resistencia del concreto.
- El análisis petrográfico realizado por Terratech muestra un composición similar a la obtenida de los ensayos realizados por el IMME, pero la inexistencia de un ensayo bajo normas internacionales para concreto relativas al numero petrográfico usado en Quebec, imposibilitan realizar una comparación de este índice. Igualmente no se pudo establecer la experiencia obtenida por el Ministerio de transporte de Quebec para concluir sobre la calidad del concreto basados en este parámetro.
- Se concluye que la arena procesada por Dell´Acqua proveniente del rio Yacambú, puede usarse como agregado para concreto proyectado y vaciado en las obras de regulación y trasvase.

| | |
|---|---|
| Ing. Edgar Linares<br>C.I.V. 95.964 | Ing. Rafael Guevara B.<br>C.I.V. 7.729 |

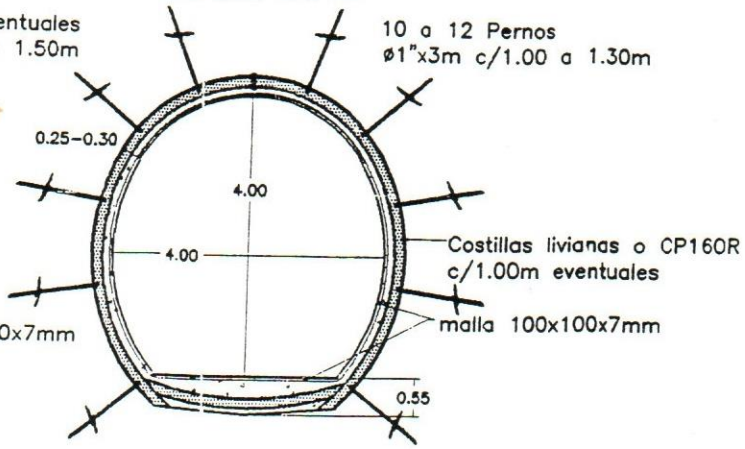
# ANEXO 3

## Tipos de soporte para el túnel de trasvase

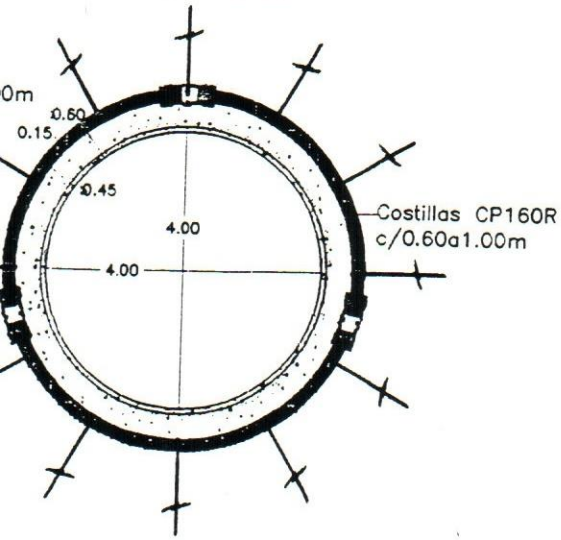
## SOPORTE TIPO S2




## SOPORTE TIPO S3

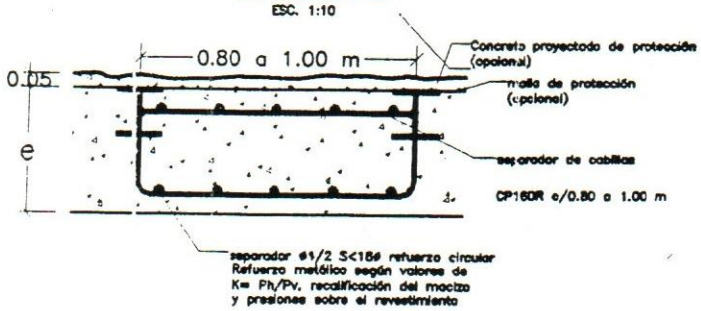



## SOPORTE TIPO S5




## PROPOSICION DE SOPORTE
## SOPORTE TIPO S5

ESC. 1:10

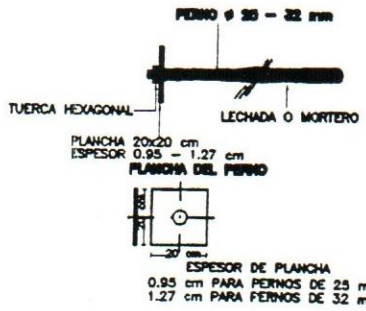



NOTAS:

1) CP160R es un perfil con ala y alma de 9mm
2) La ubicación de las juntas es tentativa

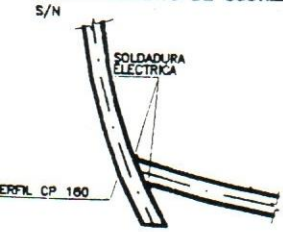
## PERNOS DE ANCLAJE

ESC. 1:10



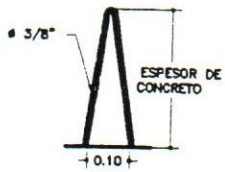

## ARRIOSTRAMIENTO DE COSTILLA

S/N

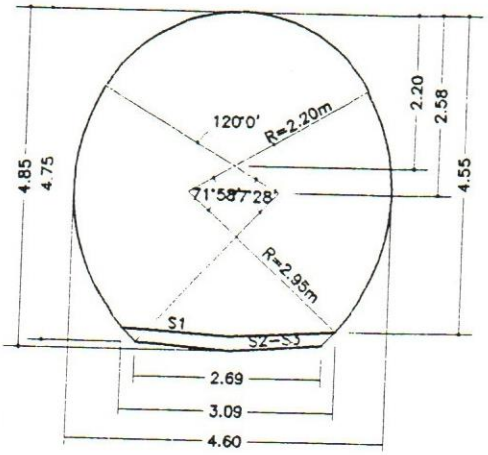



## ESPESOR DE CONCRETO

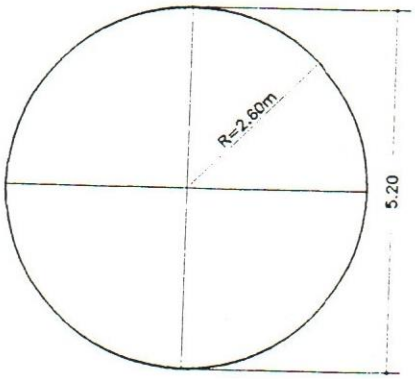
ESC. 1/10



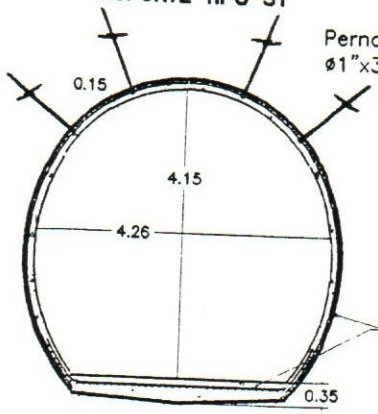
# FIG. 5.4 TIPOS DE SOPORTE



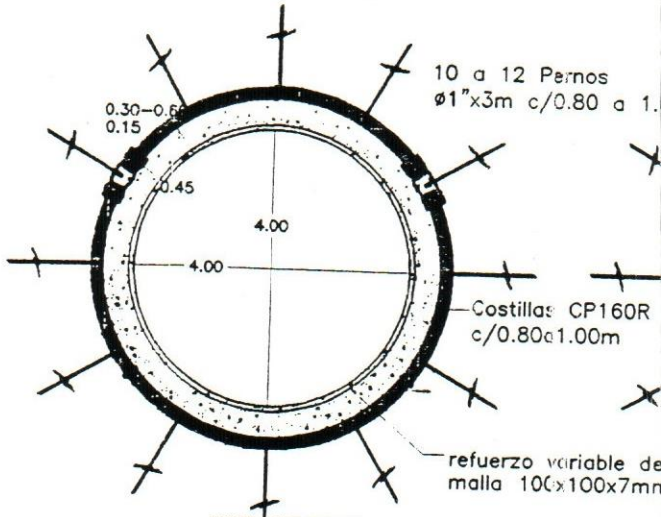

GEOMETRIA DE EXCAVACION
PARA SOPORTE TIPO S4,S5



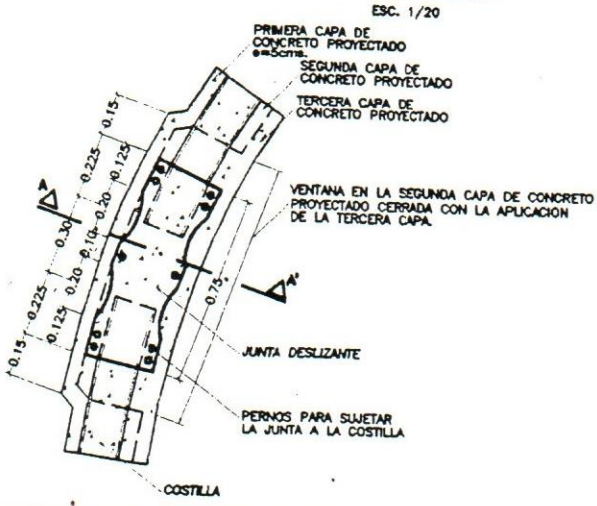

SOPORTE TIPO S1




SOPORTE TIPO S4




JUNTA DESLIZANTE
ESC. 1/20




CORTE A – A'
ESC. 1/10

# ANEXO 4

## Cartas de propuesta técnica de casas de aditivos

DELL'ACQUA, C.A.
Proyecto Hidráulico Yacambú Quíbor
Túnel de Trasvase

0339

San José de Quibor, Edo. Lara 10/06/2004

**N°: 207-01-CP-2004-151**

**Señores**
Gerencia de Construcción
Sistema Hidráulico Yacambú Quíbor C.A.

**Aten:** Ing. León Aldazoro
**Asunto:** Prueba de concreto proyectado, en sitio, mezcla con aditivos SIKA.
**Contrato:** 207-2001
**Ref.**

Estimados señores:

En aras de buscar mejorías en la calidad del concreto utilizado en obra y de tener a la mano varias alternativas de suministro de insumos con diferentes proveedores, por medio de la presente solicitamos a ustedes su conformación para realizar pruebas con concreto proyectado, en sitio, utilizando los aditivos Viscocrete 55, Sikatard-E y Sigunit 510 AF, cuyas fichas técnicas las posee su representante de inspección en campo.

Anexo a la presente, se servirán encontrar oferta técnica con los resultados de los ensayos solicitados por nosotros al proveedor SIKA de Venezuela S.A.

En espera de su respuesta,

Atentamente

DELL' ACQUA, C.A. TUNEL DE TRASVASE

Ing. Ernesto Volpatti R.
Director de Obra

DELL' ACQUA, C.A. TUNEL DE TRASVASE

Ing. Oscar Castillo.
Ing. Residente

Anexo: -Lo indicado

CODIGO
Procesado por:

Proyecto Yacambú, Túnel de Trasvase, Portal de Salida, Of. Dell' Acqua C.A.
San José de Quibor - Estado Lara - Venezuela
Telefax:
(0253) 4911103 - (0253) 4911901

Construcción

Valencia 7 de junio de 2004

Señores:
**Dell´ Acqua**
Presente.-

Atención: Ing. Ernesto Volpatti
Ing.Aime Asvesque

Estimados señores:

Muy cordialmente nos dirigimos a ustedes con la finalidad de presentarles nuestra propuesta técnica y comercial, luego de realizados los ensayos solicitados por Uds. La finalidad de estos ensayos fue incrementar los valores de resistencia a la compresión, respecto a os valores promedios obtenidos en su concreto proyectado.

Estos estudios comprendieron dos fases: Estudios de Laboratorio y estudios en campo; siendo la última la de mayor relevancia por tener implícitas las semejanzas con las condiciones reales del frente de trabajo, las cuales inciden directamente en la calidad final del concreto.

## 1.-Descripción de los Ensayos en campo-

| **Mezcla patrón / m3 de concreto** | **Mezcla Tipo 1 (Aditivos)** | **Mezcla Tipo 2 (Aditivos)** |
|---|---|---|
| Cemento: 525 kg<br>Microsílice: 52.5 kg<br>Arena: 1110 kg<br>Arrocillo: 440 kg<br>Agua: 230 kg<br>R a/cementante: 0.40 | Sikament 500R al 1.8% ppc y Sigunit 510 AF | Viscocrete 55 al 0.7% ppc, SikaTard-E al 0.4% ppc y Sigunit 510 AF |

Los parámetros evaluados en las mezclas tipo fueron los siguientes:

- Trabajabilidad
- Resistencia a la Compresión (f´c) a 3, 7, 14 y 28 días, de concreto proyectado en bandejas.

## 2.- Condiciones del ensayo

Durante la ejecución de estos ensayos, Sika Venezuela, S.A. hizo seguimiento a la mayor cantidad de variables posibles, inherentes a la

**Sika Venezuela, S.A.** / Zona Industrial Municipal Sur / Valencia / Venezuela
Tel: +58 241-838 90 55 / Fax: +58 241-838 90 85 / www.sika.com

fabricación y colocación del concreto proyectado; siendo las siguientes las que consideramos de mayor importancia:

-Temperatura promedio del concreto en planta: 35 °C
-Temperatura del agua: 25 °C.
-Temperatura del cemento: 65 °C.
-Temperatura ambiente: 27 °C.
-Tiempo de Mezclado en planta :Minimo 5 minutos.
-Tiempo simulado de transporte: 3 horas.
-Asentamiento de colocación: Después del tiempo de simulación de transporte se obtuvieron asentamientos entre 4 y 5 pulgadas.
-Cantidad de Bombazos : 28 por minuto.
-Presión de aire: 100 PSI
-Dosificación de Acelerante : 5 -6 % ppc.
-Sistema de proyección: Bomba de concreto de flujo denso ó Pistón, brazo hidráulico y bomba de aditivo peristáltica.
-Lugar de ensayos: Falso túnel en el portal de salida.

## 3.-Resultados

| Tipo de mezcla | f´c 3 días (kg/cm2) | f´c 7 días (kg/cm2) | f´c 28 días (kg/cm2) |
|---|---|---|---|
| Tipo 1 | 186 | 255 | 340 |
| Tipo 2 | 166 | 305 | 390 — ¿no es real? corresponde a bandejo Proctor. |

Es importante resaltar que el sistema de proyección empleado para los ensayos, tiene la particularidad que durante sus ciclos, dosifica sólo aditivo sin concreto, lo cual influye en los resultados de las resistencias.

## 4.-Propuesta Técnica

Basados en los resultados obtenidos creemos que es importante realizar ensayos extensivos "en sitio" con nuestro sistema de aditivos **Viscocrete 55-Sikatard-E** y **Sigunit 510 AF,** con la finalidad de obtener una mayor cantidad de datos para un mejor análisis de tipo estadístico; y controlar ó afinar, las variables del proceso de fabricación y colocación descritas en el item 2, haciendo énfasis en la cantidad de bombazos, temperaturas, flujo constante y asentamientos finales del concreto.

Construcción

De esta manera podremos corroborar que con nuestro sistema de aditivos y tales variables controladas, es posible obtener promedios de resistencias en bandejas superiores a 400 Kg/cm2.

Sin más a que hacer referencia y en espera de su pronta y satisfactoria respuesta se despide de ustedes

Muy atentamente,

**Luis Gregorio Durán**
Asesor Técnico
cel. 0416-6406285

**Evelyn Rapallo**
Jefe Regional
cel. 0416-6406294

degussa.
Construction Chemicals Americas

**MBT de Venezuela C.A.**
Av. Libertador, entre
calle Negrín y Jabillos
Centro Comercial Libertador,
Torre Sur Oeste Ph-3
La Florida, 1050, Caracas, Venezuela
Teléfonos: 58 (0212) 762.5471 al 75
Fax Gcia General: 58 (0212) 762.6120
Fax Gcia Ventas: 58 (0212) 761.7001

Caracas, Junio 2.001

Atención: Ing. Rafael Guevara

INFORME SOBRE LA DURABILIDAD DEL CONCRETO PROYECTADO, UTILIZADO COMO REVESTIMIENTO FINAL EN TUNELES PARA CONDUCCION DE AGUA.

I.- INTRODUCCIÓN

El contenido del presente informe recoge información sobre la durabilidad de los concretos proyectados y de cómo la misma ha mejorado, entre otros factores, debido a la incorporación en los diseños de este material de aditivos aceleradores de nueva generación libres de álcali, los cuales no reducen la resistencia final del concreto, ni incrementan la temperatura de fraguado, en consecuencia limitan la microfisuración tanto superficial como interna del concreto.

El desarrollo tecnológico que se ha venido consolidado en los últimos años en el campo de los concretos en general y específicamente en el caso de los concretos proyectados, donde como decimos al inicio la creación de aceleradores de fraguado libres de álcali, han revolucionado la aplicación de este material, sobre todo, en los revestimientos finales de túneles al reducirse en manera importante la cantidad y frecuencia con la cual debe hacerse mantenimiento del mismo, como resultado de la mayor durabilidad del concreto, compitiendo en paridad con el concreto vaciado en sitio. Además el concreto proyectado aventaja fuertemente al concreto vaciado en sitio, por cuanto no requiere de encofrado y su terminación puede ser tan acabada como se desee, significando ahorros importantes en costos y sobre todo en tiempo e interfases de trabajo, sobre todo en los túneles y obras subterráneas.

## II.- ALCANCE

El presente informe recoge la información de una serie de trabajos que se vienen realizando internacionalmente, tendentes a la revisión de las especificaciones y procedimientos de ensayo que resulten más representativas en cuanto a la calidad alcanzada por el concreto proyectado y su utilización como revestimiento definitivo, sobre todo en obras subterráneas. Referiremos las experiencias logradas, en primer lugar en el Metro de Lisboa, Portugal (anexo 1) donde se aprobó el reemplazo de concreto vaciado en sitio por concreto proyectado, en el proceso de selección se consideró primero el empleo de concreto proyectado con aceleradores convencionales, no obteniendo los resultados deseados de resistencia y durabilidad y luego con el uso de aceleradores libres de álcali con lo que se logró el objetivo, en el desarrollo del informe detallaremos más de este y del resto de los casos que presentamos. Otro caso digno de mención es el nuevo túnel base del Gotardo (anexo 2), es realmente un reto para la ingeniería en la presente década, por cuanto cruza por zonas geológicamente difíciles en un túnel de más de 50 Km de longitud, de acuerdo con las ultimas pruebas realizadas en este proyecto se han aprobado diseños de concreto proyectado con aceleradores libres de álcali para su empleo como revestimiento final, garantizando durabilidad por 100 años. Presentamos también informaciones logradas del túnel Bolu (anexo 3), uno de los e mayor sección transversal en condiciones de terreno adversas y en cual se lograron resultados importantes en la solución del revestimiento, incorporando el uso de concreto proyectado por vía húmeda con acelerador libre de álcali, en sustitución de diseños con aceleradores convencionales. Otro interesante trabajo realizado por el grupo Sika en Noruega (anexo 4), se refiere a la comparación y ventajas de los aceleradores libres de álcali sobre los aceleradores a base de silicoaluminatos. Presentamos un estudio hecho en Noruega sobre Modernas Mezclas Químicas para Concreto Proyectado (anexo 5), en el que se analiza el proceso químico de los aceleradores libres de álcali y sus ventajas sobre los de viejo diseño a base de silicoaluminatos. Por ultimo presentamos un resumen del trabajo presentado por el Ing. Knut F. Garshol del grupo No 12 de ITA (anexo 6), especializado en concreto proyectado, en su reunión en Oslo en Mayo de 1.999, en el cual se hace un análisis de los nuevos aditivos y sus ventajas sobre los tradicionales, los equipos para mezclado y colocación y sus técnicas

## III.- CONSIDERACIONES GENERALES

De la lectura de los documentos enunciados en el aparte II de este informe, los cuales se anexan en su totalidad, podemos sacar una serie de conclusiones, dentro de las cuales las de mayor relevancia corresponden; en primer lugar al drástico cambio obtenido con la nueva generación de aceleradores libres de álcali en cuanto a la calidad y durabilidad de los concretos, con lo que el concreto proyectado se ha convertido en la solución de los revestimientos definitivos en obras de difícil acceso como las subterráneas (túneles, centrales y depósitos en cavernas, etc.), no solo por su calidad y durabilidad, también determina una importante economía de la obra al no requerir el uso de encofrados y menor entorpecimiento en el frente de trabajo, aparte de poder avanzar en los túneles casi simultáneamente con el revestimiento final. En segundo lugar los nuevos aditivos, a diferencia de los anteriores, han resultado inocuos a la salud del personal que debe exponerse durante su empleo y

sus residuos no son contaminantes al ambiente. En tercer lugar se ha evaluado la incidencia económica que el empleo de esta nueva tecnología implica sobre la tradicional y en consideración del costo total en materiales para la producción de concreto proyectado (incluido cemento y áridos) los nuevos aditivos representan aproximadamente solo un doce por ciento (12%) de mayor costo

## IV.- SISTEMA MBT PARA DISEÑO Y APLICACIÓN DE CONCRETO PROYECTADO

MBT ha desarrollado un sistema modular de diseño y aplicación de concreto proyectado en general, pero que creemos tiene especial conveniencia en obras subterráneas o confinadas donde es necesario atacar problemas especialmente difíciles como el contraste de terrenos con fuerte empuje y rápida deformación, así como el manejo y control de infiltraciones, sin sacrificar la calidad y resistencia final del concreto.

Con respecto al diseño, una vez evaluados los agregados y el cemento a ser utilizados, tomando en cuenta los requerimientos de la solución demandada, se determina que combinación de aditivos es necesaria. Por ejemplo, ademas del empleo de acelerantes como el Meyco SA160, se recomienda el uso regular de un súper plastificante como el Glenium T-803, el cual mejora la trabajabilidad del concreto disminuyendo el rebote, y aumenta la calidad del concreto al reducir la relación agua / cemento de la mezcla. En casos donde la impermeabilidad del concreto es importante se diseña incorporando microsilica como parte de la pasta cementante, así mismo se puede también incorporar un aditivo curador como el TCC 735.

En los diseños actuales de concreto proyectado, donde el mismo es sometido a esfuerzo importante se emplean fibras plásticas o metálicas, con la finalidad de sustituir el acero de refuerzo, eliminándolo si es posible o disminuyéndolo al mínimo, lo cual reduce la actividad de colocación del mismo y agiliza el proceso de colocación de concreto y avance en el frente. El diseño que sugiere MBT para un concreto proyectado garantizable como revestimiento definitivo para el Túnel de Yacambú es el siguiente:

| | |
|---|---|
| Áridos | 1565 Kg. |
| Cemento Pórtland Tipo I | 425 Kg. |
| Microsilica | 40 Kg. |
| Relación Agua / cemento 0,40 | |
| Glenium | 0,8% del peso de Cemento |
| Meyco SA 160 | 4,0% del peso de Cemento |
| Fibra de Polipropileno HPP 152 | 9 Kg. Por M3 de Concreto |

TECNOCONCRET C.A.
IDEAS Y SOLUCIONES EN CONCRETO
SUCURSAL VALENCIA

Valencia, 09 de Julio de 2001.

**Ing. Rafael Guevara**
SISTEMA HIDRÁULICO YACAMBÚ QUIBOR
Presente.-

Estimado Ingeniero:

Enviándole nuestro mas cordial saludo y esperando que se encuentre bien, deseamos nos permita comunicarle, lo transmitido al Ing. Gerardo Chavarri, quien nos solicito información sobre nuestra experiencia en relación a el uso y las características de los acelerates de fraguado para concreto proyectado a base de silica precipitada o alkali free, de manera de poder contribuir con el mejor desarrollo de esta importante obra.

En Septiembre de 1996, motivado a la adquisición para la construcción del túnel de trasvase del SHYQ de un brazo robótico y a la utilización desde esa epoca hasta hoy en día, del aditivo acelerante Shot Set 250, ambos desarrollados por SHOTCRETE TECHNOLOGIES, empresa especialista en Concreto Proyectado ubicada en Denver, Colorado, la cual TECNOCONCRET representa en Venezuela, tuve la oportunidad de efectuar un adiestramiento sobre el uso de sus productos en varias obras, entre las actividades realizadas participe en varias pruebas efectuadas por el Dr. Morgan en AGRA Earth & Eviromental Limited (Burnaby, B.C., Canadá) para la evaluación y certificación del aditivo álcali free RHOCA Jet 50 SC desarrollado por Rhone Poulenc de Francia, empresa líder en el ramo químico y farmacéutico, y especialmente en la producción de sílicas y silicatos, desde hace mas de 100 años. SHOTCRETE TECHNOLOGIES iniciaría para aquel entonces la comercialización de este producto en U.S.A.

Con esta experiencia pude constatar las siguientes características del producto:

1. Nula toxicidad e irritabilidad de los ojos y piel, ya que no es alcalino, su PH es mas bien ácido. No contamina el ambiente al ser químicamente inocuo.
2. Incrementa la resistencia, impermeabilidad y durabilidad del concreto al contener microsilica en suspensión (en forma de nanosilica o silica precipitada).
3. Produce bajos niveles de rebote y desprendimientos al conferirle una muy buena adhesión y cohesión a la mezcla proyectada.
4. Calidad del concreto colocado menos sensible a variaciones en la dosis.

Zona Industrial La Guacamaya, Calle Privada, Galpón Nº 116-37, Av. Lisandro Alvarado (detrás de Ferro Cerámica Central Valencia)
Telfs.: (0241) 8314466 - 8356217 - Cel.: 016 7491848 - E-mail: tecnoconcretvalencia@cantv.net - http://www.tecnoconcret.com - Valencia - Venezuela

directamente a las fluctuaciones del tipo de cambio. El aditivo actualmente utilizado (Shot Set 250) es fabricado en Venezuela, con materias primas nacionales.

4. El precio por litro de los aditivos álcali free puede ser varias veces superior a los aditivos de silicato modificado ( dos a tres veces) y las dosis necesarias usualmente también son mayores (el doble o triple), por lo que el precio del M3 de mortero colocado es superior, aún prescindiendo de la microsilica y disminuyendo las dosis de superplastificantes.
5. Habría que determinar en la practica, con las pruebas que faltan por realizar, en cuanto se mejorarían los tiempos de avance al incrementar la adhesión y cohesión de la mezcla y en cuanto mejoraría la calidad del Shotcrete, así como también conocer la dosis óptima que permite su mejor desempeño. Y de esta manera poder hacer una comparación o análisis de costos valedera frente a el sistema actualmente utilizado.

Deseo también la oportunidad para alertarlo sobre la importancia que tiene un aspecto poco apreciado en la obra como lo es el curado, el cual incide directamente en la calidad del concreto proyectado, y que actualmente es inexistente. La perdida de humedad debida a el alto nivel calor generado, no permite la completa hidratación del cemento. Hecho evidenciado por las diferencias de calidad entre muestras tomadas en bandejas y núcleos en sitio para una misma mezcla de mortero, y diferencias entre la calidad de las capas internas y externas del revestimiento.

Hace mas de dos años, se recomendó el uso de Curador de Membrana o integral CURACRET BWI, se aplico a una sección de túnel y los niveles de resistencia mejoraron sustancialmente. Este curador no afecta la adherencia de capas posteriores. Sin embargo, no se encontró eco y la recomendación no fue aceptada.

Quedando a sus ordenes para cualquier aclaratoria, y en espera de poderle ser de alguna ayuda en su labor,

Atentamente,

**Ing. Iván Perozo Padilla**
Gerente Obras Subterráneas

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 1 (CASA FABRICANTE: TECNOCONCRET)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **ACELCRET** | **0** |
| SUPERPLASTIFICANTE | P.S.P.R. | 2.10 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | N.S.L. | 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 80.00 | Arena (kg) | 88.80 |
| Cemento (kg) | 42.00 | Arocillo (kg) | 35.20 |
| Microsilice (kg) | 4.20 | Agua (lts) | 18.40 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.04 | 10.34 | 19.95 | 2319.00 | 116.24 | 1.000 | 116.24 | CONICA | 123 | 31% |
| | 5.04 | 10.21 | 19.95 | 2374.00 | 119.00 | 1.000 | 119.00 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.17 | 19.95 | 2629.00 | 131.78 | 1.000 | 131.78 | CONICA | | |
| | 5.03 | 10.38 | 19.87 | 2336.00 | 117.56 | 1.000 | 117.56 | CONICA | | |
| | 5.03 | 10.29 | 19.87 | 2588.00 | 130.24 | 1.000 | 130.24 | CONICA | | |
| 3 | 5.03 | 9.96 | 19.87 | 5789.00 | 291.32 | 1.000 | 291.32 | CORTE | 313 | 78% |
| | 5.03 | 10.05 | 19.87 | 6207.00 | 312.36 | 1.000 | 312.36 | CORTE | | |
| | 5.03 | 10.05 | 19.87 | 6331.00 | 318.60 | 1.000 | 318.60 | CORTE | | |
| | 5.03 | 10.15 | 19.87 | 6202.00 | 312.11 | 1.000 | 312.11 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.08 | 19.95 | 6546.00 | 328.11 | 1.000 | 328.11 | CORTE | | |
| 7 | 5.04 | 10.11 | 19.95 | 8320.00 | 417.03 | 1.000 | 417.03 | CORTE | 411 | 103% |
| | 5.04 | 10.08 | 19.95 | 8368.00 | 419.44 | 1.000 | 419.44 | CORTE | | |
| | 5.03 | 10.08 | 19.87 | 7844.00 | 394.74 | 1.000 | 394.74 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.18 | 19.95 | 7946.00 | 398.29 | 1.000 | 398.29 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.12 | 19.95 | 8499.00 | 426.01 | 1.000 | 426.01 | CONICA | | |
| 14 | 5.03 | 10.17 | 19.87 | 9526.00 | 479.38 | 1.000 | 479.38 | CORTE | 499 | 125% |
| | 5.04 | 10.08 | 19.95 | 10780.00 | 540.34 | 1.000 | 540.34 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.12 | 19.95 | 9408.00 | 471.57 | 1.000 | 471.57 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.03 | 10.03 | 19.87 | 9866.00 | 496.49 | 1.000 | 496.49 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.03 | 10.14 | 19.87 | 10037.00 | 505.10 | 1.000 | 505.10 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.03 | 10.12 | 19.87 | 11498.00 | 578.62 | 1.000 | 578.62 | CORT. RAJ. | 572 | 143% |
| | 5.04 | 10.08 | 19.95 | 11029.00 | 552.82 | 1.000 | 552.82 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.16 | 20.03 | 11561.00 | 577.19 | 1.000 | 577.19 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.03 | 10.08 | 19.87 | 11332.00 | 570.27 | 1.000 | 570.27 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.05 | 19.95 | 11636.00 | 583.25 | 1.000 | 583.25 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 2 (CASA FABRICANTE: TECNOCONCRET)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **ACELCRET** | **4** |
| SUPERPLASTIFICANTE | P.S.P.R. | 2.10 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | N.S.L. | 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 80.00 | Arena (kg) | 88.80 |
| Cemento (kg) | 42.00 | Arocillo (kg) | 35.20 |
| Microsilice (kg) | 4.20 | Agua (lts) | 17.00 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.03 | 9.95 | 19.87 | 1842.00 | 92.70 | 1.000 | 92.70 | CONICA | 105 | 26% |
| | 5.04 | 10.15 | 19.95 | 2171.00 | 108.82 | 1.000 | 108.82 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.17 | 19.95 | 1953.00 | 97.89 | 1.000 | 97.89 | CONICA | | |
| | 5.04 | 9.98 | 19.95 | 2348.00 | 117.69 | 1.000 | 117.69 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.11 | 19.95 | 2190.00 | 109.77 | 1.000 | 109.77 | CONICA | | |
| 3 | 5.05 | 10.12 | 20.03 | 4682.00 | 233.75 | 1.000 | 233.75 | CORTE | 241 | 60% |
| | 5.05 | 10.08 | 20.03 | 5156.00 | 257.42 | 1.000 | 257.42 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.13 | 19.95 | 4700.00 | 235.58 | 1.000 | 235.58 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.09 | 19.95 | 5048.00 | 253.03 | 1.000 | 253.03 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.03 | 19.95 | 4449.00 | 223.00 | 1.000 | 223.00 | CORTE | | |
| 7 | 5.06 | 10.13 | 20.11 | 7139.00 | 355.01 | 1.000 | 355.01 | CORTE | 339 | 85% |
| | 5.06 | 10.09 | 20.11 | 7030.00 | 349.59 | 1.000 | 349.59 | CORTE | | |
| | 5.05 | 10.02 | 20.03 | 6767.00 | 337.85 | 1.000 | 337.85 | CONICA | | |
| | 5.05 | 9.70 | 20.03 | 6797.00 | 339.35 | 0.998 | 338.67 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.16 | 19.95 | 6214.00 | 311.47 | 1.000 | 311.47 | CONICA | | |
| 14 | 5.04 | 10.09 | 19.95 | 7220.00 | 361.90 | 1.000 | 361.90 | CORTE | 403 | 101% |
| | 5.06 | 10.06 | 20.11 | 7683.00 | 382.07 | 1.000 | 382.07 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.10 | 20.03 | 8656.00 | 432.16 | 1.000 | 432.16 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.02 | 20.03 | 8120.00 | 405.40 | 1.000 | 405.40 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.08 | 19.95 | 8662.00 | 434.18 | 1.000 | 434.18 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.04 | 10.07 | 19.95 | 9402.00 | 471.27 | 1.000 | 471.27 | CORT. RAJ. | 447 | 112% |
| | 5.06 | 10.08 | 20.11 | 9068.00 | 450.94 | 1.000 | 450.94 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.17 | 20.03 | 8556.00 | 427.17 | 1.000 | 427.17 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.02 | 19.95 | 8672.00 | 434.68 | 1.000 | 434.68 | CORTE | | |
| | 5.06 | 9.99 | 20.11 | 9111.00 | 453.08 | 1.000 | 453.08 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 3 (CASA FABRICANTE: TECNOCONCRET)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **ACELCRET** | **5** |
| SUPERPLASTIFICANTE | P.S.P.R. | 2.10 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | N.S.L. | 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 80.00 | Arena (kg) | 88.80 |
| Cemento (kg) | 42.00 | Arocillo (kg) | 35.20 |
| Microsilice (kg) | 4.20 | Agua (lts) | 17.00 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5.03 | 10.32 | 19.87 | 1923.00 | 96.77 | 1.000 | 96.77 | CONICA | | |
| | 5.03 | 10.32 | 19.87 | 2322.00 | 116.85 | 1.000 | 116.85 | CONICA | | |
| 1 | 5.04 | 10.30 | 19.95 | 2184.00 | 109.47 | 1.000 | 109.47 | CONICA | 105 | 26% |
| | 5.05 | 10.33 | 20.03 | 1987.00 | 99.20 | 1.000 | 99.20 | CONICA | | |
| | 5.03 | 10.40 | 19.87 | 2007.00 | 101.00 | 1.000 | 101.00 | CONICA | | |
| | 5.03 | 10.01 | 19.87 | 4365.00 | 219.66 | 1.000 | 219.66 | CORTE | | |
| | 5.03 | 9.95 | 19.87 | 4342.00 | 218.51 | 1.000 | 218.51 | CORTE | | |
| 3 | 5.03 | 10.26 | 19.87 | 3899.00 | 196.21 | 1.000 | 196.21 | CORTE | 216 | 54% |
| | 5.03 | 10.08 | 19.87 | 4198.00 | 211.26 | 1.000 | 211.26 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.00 | 19.95 | 4725.00 | 236.84 | 1.000 | 236.84 | CORTE | | |
| | 5.04 | 9.90 | 19.95 | 7363.00 | 369.06 | 1.000 | 369.06 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.01 | 19.95 | 6708.00 | 336.23 | 1.000 | 336.23 | CORTE | | |
| 7 | 5.04 | 9.99 | 19.95 | 6270.00 | 314.28 | 1.000 | 314.28 | CONICA | 349 | 87% |
| | 5.04 | 9.94 | 19.95 | 7207.00 | 361.25 | 1.000 | 361.25 | CORTE | | |
| | 5.04 | 9.98 | 19.95 | 7250.00 | 363.40 | 1.000 | 363.40 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.00 | 19.95 | 8735.00 | 437.84 | 1.000 | 437.84 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.16 | 19.95 | 9119.00 | 457.08 | 1.000 | 457.08 | CORT. RAJ. | | |
| 14 | 5.03 | 10.10 | 19.87 | 8268.00 | 416.08 | 1.000 | 416.08 | CORT. RAJ. | 417 | 104% |
| | 5.04 | 10.02 | 19.95 | 6964.00 | 349.07 | 1.000 | 349.07 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 9.99 | 19.95 | 8465.00 | 424.30 | 1.000 | 424.30 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.18 | 20.03 | 8340.00 | 416.38 | 1.000 | 416.38 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.11 | 19.95 | 8840.00 | 443.10 | 1.000 | 443.10 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.03 | 9.93 | 19.87 | 9373.00 | 471.68 | 1.000 | 471.68 | CORT. RAJ. | 442 | 110% |
| | 5.04 | 9.99 | 19.95 | 8467.00 | 424.40 | 1.000 | 424.40 | CORTE | | |
| | 5.04 | 9.98 | 19.95 | 9051.00 | 453.67 | 1.000 | 453.67 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 4 (CASA FABRICANTE: TECNOCONCRET)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **ACELCRET** | **6** |
| SUPERPLASTIFICANTE | P.S.P.R. | 2.10 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | N.S.L. | 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 80.00 | Arena (kg) | 88.80 |
| Cemento (kg) | 42.00 | Arocillo (kg) | 35.20 |
| Microsilice (kg) | 4.20 | Agua (lts) | 17.00 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.05 | 10.11 | 20.03 | 1712.00 | 85.47 | 1.000 | 85.47 | CONICA | 90 | 22% |
| | 5.05 | 10.13 | 20.03 | 2025.00 | 101.10 | 1.000 | 101.10 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.08 | 19.95 | 1757.00 | 88.07 | 1.000 | 88.07 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.10 | 19.95 | 1586.00 | 79.50 | 1.000 | 79.50 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.20 | 19.95 | 1903.00 | 95.39 | 1.000 | 95.39 | CONICA | | |
| 3 | 5.05 | 10.04 | 20.03 | 4012.00 | 200.30 | 1.000 | 200.30 | CORTE | 208 | 52% |
| | 5.05 | 10.07 | 20.03 | 4476.00 | 223.47 | 1.000 | 223.47 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.15 | 19.95 | 4026.00 | 201.80 | 1.000 | 201.80 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.07 | 19.95 | 4401.00 | 220.60 | 1.000 | 220.60 | CORTE | | |
| | 5.05 | 10.04 | 20.03 | 3932.00 | 196.31 | 1.000 | 196.31 | CORTE | | |
| 7 | 5.06 | 9.98 | 20.11 | 4697.00 | 233.58 | 1.000 | 233.58 | CORTE | 250 | 63% |
| | 5.04 | 10.10 | 19.95 | 4666.00 | 233.88 | 1.000 | 233.88 | CORTE | | |
| | 5.05 | 10.03 | 20.03 | 4843.00 | 241.79 | 1.000 | 241.79 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.20 | 19.95 | 5683.00 | 284.86 | 1.000 | 284.86 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.10 | 19.95 | 5153.00 | 258.29 | 1.000 | 258.29 | CONICA | | |
| 14 | 5.05 | 10.20 | 20.03 | 5645.00 | 281.83 | 1.000 | 281.83 | CORTE | 274 | 69% |
| | 5.05 | 10.07 | 20.03 | 5594.00 | 279.29 | 1.000 | 279.29 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.09 | 19.95 | 4664.00 | 233.78 | 1.000 | 233.78 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.11 | 20.03 | 5484.00 | 273.79 | 1.000 | 273.79 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.19 | 20.03 | 6047.00 | 301.90 | 1.000 | 301.90 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.04 | 10.04 | 19.95 | 7296.00 | 365.71 | 1.000 | 365.71 | CORT. RAJ. | 342 | 85% |
| | 5.03 | 10.10 | 19.87 | 6501.00 | 327.15 | 1.000 | 327.15 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.03 | 10.10 | 19.87 | 6401.00 | 322.12 | 1.000 | 322.12 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 9.96 | 19.95 | 7049.00 | 353.33 | 1.000 | 353.33 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.05 | 19.95 | 6788.00 | 340.24 | 1.000 | 340.24 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 5 (CASA FABRICANTE: TECNOCONCRET)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **ACELCRET** | **7** |
| SUPERPLASTIFICANTE | P.S.P.R. | 2.10 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | N.S.L. | 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 80.00 | Arena (kg) | 88.80 |
| Cemento (kg) | 42.00 | Arocillo (kg) | 35.20 |
| Microsilice (kg) | 4.20 | Agua (lts) | 17.00 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.04 | 10.05 | 19.95 | 1985.00 | 99.50 | 1.000 | 99.50 | CONICA | 100 | 25% |
| | 5.04 | 10.03 | 19.95 | 1973.00 | 98.90 | 1.000 | 98.90 | CONICA | | |
| | 5.05 | 10.12 | 20.03 | 1873.00 | 93.51 | 1.000 | 93.51 | CONICA | | |
| | 5.06 | 10.21 | 20.11 | 2088.00 | 103.83 | 1.000 | 103.83 | | | |
| | 5.03 | 10.12 | 19.87 | 2063.00 | 103.82 | 1.000 | 103.82 | CONICA | | |
| 3 | 5.03 | 10.01 | 19.87 | 3500.00 | 176.13 | 1.000 | 176.13 | CORTE | 174 | 43% |
| | 5.02 | 9.95 | 19.79 | 3513.00 | 177.49 | 1.000 | 177.49 | CORTE | | |
| | 5.03 | 10.05 | 19.87 | 3049.00 | 153.44 | 1.000 | 153.44 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.19 | 19.95 | 3601.00 | 180.50 | 1.000 | 180.50 | CORTE | | |
| | 5.03 | 10.11 | 19.87 | 3606.00 | 181.47 | 1.000 | 181.47 | CORTE | | |
| 7 | 5.05 | 10.09 | 20.03 | 4545.00 | 226.91 | 1.000 | 226.91 | CORTE | 224 | 56% |
| | 5.05 | 10.14 | 20.03 | 3850.00 | 192.21 | 1.000 | 192.21 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.06 | 19.95 | 4923.00 | 246.76 | 1.000 | 246.76 | CONICA | | |
| | 5.03 | 10.26 | 19.87 | 4693.00 | 236.17 | 1.000 | 236.17 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.12 | 19.95 | 4315.00 | 216.29 | 1.000 | 216.29 | CONICA | | |
| 14 | 5.05 | 10.07 | 20.03 | 4946.00 | 246.93 | 1.000 | 246.93 | CORTE | 283 | 71% |
| | 5.04 | 10.17 | 19.95 | 5474.00 | 274.38 | 1.000 | 274.38 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.10 | 19.95 | 6085.00 | 305.01 | 1.000 | 305.01 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.15 | 19.95 | 5942.00 | 297.84 | 1.000 | 297.84 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.18 | 19.95 | 5824.00 | 291.92 | 1.000 | 291.92 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.04 | 10.12 | 19.95 | 5952.00 | 298.34 | 1.000 | 298.34 | CORT. RAJ. | 313 | 78% |
| | 5.04 | 10.24 | 19.95 | 6279.00 | 314.73 | 1.000 | 314.73 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.22 | 19.95 | 6083.00 | 304.91 | 1.000 | 304.91 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.29 | 19.95 | 6387.00 | 320.14 | 1.000 | 320.14 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.21 | 19.95 | 6472.00 | 324.40 | 1.000 | 324.40 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 6 (CASA FABRICANTE: TECNOCONCRET)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **ACELCRET** | **0** |
| SUPERPLASTIFICANTE | P.S.P.R. | 1.40 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | N.S.L. | 16LTS/M3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 80.00 | Arena (kg) | 88.80 |
| Cemento (kg) | 42.00 | Arocillo (kg) | 35.20 |
| Microsilice (kg) | 4.20 | Agua (lts) | 18.40 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.03 | 10.08 | 19.87 | 3294.00 | 165.77 | 1.000 | 165.77 | CONICA | 171 | 43% |
| | 5.04 | 10.04 | 19.95 | 3393.00 | 170.07 | 1.000 | 170.07 | CONICA | | |
| | 5.03 | 10.13 | 19.87 | 3448.00 | 173.52 | 1.000 | 173.52 | CONICA | | |
| | 5.03 | 10.15 | 19.87 | 3460.00 | 174.12 | 1.000 | 174.12 | CONICA | | |
| | 5.03 | 10.06 | 19.87 | 3364.00 | 169.29 | 1.000 | 169.29 | CONICA | | |
| 3 | 5.03 | 10.11 | 19.87 | 6036.00 | 303.75 | 1.000 | 303.75 | CORTE | 308 | 77% |
| | 5.04 | 10.05 | 19.95 | 6329.00 | 317.24 | 1.000 | 317.24 | CORTE | | |
| | 5.03 | 10.08 | 19.87 | 5749.00 | 289.31 | 1.000 | 289.31 | CORTE | | |
| | 5.03 | 9.98 | 19.87 | 5873.00 | 295.55 | 1.000 | 295.55 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.00 | 19.95 | 6630.00 | 332.32 | 1.000 | 332.32 | CORTE | | |
| 7 | 5.03 | 9.99 | 19.87 | 7785.00 | 391.77 | 1.000 | 391.77 | CORTE | 415 | 104% |
| | 5.03 | 10.05 | 19.87 | 8432.00 | 424.33 | 1.000 | 424.33 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.08 | 19.95 | 7805.00 | 391.22 | 1.000 | 391.22 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.02 | 19.95 | 8798.00 | 440.99 | 1.000 | 440.99 | CORTE | | |
| | 5.03 | 10.00 | 19.87 | 8450.00 | 425.24 | 1.000 | 425.24 | CONICA | | |
| 14 | 5.03 | 9.97 | 19.87 | 9657.00 | 485.98 | 1.000 | 485.98 | CORTE | 456 | 114% |
| | 5.03 | 10.12 | 19.87 | 8996.00 | 452.71 | 1.000 | 452.71 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.11 | 19.95 | 9220.00 | 462.15 | 1.000 | 462.15 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 9.93 | 19.95 | 8893.00 | 445.76 | 1.000 | 445.76 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.03 | 10.17 | 19.87 | 8582.00 | 431.88 | 1.000 | 431.88 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.03 | 10.01 | 19.87 | 10925.00 | 549.79 | 1.000 | 549.79 | CORT. RAJ. | 534 | 134% |
| | 5.03 | 10.10 | 19.87 | 10565.00 | 531.67 | 1.000 | 531.67 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.03 | 10.15 | 19.87 | 10301.00 | 518.39 | 1.000 | 518.39 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.13 | 19.95 | 11499.00 | 576.38 | 1.000 | 576.38 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.15 | 19.95 | 9877.00 | 495.08 | 1.000 | 495.08 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 7 (CASA FABRICANTE: TECNOCONCRET)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **ACELCRET** | **4** |
| SUPERPLASTIFICANTE | P.S.P.R. | 1.40 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | N.S.L. | 16LTS/M3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 80.00 | Arena (kg) | 88.80 |
| Cemento (kg) | 42.00 | Arocillo (kg) | 35.20 |
| Microsilice (kg) | 4.20 | Agua (lts) | 18.40 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.05 | 10.16 | 20.03 | 2751.00 | 137.35 | 1.000 | 137.35 | CONICA | 131 | 33% |
| | 5.05 | 10.05 | 20.03 | 2652.00 | 132.40 | 1.000 | 132.40 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.06 | 19.95 | 2885.00 | 144.61 | 1.000 | 144.61 | CONICA | | |
| | 5.03 | 10.22 | 19.87 | 2431.00 | 122.34 | 1.000 | 122.34 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.08 | 19.95 | 2337.00 | 117.14 | 1.000 | 117.14 | CONICA | | |
| 3 | 5.06 | 10.23 | 20.11 | 5675.00 | 282.21 | 1.000 | 282.21 | CORTE | 263 | 66% |
| | 5.04 | 10.07 | 19.95 | 4987.00 | 249.97 | 1.000 | 249.97 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.18 | 19.95 | 4735.00 | 237.34 | 1.000 | 237.34 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.13 | 19.95 | 5870.00 | 294.23 | 1.000 | 294.23 | CORTE | | |
| | 5.05 | 10.19 | 20.03 | 5075.00 | 253.37 | 1.000 | 253.37 | CORTE | | |
| 7 | 5.05 | 10.18 | 20.03 | 6187.00 | 308.89 | 1.000 | 308.89 | CORTE | 290 | 72% |
| | 5.05 | 10.19 | 20.03 | 4473.00 | 223.32 | 1.000 | 223.32 | CORTE | | |
| | 5.06 | 10.19 | 20.11 | 5488.00 | 272.91 | 1.000 | 272.91 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.20 | 19.95 | 6021.00 | 301.80 | 1.000 | 301.80 | CORTE | | |
| | 5.05 | 10.15 | 20.03 | 6845.00 | 341.74 | 1.000 | 341.74 | CONICA | | |
| 14 | 5.04 | 10.13 | 19.95 | 7476.00 | 374.73 | 1.000 | 374.73 | CORTE | 314 | 78% |
| | 5.04 | 10.15 | 19.95 | 6035.00 | 302.50 | 1.000 | 302.50 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.08 | 20.03 | 4108.00 | 205.10 | 1.000 | 205.10 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.10 | 19.95 | 7118.00 | 356.78 | 1.000 | 356.78 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.19 | 19.95 | 6591.00 | 330.37 | 1.000 | 330.37 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.04 | 10.20 | 19.95 | 8475.00 | 424.80 | 1.000 | 424.80 | CORT. RAJ. | 416 | 104% |
| | 5.04 | 10.07 | 19.95 | 8334.00 | 417.74 | 1.000 | 417.74 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 9.97 | 19.95 | 7744.00 | 388.16 | 1.000 | 388.16 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.05 | 19.95 | 8329.00 | 417.49 | 1.000 | 417.49 | CORTE | | |
| | 5.05 | 10.04 | 20.03 | 8638.00 | 431.26 | 1.000 | 431.26 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 8 (CASA FABRICANTE: TECNOCONCRET)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **ACELCRET** | **5** |
| SUPERPLASTIFICANTE | P.S.P.R. | 1.40 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | N.S.L. | 16LTS/M3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 80.00 | Arena (kg) | 88.80 |
| Cemento (kg) | 42.00 | Arocillo (kg) | 35.20 |
| Microsilice (kg) | 4.20 | Agua (lts) | 17.00 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.05 | 10.29 | 20.03 | 2954.00 | 147.48 | 1.000 | 147.48 | CONICA | 149 | 37% |
| | 5.05 | 10.25 | 20.03 | 2913.00 | 145.43 | 1.000 | 145.43 | CONICA | | |
| | 5.06 | 10.20 | 20.11 | 2946.00 | 146.50 | 1.000 | 146.50 | CONICA | | |
| | 5.03 | 10.05 | 19.87 | 2771.00 | 139.45 | 1.000 | 139.45 | CONICA | | |
| | 5.05 | 10.22 | 20.03 | 3330.00 | 166.25 | 1.000 | 166.25 | CONICA | | |
| 3 | 5.04 | 10.26 | 19.95 | 5680.00 | 284.71 | 1.000 | 284.71 | CORTE | 283 | 71% |
| | 5.05 | 10.15 | 20.03 | 5199.00 | 259.57 | 1.000 | 259.57 | CORTE | | |
| | 5.03 | 10.22 | 19.87 | 5171.00 | 260.22 | 1.000 | 260.22 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.20 | 19.95 | 5846.00 | 293.03 | 1.000 | 293.03 | CORTE | | |
| | 5.06 | 10.21 | 20.11 | 6407.00 | 318.61 | 1.000 | 318.61 | CORTE | | |
| 7 | 5.07 | 10.21 | 20.19 | 7029.00 | 348.17 | 1.000 | 348.17 | CORTE | 357 | 89% |
| | 5.04 | 10.19 | 19.95 | 7773.00 | 389.62 | 1.000 | 389.62 | CORTE | | |
| | 5.03 | 10.21 | 19.87 | 7035.00 | 354.03 | 1.000 | 354.03 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.17 | 19.95 | 6543.00 | 327.96 | 0.998 | 327.31 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.22 | 19.95 | 7251.00 | 363.45 | 1.000 | 363.45 | CONICA | | |
| 14 | 5.04 | 10.25 | 19.95 | 7584.00 | 380.14 | 1.000 | 380.14 | CORTE | 365 | 91% |
| | 5.04 | 10.28 | 19.95 | 7287.00 | 365.26 | 1.000 | 365.26 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.08 | 10.11 | 20.27 | 7030.00 | 346.85 | 1.000 | 346.85 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.20 | 20.03 | 7242.00 | 361.56 | 1.000 | 361.56 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.17 | 19.95 | 7432.00 | 372.52 | 1.000 | 372.52 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.03 | 10.06 | 19.87 | 7990.00 | 402.09 | 1.000 | 402.09 | CORT. RAJ. | 424 | 106% |
| | 5.04 | 10.20 | 19.95 | 9335.00 | 467.91 | 1.000 | 467.91 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.11 | 20.03 | 7926.00 | 395.71 | 1.000 | 395.71 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.12 | 20.03 | 8866.00 | 442.64 | 1.000 | 442.64 | CORTE | | |
| | 5.06 | 10.22 | 20.11 | 8277.00 | 411.61 | 1.000 | 411.61 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 9 (CASA FABRICANTE: TECNOCONCRET)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **ACELCRET** | **6** |
| SUPERPLASTIFICANTE | P.S.P.R. | 1.40 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | N.S.L. | 16LTS/M3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 80.00 | Arena (kg) | 88.80 |
| Cemento (kg) | 42.00 | Arocillo (kg) | 35.20 |
| Microsilice (kg) | 4.20 | Agua (lts) | 17.00 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.05 | 10.23 | 20.03 | 2800.00 | 139.79 | 1.000 | 139.79 | CONICA | 142 | 36% |
| | 5.04 | 10.21 | 19.95 | 2201.00 | 110.32 | 1.000 | 110.32 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.13 | 19.95 | 2678.00 | 134.23 | 1.000 | 134.23 | CONICA | | |
| | 5.05 | 10.11 | 20.03 | 3235.00 | 161.51 | 1.000 | 161.51 | CONICA | | |
| | 5.05 | 10.16 | 20.03 | 3318.00 | 165.65 | 1.000 | 165.65 | CONICA | | |
| 3 | 5.05 | 10.18 | 20.03 | 4463.00 | 222.82 | 1.000 | 222.82 | CORTE | 239 | 60% |
| | 5.06 | 10.21 | 20.08 | 5237.00 | 260.84 | 1.000 | 260.84 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.35 | 19.95 | 4694.00 | 235.28 | 1.000 | 235.28 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.16 | 19.95 | 4406.00 | 220.85 | 1.000 | 220.85 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.07 | 19.95 | 5094.00 | 255.33 | 1.000 | 255.33 | CORTE | | |
| 7 | 5.07 | 10.17 | 20.19 | 5687.00 | 281.69 | 1.000 | 281.69 | CORTE | 280 | 70% |
| | 5.05 | 10.18 | 20.03 | 2949.00 | 147.23 | 1.000 | 147.23 | CORTE | | |
| | 5.06 | 10.10 | 20.11 | 6514.00 | 323.93 | 1.000 | 323.93 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.20 | 19.95 | 6460.00 | 323.80 | 1.000 | 323.80 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.11 | 19.95 | 6402.00 | 320.90 | 1.000 | 320.90 | CONICA | | |
| 14 | 5.04 | 10.20 | 19.95 | 7667.00 | 384.30 | 1.000 | 384.30 | CORTE | 405 | 101% |
| | 5.05 | 10.20 | 20.03 | 7082.00 | 353.58 | 1.000 | 353.58 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.06 | 10.22 | 20.11 | 8338.00 | 414.64 | 1.000 | 414.64 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.15 | 19.95 | 8666.00 | 434.38 | 1.000 | 434.38 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.17 | 19.95 | 8721.00 | 437.13 | 1.000 | 437.13 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.04 | 10.27 | 19.95 | 7930.00 | 397.49 | 1.000 | 397.49 | CORT. RAJ. | 412 | 103% |
| | 5.05 | 10.17 | 20.03 | 6906.00 | 344.79 | 1.000 | 344.79 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.30 | 20.03 | 8850.00 | 441.84 | 1.000 | 441.84 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.22 | 20.03 | 8982.00 | 448.43 | 1.000 | 448.43 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.15 | 19.95 | 8488.00 | 425.45 | 1.000 | 425.45 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 10 (CASA FABRICANTE: TECNOCONCRET)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **ACELCRET** | **7** |
| SUPERPLASTIFICANTE | P.S.P.R. | 1.40 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | N.S.L. | 16LTS/M3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 80.00 | Arena (kg) | 88.80 |
| Cemento (kg) | 42.00 | Arocillo (kg) | 35.20 |
| Microsilice (kg) | 4.20 | Agua (lts) | 17.00 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.05 | 10.14 | 20.03 | 2097.00 | 104.69 | 1.000 | 104.69 | CONICA | 109 | 27% |
| | 5.05 | 10.26 | 20.03 | 2180.00 | 108.84 | 1.000 | 108.84 | CONICA | | |
| | 5.05 | 10.23 | 20.03 | 2207.00 | 110.19 | 1.000 | 110.19 | CONICA | | |
| | 5.05 | 10.24 | 20.03 | 2409.00 | 120.27 | 1.000 | 120.27 | CONICA | | |
| | 5.05 | 10.35 | 20.03 | 2053.00 | 102.50 | 1.000 | 102.50 | CONICA | | |
| 3 | 5.05 | 10.21 | 20.03 | 3598.00 | 179.63 | 1.000 | 179.63 | CORTE | 195 | 49% |
| | 5.05 | 10.24 | 20.03 | 3954.00 | 197.41 | 1.000 | 197.41 | CORTE | | |
| | 5.05 | 10.18 | 20.03 | 4594.00 | 229.36 | 1.000 | 229.36 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.16 | 19.95 | 3869.00 | 193.93 | 1.000 | 193.93 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.21 | 19.95 | 3461.00 | 173.48 | 1.000 | 173.48 | CORTE | | |
| 7 | 5.06 | 10.30 | 20.11 | 5595.00 | 278.23 | 1.000 | 278.23 | CORTE | 281 | 70% |
| | 5.04 | 10.23 | 19.95 | 5463.00 | 273.83 | 1.000 | 273.83 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.28 | 19.95 | 6483.00 | 324.96 | 1.000 | 324.96 | CONICA | | |
| | 5.05 | 10.21 | 20.03 | 5018.00 | 250.53 | 1.000 | 250.53 | CORTE | | |
| | 5.05 | 10.34 | 20.03 | 5518.00 | 275.49 | 1.000 | 275.49 | CONICA | | |
| 14 | 5.05 | 10.25 | 20.03 | 7320.00 | 365.46 | 1.000 | 365.46 | CORTE | 310 | 77% |
| | 5.06 | 10.27 | 20.11 | 6598.00 | 328.11 | 1.000 | 328.11 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.07 | 10.20 | 20.19 | 4321.00 | 214.03 | 1.000 | 214.03 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.06 | 10.22 | 20.11 | 6977.00 | 346.96 | 1.000 | 346.96 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.16 | 19.95 | 5889.00 | 295.18 | 1.000 | 295.18 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.05 | 10.09 | 20.03 | 7283.00 | 363.61 | 1.000 | 363.61 | CORT. RAJ. | 320 | 80% |
| | 5.06 | 10.14 | 20.11 | 5913.00 | 294.05 | 1.000 | 294.05 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.06 | 10.14 | 20.11 | 6236.00 | 310.11 | 1.000 | 310.11 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.12 | 19.95 | 6999.00 | 350.82 | 1.000 | 350.82 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.22 | 19.95 | 5634.00 | 282.40 | 1.000 | 282.40 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 11 (CASA FABRICANTE: MBT)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **MEYCO 160** | **0** |
| SUPERPLASTIFICANTE | RBUILD 1000 | 2.00 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | DELVOCRET | 0.5 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 50.000 | Arena (kg) | 57.250 |
| Cemento (kg) | 26.250 | Arocillo (kg) | 22.000 |
| Microsilice (kg) | 2.625 | Agua (lts) | 9.750 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 5.06 | 9.94 | 20.11 | 6030.00 | 299.86 | 1.000 | 299.86 | CORTE | 285 | 71% |
| | 5.05 | 10.04 | 20.03 | 5200.00 | 259.61 | 1.000 | 259.61 | CORTE | | |
| | 5.05 | 10.04 | 20.03 | 5728.00 | 285.98 | 1.000 | 285.98 | CORTE | | |
| | 5.05 | 9.96 | 20.03 | 5596.00 | 279.39 | 1.000 | 279.39 | CORTE | | |
| | 5.05 | 9.93 | 20.03 | 6055.00 | 302.30 | 1.000 | 302.30 | CORTE | | |
| 7 | 5.06 | 10.43 | 20.11 | 8476.00 | 421.50 | 1.000 | 421.50 | CORTE | 406 | 102% |
| | 5.05 | 9.88 | 20.03 | 7907.00 | 394.76 | 1.000 | 394.76 | CORTE | | |
| | 5.06 | 10.12 | 20.11 | 8327.00 | 414.09 | 1.000 | 414.09 | CONICA | | |
| | 5.06 | 10.30 | 20.11 | 7916.00 | 393.65 | 1.000 | 393.65 | CORTE | | |
| 14 | 5.06 | 10.14 | 20.11 | 8884.00 | 441.79 | 1.000 | 441.79 | CORTE | 468 | 117% |
| | 5.06 | 10.01 | 20.11 | 9617.00 | 478.24 | 1.000 | 478.24 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.40 | 20.03 | 9114.00 | 455.03 | 1.000 | 455.03 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.32 | 20.03 | 9607.00 | 479.64 | 1.000 | 479.64 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.40 | 20.03 | 9731.00 | 485.83 | 1.000 | 485.83 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.06 | 10.60 | 20.11 | 10125.00 | 503.50 | 1.000 | 503.50 | CORT. RAJ. | 512 | 128% |
| | 5.05 | 10.35 | 20.03 | 10030.00 | 500.76 | 1.000 | 500.76 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.06 | 10.37 | 20.11 | 9937.00 | 494.16 | 1.000 | 494.16 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.45 | 20.03 | 10439.00 | 521.18 | 1.000 | 521.18 | CORTE | | |
| | 5.05 | 10.62 | 20.03 | 10785.00 | 538.45 | 1.000 | 538.45 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 12 (CASA FABRICANTE: MBT)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **MEYCO 160** | **4** |
| SUPERPLASTIFICANTE | RBUILD 1000 | 2.00 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | DELVOCRET | 0.5 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 50.000 | Arena (kg) | 57.071 |
| Cemento (kg) | 26.250 | Arocillo (kg) | 22.000 |
| Microsilice (kg) | 2.625 | Agua (lts) | 9.290 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.07 | 10.07 | 20.19 | 3853.00 | 190.85 | 1.000 | 190.85 | CONICA | 175 | 44% |
| | 5.07 | 10.00 | 20.19 | 3131.00 | 155.09 | 1.000 | 155.09 | CONICA | | |
| | 5.08 | 10.01 | 20.27 | 3545.00 | 174.90 | 1.000 | 174.90 | CONICA | | |
| | 5.08 | 10.03 | 20.27 | 3308.00 | 163.21 | 1.000 | 163.21 | CONICA | | |
| | 5.09 | 10.03 | 20.35 | 3916.00 | 192.45 | 1.000 | 192.45 | CONICA | | |
| 3 | 5.07 | 10.02 | 20.19 | 6349.00 | 314.48 | 1.000 | 314.48 | CORTE | 286 | 71% |
| | 5.07 | 10.06 | 20.19 | 6375.00 | 315.77 | 1.000 | 315.77 | CORTE | | |
| | 5.07 | 9.96 | 20.19 | 5644.00 | 279.56 | 1.000 | 279.56 | CORTE | | |
| | 5.08 | 10.05 | 20.27 | 4822.00 | 237.91 | 1.000 | 237.91 | CORTE | | |
| | 5.08 | 10.10 | 20.27 | 5713.00 | 281.87 | 1.000 | 281.87 | CORTE | | |
| 7 | 5.07 | 10.05 | 20.19 | 7909.00 | 391.76 | 1.000 | 391.76 | CORTE | 394 | 98% |
| | 5.08 | 10.13 | 20.27 | 7909.00 | 390.21 | 1.000 | 390.21 | CORTE | | |
| | 5.08 | 10.04 | 20.27 | 7746.00 | 382.17 | 1.000 | 382.17 | CONICA | | |
| | 5.07 | 10.02 | 20.19 | 7573.00 | 375.11 | 1.000 | 375.11 | CORTE | | |
| | 5.08 | 9.98 | 20.27 | 8687.00 | 428.60 | 1.000 | 428.60 | CONICA | | |
| 14 | 5.07 | 10.01 | 20.19 | 8750.00 | 433.41 | 1.000 | 433.41 | CORTE | 449 | 112% |
| | 5.08 | 9.99 | 20.27 | 8754.00 | 431.90 | 1.000 | 431.90 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.09 | 10.07 | 20.35 | 9201.00 | 452.18 | 1.000 | 452.18 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.09 | 10.09 | 20.35 | 9966.00 | 489.77 | 1.000 | 489.77 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.09 | 10.04 | 20.35 | 8902.00 | 437.48 | 1.000 | 437.48 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.08 | 10.07 | 20.27 | 9555.00 | 471.42 | 1.000 | 471.42 | CORT. RAJ. | 451 | 113% |
| | 5.04 | 10.03 | 19.95 | 7061.00 | 353.93 | 1.000 | 353.93 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.06 | 10.03 | 20.11 | 9691.00 | 481.92 | 1.000 | 481.92 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.08 | 10.13 | 20.27 | 9685.00 | 477.84 | 1.000 | 477.84 | CORTE | | |
| | 5.08 | 10.12 | 20.27 | 9509.00 | 469.16 | 1.000 | 469.16 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 13 (CASA FABRICANTE: MBT)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **MEYCO 160** | **5** |
| SUPERPLASTIFICANTE | RBUILD 1000 | 2.00 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | DELVOCRET | 0.5 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 50.000 | Arena (kg) | 57.250 |
| Cemento (kg) | 26.250 | Arocillo (kg) | 22.000 |
| Microsilice (kg) | 2.625 | Agua (lts) | 9.750 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.05 | 10.29 | 20.03 | 3111.00 | 155.32 | 1.000 | 155.32 | CONICA | 156 | 39% |
| | 5.01 | 10.25 | 19.71 | 3066.00 | 155.53 | 1.000 | 155.53 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.17 | 19.95 | 3150.00 | 157.89 | 1.000 | 157.89 | CONICA | | |
| | 4.97 | 10.23 | 19.40 | 3079.00 | 158.71 | 1.000 | 158.71 | CONICA | | |
| | 4.96 | 10.19 | 19.32 | 2958.00 | 153.09 | 1.000 | 153.09 | CONICA | | |
| 3 | 5.06 | 10.36 | 20.11 | 5023.00 | 249.79 | 1.000 | 249.79 | CORTE | 254 | 64% |
| | 5.04 | 10.38 | 19.95 | 5178.00 | 259.54 | 1.000 | 259.54 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.48 | 19.95 | 5069.00 | 254.08 | 1.000 | 254.08 | CORTE | | |
| 7 | 5.04 | 10.40 | 19.95 | 6051.00 | 303.30 | 1.000 | 303.30 | CORTE | 305 | 76% |
| | 5.04 | 10.19 | 19.95 | 6365.00 | 319.04 | 1.000 | 319.04 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.33 | 19.95 | 6487.00 | 325.16 | 1.000 | 325.16 | CONICA | | |
| | 5.04 | 10.46 | 19.95 | 5098.00 | 255.53 | 0.998 | 255.02 | CORTE | | |
| | 5.05 | 10.55 | 20.03 | 6509.00 | 324.97 | 1.000 | 324.97 | CONICA | | |
| 14 | 5.05 | 10.45 | 20.03 | 6833.00 | 341.14 | 1.000 | 341.14 | CORTE | 341 | 85% |
| | 5.04 | 10.48 | 19.95 | 7095.00 | 355.63 | 1.000 | 355.63 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.34 | 19.95 | 7148.00 | 358.29 | 1.000 | 358.29 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.46 | 19.95 | 5573.00 | 279.34 | 1.000 | 279.34 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.40 | 19.95 | 7431.00 | 372.47 | 1.000 | 372.47 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.05 | 10.36 | 20.03 | 8315.00 | 415.13 | 1.000 | 415.13 | CORT. RAJ. | 385 | 96% |
| | 5.06 | 10.41 | 20.11 | 8211.00 | 408.32 | 1.000 | 408.32 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.39 | 19.95 | 6756.00 | 338.64 | 1.000 | 338.64 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.06 | 10.39 | 20.11 | 6853.00 | 340.79 | 1.000 | 340.79 | CORTE | | |
| | 5.06 | 10.43 | 20.11 | 8486.00 | 422.00 | 1.000 | 422.00 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 14 (CASA FABRICANTE: MBT)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **MEYCO 160** | **7** |
| SUPERPLASTIFICANTE | RBUILD 1000 | 2.00 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | DELVOCRET | 0.5 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 50.000 | Arena (kg) | 56.893 |
| Cemento (kg) | 26.250 | Arocillo (kg) | 22.000 |
| Microsilice (kg) | 2.625 | Agua (lts) | 10.107 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.00 | 10.21 | 19.64 | 2535.00 | 129.11 | 1.000 | 129.11 | CONICA | 130 | 32% |
| | 5.00 | 10.33 | 19.64 | 2641.00 | 134.50 | 1.000 | 134.50 | CONICA | | |
| | 5.00 | 10.25 | 19.64 | 2607.00 | 132.77 | 1.000 | 132.77 | CONICA | | |
| | 5.03 | 10.13 | 19.87 | 2352.00 | 118.36 | 1.000 | 118.36 | CONICA | | |
| | 5.02 | 10.24 | 19.79 | 2633.00 | 133.03 | 1.000 | 133.03 | CONICA | | |
| 3 | 5.05 | 10.05 | 20.03 | 3391.00 | 169.30 | 1.000 | 169.30 | CORTE | 195 | 49% |
| | 5.03 | 10.03 | 19.87 | 3797.00 | 191.08 | 1.000 | 191.08 | CORTE | | |
| | 5.05 | 10.08 | 19.99 | 4293.00 | 214.76 | 1.000 | 214.76 | CORTE | | |
| | 5.05 | 10.09 | 20.03 | 4044.00 | 201.90 | 1.000 | 201.90 | CORTE | | |
| | 5.05 | 10.03 | 20.03 | 3990.00 | 199.20 | 1.000 | 199.20 | CORTE | | |
| 7 | 5.03 | 9.98 | 19.87 | 4493.00 | 226.10 | 1.000 | 226.10 | CORTE | 247 | 62% |
| | 5.03 | 10.04 | 19.87 | 4903.00 | 246.74 | 1.000 | 246.74 | CORTE | | |
| | 5.03 | 9.97 | 19.87 | 5132.00 | 258.26 | 1.000 | 258.26 | CONICA | | |
| | 5.05 | 10.11 | 20.03 | 4694.00 | 234.35 | 1.000 | 234.35 | CORTE | | |
| | 5.04 | 10.05 | 19.95 | 5391.00 | 270.22 | 1.000 | 270.22 | CONICA | | |
| 14 | 5.04 | 10.11 | 19.95 | 6272.00 | 314.38 | 1.000 | 314.38 | CORTE | 314 | 78% |
| | 5.03 | 9.98 | 19.87 | 7155.00 | 360.07 | 1.000 | 360.07 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.02 | 19.95 | 6387.00 | 320.14 | 1.000 | 320.14 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.03 | 10.10 | 19.87 | 5985.00 | 301.19 | 1.000 | 301.19 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.04 | 19.95 | 5434.00 | 272.38 | 1.000 | 272.38 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.04 | 10.05 | 19.95 | 6563.00 | 328.97 | 1.000 | 328.97 | CORT. RAJ. | 314 | 78% |
| | 5.04 | 10.13 | 19.95 | 6011.00 | 301.30 | 1.000 | 301.30 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.08 | 19.95 | 6918.00 | 346.76 | 1.000 | 346.76 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.04 | 10.07 | 19.95 | 6142.00 | 307.86 | 1.000 | 307.86 | CORTE | | |
| | 5.03 | 10.12 | 19.87 | 5637.00 | 283.68 | 1.000 | 283.68 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 15 (CASA FABRICANTE: MBT)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **MEYCO 160** | **0** |
| SUPERPLASTIFICANTE | RBUILD 2000 | 1.94 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | DELVOCRET | 0.5 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 50.000 | Arena (kg) | 57.250 |
| Cemento (kg) | 26.250 | Arocillo (kg) | 22.000 |
| Microsilice (kg) | 2.625 | Agua (lts) | 10.170 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 5.06 | 10.06 | 20.11 | 6644.00 | 330.40 | 1.000 | 330.40 | CORTE | 313 | 78% |
| | 5.06 | 10.05 | 20.11 | 6207.00 | 308.67 | 1.000 | 308.67 | CORTE | | |
| | 5.06 | 9.95 | 20.11 | 6119.00 | 304.29 | 1.000 | 304.29 | CORTE | | |
| | 5.06 | 9.93 | 20.11 | 6304.00 | 313.49 | 1.000 | 313.49 | CORTE | | |
| | 5.06 | 10.05 | 20.11 | 6163.00 | 306.48 | 1.000 | 306.48 | CORTE | | |
| 7 | 5.05 | 10.06 | 20.03 | 8997.00 | 449.18 | 1.000 | 449.18 | CORTE | 458 | 115% |
| | 5.05 | 10.03 | 20.03 | 8903.00 | 444.49 | 1.000 | 444.49 | CORTE | | |
| | 5.05 | 9.98 | 20.03 | 8993.00 | 448.98 | 1.000 | 448.98 | CONICA | | |
| | 5.05 | 10.16 | 20.03 | 8018.00 | 400.31 | 1.000 | 400.31 | CORTE | | |
| | 5.05 | 10.13 | 20.03 | 10959.00 | 547.14 | 1.000 | 547.14 | CORTE | | |
| 14 | 5.06 | 10.07 | 20.11 | 9801.00 | 487.39 | 1.000 | 487.39 | CORTE | 497 | 124% |
| | 5.05 | 10.06 | 20.03 | 10678.00 | 533.11 | 1.000 | 533.11 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.05 | 20.03 | 8247.00 | 411.74 | 1.000 | 411.74 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.03 | 20.03 | 11129.00 | 555.63 | 1.000 | 555.63 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.11 | 20.03 | 9935.00 | 496.01 | 1.000 | 496.01 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.05 | 10.07 | 20.03 | 10676.00 | 533.01 | 1.000 | 533.01 | CORT. RAJ. | 547 | 137% |
| | 5.05 | 9.96 | 20.03 | 11004.00 | 549.39 | 1.000 | 549.39 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.03 | 20.03 | 10652.00 | 531.81 | 1.000 | 531.81 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.05 | 10.06 | 20.03 | 10959.00 | 547.14 | 1.000 | 547.14 | CORTE | | |
| | 5.06 | 9.99 | 20.11 | 11514.00 | 572.58 | 1.000 | 572.58 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 16 (CASA FABRICANTE: MBT)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **MEYCO 160** | **4** |
| SUPERPLASTIFICANTE | RBUILD 2000 | 1.94 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | DELVOCRET | 0.5 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 80.000 | Arena (kg) | 91.310 |
| Cemento (kg) | 42.000 | Arocillo (kg) | 35.200 |
| Microsilice (kg) | 4.200 | Agua (lts) | 15.890 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO ($kg/cm^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.05 | 10.47 | 20.03 | 3765.00 | 187.97 | 1.000 | 187.97 | CONICA | 154 | 38% |
| | 5.06 | 10.26 | 20.11 | 2438.00 | 121.24 | 1.000 | 121.24 | CONICA | | |
| | 5.06 | 10.41 | 20.11 | 3053.00 | 151.82 | 1.000 | 151.82 | CONICA | | |
| 3 | 5.06 | 10.33 | 20.11 | 5153.00 | 256.25 | 1.000 | 256.25 | CORTE | 255 | 64% |
| | 5.06 | 10.25 | 20.11 | 5817.00 | 289.27 | 1.000 | 289.27 | CORTE | | |
| | 5.06 | 10.32 | 20.11 | 4439.00 | 220.75 | 1.000 | 220.75 | CORTE | | |
| 7 | 5.06 | 10.18 | 20.11 | 7204.00 | 358.25 | 1.000 | 358.25 | CORTE | 378 | 94% |
| | 5.06 | 10.25 | 20.11 | 7869.00 | 391.32 | 1.000 | 391.32 | CORTE | | |
| | 5.06 | 10.25 | 20.11 | 7721.00 | 383.96 | 1.000 | 383.96 | CONICA | | |
| 14 | 5.06 | 10.30 | 20.11 | 7635.00 | 379.68 | 1.000 | 379.68 | CORTE | 426 | 106% |
| | 5.06 | 10.14 | 20.11 | 8729.00 | 434.08 | 1.000 | 434.08 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.06 | 10.32 | 20.11 | 9323.00 | 463.62 | 1.000 | 463.62 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.07 | 10.32 | 20.19 | 8980.00 | 444.80 | 1.000 | 444.80 | CORT. RAJ. | 437 | 109% |
| | 5.06 | 10.45 | 20.11 | 8826.00 | 438.91 | 1.000 | 438.91 | CORTE | | |
| | 5.06 | 10.25 | 20.11 | 8619.00 | 428.61 | 1.000 | 428.61 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 17 (CASA FABRICANTE: MBT)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **MEYCO 160** | **5** |
| SUPERPLASTIFICANTE | RBUILD 2000 | 1.94 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | DELVOCRET | 0.5 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 50.000 | Arena (kg) | 57.071 |
| Cemento (kg) | 26.250 | Arocillo (kg) | 22.000 |
| Microsilice (kg) | 2.625 | Agua (lts) | 9.290 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.06 | 10.13 | 20.11 | 2382.00 | 118.45 | 1.000 | 118.45 | CONICA | 120 | 30% |
| | 5.05 | 10.07 | 20.03 | 2627.00 | 131.16 | 1.000 | 131.16 | CONICA | | |
| | 5.07 | 10.12 | 20.19 | 2202.00 | 109.07 | 1.000 | 109.07 | CONICA | | |
| 3 | 5.07 | 10.10 | 20.19 | 3783.00 | 187.38 | 1.000 | 187.38 | CORTE | 224 | 56% |
| | 5.06 | 10.07 | 20.11 | 4716.00 | 234.52 | 1.000 | 234.52 | CORTE | | |
| | 5.06 | 10.08 | 20.11 | 5009.00 | 249.09 | 1.000 | 249.09 | CORTE | | |
| 7 | 5.06 | 10.07 | 20.11 | 5779.00 | 287.38 | 1.000 | 287.38 | CORTE | 281 | 70% |
| | 5.06 | 9.96 | 20.11 | 5413.00 | 269.18 | 1.000 | 269.18 | CORTE | | |
| | 5.06 | 10.05 | 20.11 | 5749.00 | 285.89 | 1.000 | 285.89 | CONICA | | |
| 14 | 5.07 | 10.05 | 20.19 | 7456.00 | 369.32 | 1.000 | 369.32 | CORTE | 333 | 83% |
| | 5.06 | 10.06 | 20.11 | 6695.00 | 332.93 | 1.000 | 332.93 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.06 | 10.09 | 20.11 | 5975.00 | 297.13 | 1.000 | 297.13 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.06 | 10.16 | 20.11 | 7362.00 | 366.10 | 1.000 | 366.10 | CORT. RAJ. | 315 | 79% |
| | 5.06 | 10.13 | 20.11 | 5740.00 | 285.44 | 1.000 | 285.44 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.06 | 10.06 | 20.11 | 5894.00 | 293.10 | 1.000 | 293.10 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 18 (CASA FABRICANTE: MBT)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **MEYCO 160** | **7** |
| SUPERPLASTIFICANTE | RBUILD 2000 | 1.94 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | DELVOCRET | 0.5 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 50.000 | Arena (kg) | 56.893 |
| Cemento (kg) | 26.250 | Arocillo (kg) | 22.000 |
| Microsilice (kg) | 2.625 | Agua (lts) | 10.107 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5.06 | 9.96 | 20.11 | 2019.00 | 100.40 | 1.000 | 100.40 | CONICA | 108 | 27% |
| | 5.06 | 10.08 | 20.11 | 2340.00 | 116.37 | 1.000 | 116.37 | CONICA | | |
| 3 | 5.06 | 10.09 | 20.11 | 4696.00 | 233.53 | 1.000 | 233.53 | CORTE | 218 | 55% |
| | 5.06 | 10.02 | 20.11 | 4306.00 | 214.13 | 1.000 | 214.13 | CORTE | | |
| | 5.06 | 10.06 | 20.11 | 4179.00 | 207.82 | 1.000 | 207.82 | CORTE | | |
| 7 | 5.06 | 10.10 | 20.11 | 4696.00 | 233.53 | 1.000 | 233.53 | CORTE | 258 | 64% |
| | 5.06 | 10.07 | 20.11 | 5507.00 | 273.86 | 1.000 | 273.86 | CORTE | | |
| | 5.06 | 10.07 | 20.11 | 5277.00 | 262.42 | 1.000 | 262.42 | CORTE | | |
| | 5.06 | 10.09 | 20.11 | 5045.00 | 250.88 | 1.000 | 250.88 | CORTE | | |
| | 5.06 | 10.09 | 20.11 | 5390.00 | 268.04 | 1.000 | 268.04 | CONICA | | |
| 14 | 5.06 | 10.21 | 20.11 | 6508.00 | 323.64 | 1.000 | 323.64 | CORTE | 312 | 78% |
| | 5.06 | 9.96 | 20.11 | 6258.00 | 311.20 | 1.000 | 311.20 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.06 | 10.09 | 20.11 | 5813.00 | 289.07 | 1.000 | 289.07 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.06 | 10.10 | 20.11 | 6021.00 | 299.42 | 1.000 | 299.42 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.06 | 9.94 | 20.11 | 6740.00 | 335.17 | 1.000 | 335.17 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5.06 | 9.91 | 20.11 | 6927.00 | 344.47 | 1.000 | 344.47 | CORT. RAJ. | 333 | 83% |
| | 5.06 | 10.16 | 20.11 | 6626.00 | 329.50 | 1.000 | 329.50 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.06 | 9.98 | 20.11 | 6589.00 | 327.66 | 1.000 | 327.66 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.06 | 9.97 | 20.11 | 6788.00 | 337.56 | 1.00 | 337.56 | CORT. RAJ. | | |
| | 5.06 | 10.05 | 20.11 | 6549.00 | 325.67 | 1.00 | 325.67 | CORT. RAJ. | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 15 (CASA FABRICANTE: Sika)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **SIGUNIT 510** | **0** |
| SUPERPLASTIFICANTE | VISCOCRETE | 0,70 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | SIKATARD | 0,4 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 80,000 | Arena (kg) | 91,000 |
| Cemento (kg) | 42,000 | Arocillo (kg) | 35,700 |
| Microsilice (kg) | 4,200 | Agua (lts) | 15,700 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 5,04 | 10,03 | 19,95 | 6757,00 | 338,69 | 1,000 | 338,69 | CORTE | 323 | 81% |
| | 5,05 | 9,81 | 20,03 | 6261,00 | 312,59 | 1,000 | 312,59 | CORTE | | |
| | 5,04 | 10,16 | 19,95 | 6621,00 | 331,87 | 1,000 | 331,87 | CORTE | | |
| | 5,05 | 10,12 | 20,03 | 6591,00 | 329,06 | 1,000 | 329,06 | CORTE | | |
| | 5,06 | 10,03 | 20,11 | 6118,00 | 304,24 | 1,000 | 304,24 | CORTE | | |
| 7 | 5,02 | 10,02 | 19,79 | 8991,00 | 454,27 | 1,000 | 454,27 | CONICA | 430 | 107% |
| | 5,05 | 9,95 | 20,03 | 8676,00 | 433,16 | 1,000 | 433,16 | CONICA | | |
| | 5,03 | 9,69 | 19,87 | 8418,00 | 423,63 | 0,999 | 423,20 | CORTE | | |
| | 5,04 | 10,13 | 19,95 | 7829,00 | 392,42 | 1,000 | 392,42 | CONICA | | |
| | 5,04 | 9,98 | 19,95 | 8898,00 | 446,01 | 1,000 | 446,01 | CORTE | | |
| 14 | 5,05 | 10,07 | 20,03 | 9926,00 | 495,56 | 1,000 | 495,56 | CORTE | 478 | 120% |
| | 5,06 | 10,02 | 20,11 | 9334,00 | 464,17 | 1,000 | 464,17 | CORTE | | |
| | 5,05 | 9,95 | 20,03 | 9075,00 | 453,08 | 1,000 | 453,08 | CORT. RAJ. | | |
| | 5,05 | 10,04 | 20,03 | 9885,00 | 493,52 | 1,000 | 493,52 | CORT. RAJ. | | |
| | 5,06 | 9,99 | 20,11 | 9775,00 | 486,10 | 1,000 | 486,10 | CORT. RAJ. | | |
| 28 | 5,05 | 10,13 | 20,03 | 9451,00 | 471,85 | 1,000 | 471,85 | CORTE | 523 | 131% |
| | 5,05 | 10,10 | 20,03 | 10842,00 | 541,30 | 1,000 | 541,30 | CORTE | | |
| | 5,06 | 9,98 | 20,11 | 10228,00 | 508,63 | 1,000 | 508,63 | CORTE | | |
| | 5,06 | 10,12 | 20,11 | 11671,00 | 580,38 | 1,000 | 580,38 | CORT. RAJ. | | |
| | 5,06 | 10,07 | 20,11 | 10354,00 | 514,89 | 1,000 | 514,89 | CORTE | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 16 (CASA FABRICANTE: Sika)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **SIGUNIT 510** | **5** |
| SUPERPLASTIFICANTE | VISCOCRETE | 0,70 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | SIKATARD | 0,4 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 80,000 | Arena (kg) | 91,000 |
| Cemento (kg) | 42,000 | Arocillo (kg) | 35,700 |
| Microsilice (kg) | 4,200 | Agua (lts) | 15,700 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5,06 | 9,83 | 20,11 | 2534,00 | 126,01 | 1,000 | 126,01 | CORTE | 130 | 32% |
| | 5,06 | 8,98 | 20,11 | 2722,00 | 135,36 | 0,982 | 132,93 | CORT. RAJ. | | |
| | 5,07 | 9,33 | 20,19 | 2433,00 | 120,51 | 0,989 | 119,19 | CORT. RAJ. | | |
| | 5,06 | 9,85 | 20,11 | 2831,00 | 140,78 | 1,000 | 140,78 | CORT. RAJ. | | |
| 3 | 5,04 | 10,09 | 19,95 | 5064,00 | 253,83 | 1,000 | 253,83 | CORT. RAJ. | 262 | 65% |
| | 5,00 | 10,08 | 19,64 | 5864,00 | 298,65 | 1,000 | 298,65 | CON. RAJ. | | |
| | 5,06 | 10,16 | 20,11 | 5454,00 | 271,22 | 1,000 | 271,22 | CON. RAJ. | | |
| | 5,02 | 10,12 | 19,79 | 4037,00 | 203,97 | 1,000 | 203,97 | CON. RAJ. | | |
| | 5,08 | 10,10 | 20,27 | 5694,00 | 280,93 | 1,000 | 280,93 | CORT. RAJ. | | |
| 7 | 5,05 | 10,12 | 20,03 | 4464,00 | 222,87 | 1,000 | 222,87 | CORT. RAJ. | 305 | 76% |
| | 5,05 | 10,05 | 20,03 | 6431,00 | 321,07 | 1,000 | 321,07 | CORTE | | |
| | 5,00 | 9,97 | 19,64 | 5944,00 | 302,72 | 1,000 | 302,72 | CORTE | | |
| | 5,06 | 10,11 | 20,11 | 6573,00 | 326,87 | 1,000 | 326,87 | CORTE | | |
| | 5,06 | 9,87 | 20,11 | 7079,00 | 352,03 | 1,000 | 352,03 | CORTE | | |
| 14 | 5,04 | 9,93 | 19,95 | 7358,00 | 368,81 | 1,000 | 368,81 | CON. RAJ. | 370 | 93% |
| | 5,05 | 9,84 | 20,03 | 6890,00 | 343,99 | 1,000 | 343,99 | CON. RAJ. | | |
| | 5,05 | 9,93 | 20,03 | 7810,00 | 389,92 | 1,000 | 389,92 | CON. RAJ. | | |
| | 5,05 | 9,92 | 20,03 | 7353,00 | 367,11 | 1,000 | 367,11 | CON. RAJ. | | |
| | 5,05 | 9,87 | 20,03 | 7656,00 | 382,23 | 1,000 | 382,23 | CON. RAJ. | | |
| 28 | 5,05 | 9,85 | 20,03 | 8288,00 | 413,79 | 1,000 | 413,79 | CORTE | 407 | 102% |
| | 5,05 | 9,87 | 20,03 | 8287,00 | 413,74 | 1,000 | 413,74 | CORTE | | |
| | 5,05 | 9,89 | 20,03 | 8382,00 | 418,48 | 1,000 | 418,48 | CORTE | | |
| | 5,05 | 9,89 | 20,03 | 9310,00 | 464,81 | 1,000 | 464,81 | CORTE | | |
| | 5,05 | 9,95 | 20,03 | 6532,00 | 326,12 | 1,000 | 326,12 | CORTE | | |

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION EN NUCLEOS DE CONCRETO
## MUESTRA 16 (CASA FABRICANTE: Sika)

| ADITIVO | NOMBRE | DOSIS (%) |
|---|---|---|
| **ACELERANTE** | **SIGUNIT 510** | **6** |
| SUPERPLASTIFICANTE | VISCOCRETE | 0,70 |
| ESTABILIZADOR DE ASENTAMIENTO | SIKATARD | 0,4 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Lts. De mezcla | 80,000 | Arena (kg) | 91,000 |
| Cemento (kg) | 42,000 | Arocillo (kg) | 35,700 |
| Microsilice (kg) | 4,200 | Agua (lts) | 15,700 |
| **RESISIENCIA DE DISEÑO (kg/cm$^2$)** | | | **400** |

| EDAD (dias) | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm2) | CARGA (kg) | ESFUERZO (kg/cm2) | FACTOR DE CORRECION | ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2) | TIPO DE ROTURA | RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2) | PORCENTAJE DE RESISIENCIA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5,06 | 10,28 | 20,11 | 2634,00 | 130,99 | 1,000 | 130,99 | CORT. RAJ. | 124 | 31% |
| | 5,06 | 10,29 | 20,11 | 2660,00 | 132,28 | 1,000 | 132,28 | CORT. RAJ. | | |
| | 5,07 | 10,29 | 20,19 | 2145,00 | 106,25 | 1,000 | 106,25 | CORT. RAJ. | | |
| | 5,07 | 10,24 | 20,19 | 2567,00 | 127,15 | 1,000 | 127,15 | CORT. RAJ. | | |
| | 5,06 | 10,30 | 20,11 | 2484,00 | 123,53 | 1,000 | 123,53 | CORT. RAJ. | | |
| 3 | 5,05 | 9,88 | 20,03 | 4970,00 | 248,13 | 1,000 | 248,13 | CORT. RAJ. | 262 | 66% |
| | 5,05 | 10,03 | 20,03 | 5236,00 | 261,41 | 1,000 | 261,41 | CORT. RAJ. | | |
| | 5,06 | 9,97 | 20,11 | 5214,00 | 259,29 | 1,000 | 259,29 | CORTE | | |
| | 5,05 | 9,99 | 20,03 | 5597,00 | 279,44 | 1,000 | 279,44 | CORT. RAJ. | | |
| 7 | 5,06 | 10,07 | 20,11 | 5225,00 | 259,83 | 1,000 | 259,83 | CORTE | 275 | 69% |
| | 5,05 | 9,98 | 20,03 | 5084,00 | 253,82 | 1,000 | 253,82 | CORTE | | |
| | 5,05 | 9,88 | 20,03 | 5911,00 | 295,11 | 1,000 | 295,11 | CORTE | | |
| | 5,06 | 9,81 | 20,11 | 5823,00 | 289,57 | 1,000 | 289,57 | CORT. RAJ. | | |
| 14 | 5,06 | 10,05 | 20,11 | 6075,00 | 302,10 | 1,000 | 302,10 | CONICA | 315 | 79% |
| | 5,06 | 10,13 | 20,11 | 6158,00 | 306,23 | 1,000 | 306,23 | CON. RAJ. | | |
| | 5,05 | 9,74 | 20,03 | 7303,00 | 364,61 | 1,000 | 364,61 | CON. RAJ. | | |
| | 5,05 | 10,15 | 20,03 | 5786,00 | 288,87 | 1,000 | 288,87 | CON. RAJ. | | |
| 28 | 5,06 | 9,79 | 20,11 | 7281,00 | 362,08 | 0,999 | 361,71 | CORTE | 323 | 81% |
| | 5,05 | 10,03 | 20,03 | 5545,00 | 276,84 | 1,000 | 276,84 | CONICA | | |
| | 5,05 | 10,12 | 20,03 | 6431,00 | 321,07 | 1,000 | 321,07 | CONICA | | |
| | 5,05 | 9,79 | 20,03 | 6687,00 | 333,85 | 1,000 | 333,85 | CONICA | | |

# ANEXO 5

## Resultados de los ensayos

# ANEXO 6

## Normas ASTM y Covenin

## 6.1- Covenin 255-77

**Composición Granulométrica de los Agregados** (Normas Venezolana COVENIN 255-77).

Consiste en determinar por cernido la distribución de los tamaños de las partículas de agregado fino.

**Procedimiento.**

- Se selecciona una muestra por el método de cuarteo (Norma COVENIN 270-78)
- Se pesan aproximadamente 600 gr. de arena ó más.
- Se lava el material y se filtra el agua de lavado a través de los tamices # 16 y # 200. el material lavado se somete al proceso deseado.
- Se ensamblan los cedazos en orden, se coloca la muestra seca en el superior y se agitan los cedazos según lo establece la norma.
- Se determina el peso del material retenido en cada tamiz y se anotan los resultados en la planilla correspondiente.

**Peso Específico y Absorción de Agregados** (según método aprobado por COVENIN)

- En este ensayo se determina el peso por unidad de volumen tomando como referencia el volumen sólido de los granos de agregados, sin contar los huecos que quedan entre grano y grano. Además, se mide la capacidad de captar agua de un agregado desde su estado seco al horno hasta el límite de saturado con superficie seca.

**Procedimiento Para Determinar Peso Específico.**

- Se selecciona la muestra según el método de cuarteo (Norma Venezolana COVENIN 270 –78).
- Se tamiza la muestra a través del cedazo # 4.
- Se pesan 125 gr. de material para ser depositados en un matraz de doble cuello, previamente lleno con agua hasta 375 ml.
- Se uniformiza el material y se deja reposar durante 1 hora.
- Se toma la lectura del volumen final alcanzado, se calcula el valor de peso especifico mediante la siguiente ecuación:

$$Pesp = Wo/(Vf - Vi)$$

Donde:

Wo = Peso Ce de la muestra en estado natural (gr.)
Vf = Volumen final (ml.)
Vi = Volumen inicial (ml.)

**Procedimiento Para el Cálculo de Absorción**

- Se sumerge en agua la muestra previamente seleccionada durante 24 Hrs.
- Posterior a ese tiempo, se extiende la muestra húmeda sobre una superficie plana no absorbente, se expone a una suave corriente de aire tibio y se agita con frecuencia.
- Se toma una porción de ésta muestra y se coloca en el molde troncónico, el cual se sujeta firmemente con diámetro mayor hacia abajo y se golpea muy suavemente la superficie 25 veces, con el compactador.

- Se alisa la superficie y se alza el molde verticalmente sin girarlo. Si el cono de agregado mantiene su forma, todavía no se ha logrado la condición de saturado con superficie seca.
- Se repite este proceso hasta que el cono de agregado fino se derrumbe ligeramente a quitar el molde; esto indica que el agregado ha alcanzado la condición de saturado con superficie seca.
- Una vez alcanzado este limite, se pesa la muestra y se deja secar al horno.
- Se anota el peso final en su estado de secado al horno y se aplica la siguiente formula:

$$\% A=100^* (Wss - Ws)/(Ws)$$

Donde:

Wss = Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr).

Ws = Peso de la muestra (gr).

## 6.2- ASTM C 403

❖ **Método de Ensayo Estándar para Tiempos de Fraguado en Mezclas de Concreto por Resistencia a la Penetración** (ASTM C 403)

## 1. Alcance.

- Este método barca la determinación del tiempo de fraguado de concreto proyectado, en paneles proyectados, por medio de meditaciones de resistencias a la penetración.
- El valor condicionado en unidad de pulg. – lb. son considerado como estándar.
- Este método de ensayo involucra el uso de materiales, operaciones y equipo riesgoso. No se menciona los problemas de seguridad asociados y su utilización. Es responsabilidad del usuario consultar y establecer medidas de seguridad y determinar la aplicabilidad de sus limitaciones antes de su uso.

## 2 Terminología

- **Tiempo Inicial de Fraguado:** Se define como transcurrir del tiempo, después del contacto inicial del cemento y el agua, requerido para el concreto proyectado alcance una resistencia a la penetración de 35 Kg./cm.$^2$
- **Tiempo de fraguado Final:** se define como el transcurrir del tiempo, después del contacto inicial del cemento con el agua, requerido para el concreto proyectado alcance una resistencia de 280 Kg./cm.$^2$

## 3 Sumario del Método de ensayo.

En intervalos regulares de tiempo, la resistencia del concreto proyectado para penetración por normas es medido con aguja. La resistencia a la penetración es dibujada como una función del tiempo transcurrido, el tiempo inicial y final de fraguado son determinados.

## 4 Significado y Uso.

- Ya que el tiempo de fraguado del concreto proyectado es un proceso gradual, cualquier definición del tiempo de fraguado debe ser necesariamente arbitraria. En este método de ensayo, los tiempos de fraguado son definidos en términos de los tiempos requeridos para el concreto proyectado alcance valores específicos de resistencia a la penetración. Este método de ensayo es una adaptación de método ASTMC 403, con similares definiciones para tiempo de fraguado.
- Este método de ensayo es usado para pruebas de concreto proyectado en colocación ó preparación de panelas y pruebas.
- Este método de ensayos es aplicable para mezclas con fraguado normales y mezclas de concreto proyectado de rápida fraguado, diferentes procedimientos son prescritos para ajustar los dos tipos de mezcla.
- Este método de ensayo no es recomendable para mezclas de concreto proyectado que contenga agregado grueso con un tamaño máximo nominal mayor que 3/8 pulg. (9 min.). interferencias por partículas grandes de agregado pueden resultar en valores erráticos de resistencia a la penetración.

- Este método de ensayo puede ser usado para determinar los efectos de variables tales como temperatura, marca, tipo y contenido de material cementoso, proporciones de mezcla y aditivos sobre el tiempo de fraguado del concreto proyectado. Este método también puede ser usado para determinar la conformidad de los requerimientos de tiempo de fraguado.

## 5. Equipos.

- Aparatos de resistencia a la penetración éste puede ser un resorte tipo reacción y graduado de 10 lbf. a 130 lbf. en incrementos de 2 lbf. ó más; ó esto debe ser una reacción tipo hidráulica con una presión calibre con una capacidad de 150 a 200 lbf. y graduada en incrementos de 2 lbf. ó más. Indicaciones de agujas de carga deben ser exactas para lbf. Agujas removibles con las siguientes áreas deben ser suministradas: 1,1/2, 1/4, 1/10, 1/20 y 1/40 pulg. $^2$ (645, 323, 161, 65 ,32 y 16 mm.$^2$) del área de soporte

## 6. Preparación de las Muestras

- Preparar panelas de concreto usando formaletas con una longitud y un ancho de por lo menos 18 pulg. (460 mm.) y una profundidad de por lo menos 3 pulg. (75 mm.). Preparar el panel para cada una de las condiciones del ensayo. Formas de construcción con suficiente rigidez para impedir el desalojo del concreto proyectado a causa de la forma de vibración ó deformación.
- La colocación de concreto proyectado debe ser en su condición de proyectado. El mínimo espesor para permitir medir resistencia a la penetración es 3 pulg. (75 mm.).

## 7. Condiciones.

- Almacenar los paneles de concreto proyectado dentro del rango de temperatura de 20 a 25 ° C ó como lo especificado por el fabricante. Para prevenir excesiva del agua durante el ensayo, se guardan los paneles cubiertos con material adecuado excepto cuando los ensayos de penetración son realizados. Proteger los paneles del sol.
- Curar el concreto proyectado colocado en la manera especificada por el proyecto.

## 8. Procedimientos

### 8.1 Procedimientos de ensayo.

- Introducir una aguja de tamaño adecuado, dependiendo del estado de fraguado del concreto proyectado, dentro del aparato de resistencia a la penetración y llevar la superficie de soporte de la aguja dentro, en contacto con la superficie de concreto proyectado. Sostener el aparato perpendicular a la superficie de concreto proyectado durante la medición. Aplicar gradual y uniformemente una fuerza en el aparato hasta que la aguja penetre el concreto proyectado a una profundidad de 1± 1/16 pulg. (25 ± 1.5 mm.) como la indicado por la marca trazada. El tiempo requerido para penetrar a la 1 pulg. (25 mm.) de profundidad puede ser aproximadamente 10 seg. Anotar la fuerza requerida para producir 1 pulg. (25 mm.) de penetración y el transcurrir el tiempo inicial después del contacto del cemento con el agua. Calcular la resistencia a la penetración dividiendo el registro de la fuerza por el área de la aguja, y se anota el valor de la resistencia a la penetración.

## 8.2 Dibujar resultados.

- Realizar una gráfica con la resistencia a la penetración como ordenadas y tiempo como la abscisa. Para la ordenada usar una escala tal que 3 Kg./cm.$^2$ es representado por no más que ½ pulg. (13 mm.). Para la abscisa utilice una escala tal que el tiempo de fraguado inicial es representado por no más que 3 pulg. (75 mm.). Utilice esta gráfica para trazar el desarrollo de la resistencia a la penetración como función del tiempo.

## 8.3 Tiempo de Ensayo

- Representa ensayos de penetración adicional en intervalos regulares de tiempo. Si una alta anormalidad de la resistencia a la penetración es obtenida a causa de interferencias con las partículas grandes de agregado, repetir el ensayo e ignorar el falso resultado.
- Para mezclas de fraguado normal y temperatura normal, los ensayos de penetración representan un intervalo de 10 min. Un ensayo consiste en obtener el promedio de tres mediciones de resistencia a la penetración conducidas en sucesión. Representar el primer ensayo después del tiempo transcurrido desde el contacto inicial del cemento con el agua de 15 min. ó más temperatura si es necesario. Calcular y anotar los promedios de resistencia a la penetración en cada uno de los intervalos de tiempo. Dibujar los promedios de resistencia a la penetración y tiempo transcurrido en la gráfica.
- Para mezclas de rápido fraguado ó más altas temperaturas empiezan registrando ensayos individuales así como practicables y los subsiguientes

ensayos hechos en tiempo dependen de la rata de fraguado. Esto puede requerir registrar ensayos en intervalos de tiempo de 1 min. ó menos. Para mezclas extremas de fraguado rápido, esto no puede ser posible para registrar ensayos de penetración dentro del fraguado inicial. Anotar los resultados individuales de los ensayos. Dibujar la resistencia a la penetración y el tiempo transcurrido en la gráfica.

## 8.4 Número de Lecturas.

- No menos de 6 promedios ó determinación individual de resistencia a la penetración deben ser hechas en cada ensayo de tiempo de fraguado. El intervalo de tiempo entre promedios ó determinación individual de resistencia a la penetración deben ser tales como los dados en una curva satisfactoria de resistencia a la penetración vs. tiempo transcurrido, como los indicados por puntos espaciados igualmente. Para mezclas de fraguado normal, continúan los ensayos hasta un promedio de resistencia a la penetración mayor que 280 Kg./cm.$^2$ es alcanzado. Para mezclas de rápido fraguado, se continúa ensayando hasta tres ensayos individuales consecutivos que indiquen resistencia a la penetración mayor que 280 Kg./cm.$^2$.

## 8.5 Condiciones de Ensayo.

- Registrar la temperatura ambiente al comienzo y al final de cada ensayo de tiempo de fraguado.

## 9. Cálculos.

- Para cada variable y condición de concreto proyectado especificado en la sección 7, trazar los valores promedios ó individuales de resistencia a la penetración vs. tiempo transcurrido. Para cada trazado, dibujar una mejor y suave curva de prueba a través de los datos de los puntos.
- Para cada curva determinar el tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final cuando la resistencia a la penetración sea igual a 35 Kg./cm.$^2$ y 280 Kg./cm.$^2$ respectivamente. Anotar el tiempo de fraguado en horas y minutos para valores cercanos a 5 min. para mezclas de fraguado normal y las cercanas a 1 min. para mezclas de fraguado rápido.

## 10. Informe.

El informe debe incluir:

- Tipo y proporción del material cementoso, agregado fino, agregado grueso (incluyendo tamaño máximo y gradación de agregado) y el medio de contenido de agua y el contenido de cemento.
- Nombre, tipo y porcentaje, por peso de cemento de cualquier aditivo usado.
- Los datos de ensayo y la temperatura ambiente durante el periodo de ensayo.
- Trazado de los valores promedios ó individuales de resistencia a la penetración vs. tiempo transcurrido.
- Tiempo de fraguado inicial y final para cada ensayo reportado en horas y minutos, para mezclas de fraguado normal cerca de 5 min. y para mezclas de fraguado ráoidi cerca de 1 min.

## 11. Precisión y Perjuicio.

**11.1 Precisión:** Estos datos son insuficientes en este tiempo para soportar una información de precisión de éste método de ensayo. Después de obtener suficientes datos y analizarlos se debe preparar un informe.

**11.2 Perjuicio:** La inclinación de éste método de ensayo no debe ser determinado por que el tiempo de fraguado sólo puede ser definido en términos de éste método de ensayo.

## 6.3- ASTM C 143

❖ **Método de ensayo Estándar para Asentamientos de Concreto con Cemento Hidráulico.** (ASTM C 143 – 90)

## 1 Alcance.

- Este método de ensayo cubre la determinación del asentamiento del concreto, en el laboratorio y en el campo.
- Los valores condicionales en unidades de pulg. – lb. son consideradas como estándares. Las equivalentes métricas de unidades pulg. – lb. pueden ser aproximados.
- Este método de ensayo involucra el uso de materiales, operaciones y equipo riesgoso. No se mencionan los problemas de seguridad asociados a su utilización. Es responsabilidad del usuario consultar y establecer medidas de seguridad y determinar la aplicabilidad de sus limitaciones.

## 2. Significado y Uso.

- Este método de ensayo está destinado para proveer al usuario un procedimiento para determinar el asentamiento de concreto con cemento hidráulico plástico. Este método de ensayo es originalmente desarrollado para suministrar una técnica con la finalidad de monitorear la consistencia del concreto sin endurecer. Bajo condiciones de laboratorio, con estricto control de todos los materiales del concreto, el asentamiento es generalmente para establecer un incremento proporcional al contenido de agua de la mezcla de un concreto dado y de este modo ser inversamente relacionado con el esfuerzo del concreto. Bajo condiciones de campo; sin

embargo, tal relación de esfuerzos no es clara y en conformidad con lo mostrado.

- Este método de ensayo es considerado aplicable para concretos plásticos, tienen agregados gruesos hasta un tamaño de ½ pulg. (37.5 mm.). Si el agregado grueso es mayor de 1 ½ pulg., el método de ensayo es aplicable cuando este es hecho en la fracción de concreto pasante al tamiz 1 ½ pulg., con el agregado grande ha ser eliminado en conformidad con la sección titulada "Procedimiento adicional para tamaño máximo de agregado".
- Este método de ensayo no es considerado aplicable para concreto no plástico t concreto no cohesivo.

Los Concretos con asentamientos menores que ½ pulg. (13 mm.) no pueden ser adecuadamente plástico y concretos que tienen asentamientos mayores que 9 pulg. (230 mm.) no pueden ser adecuadamente cohesivo en este ensayo para tener significado. Se debe tener cuidado al interpretar tales resultados.

## 2. Equipos.

**Moldes:** Estas muestras de ensayo deben ser formadas en un molde de metal. El metal no debe ser de calibre # 16 y si está formado por procesos de hilado, estos pueden ser no ser puntos en el molde donde el espesor es menor que 0.045 pulg. (1.14 mm.). El molde debe tener forma de cono con una base de 8 pulg. (203 mm.) en diámetro, en la parte superior un diámetro de 4 pulg. (102 mm.), y una altura de 12 pulg. (305 mm.). Diámetros y alturas individuales deben estar dentro de ± 1/8 pulg. (3.2 mm.) de las dimensiones prescritas.

La base y la parte superior deben ser abiertas y paralelas entre si, y en un ángulo recto con eje del cono. El molde debe ser suministrado con piezas bases y asas. El molde puede ser construido con ó sin costura. El interior del molde debe ser relativamente liso y libre de proyecciones tales como remaches salientes, el molde no debe tener abolladuras.

**Varilla Compactadora:** Debe ser una barra redonda y recta de acero de 3/8 pulg. (16 mm.) de diámetro y aproximadamente 24 pulg. (600 mm.) de altura, teniendo una de los extremos redondeada en forme hemisférica de diámetro 5/8 pulg.

## 4. Muestras.

- Las muestras de concreto de las cuales las muestras de ensayo son hechas deben ser representativas de la dosis completa. Esto debe ser obtenido de acuerdo con práctica ASTM C 172.

## 5. Procedimientos.

- Amortiguar el molde y colocarlo en una cubierta plana, húmeda, superficie rígida no absorbente. Este debe ser sujetado firmemente en la colocación durante el relleno por el operador, parado con los dos píes sobre las orejas de la pieza. De la muestra obtenida de acuerdo a la sección 4, cubrir inmediatamente el molde en tres capas cada una de aproximadamente 1/3 el volumen del molde.
- Varillar cada capa con 25 golpes de la varilla Compactadora. Distribuir uniformemente los golpes sobre la sección transversal de cada capa. Para el fondo de la capa es necesario inclinar la varilla ligeramente, haciendo

aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro y entonces proseguir con los golpes verticales especialmente hacia el centro. Varillar la capa de fondo por toda su profundidad. Varillar la segunda y última capa cada una por toda su profundidad, por tanto que los golpes penetren justo de la capa subyacente.

- En el relleno y varillado de la capa superior, apilar el concreto en el molde antes de que el varillado comience. Si la operación de varillado resulta en hundimiento del concreto bajo el borde superior del molde, agregar concreto adicional para guardar un exceso de concreto sobre la parte superior del molde todo el tiempo. Quitar el molde inmediatamente del concreto levantándolo cuidadosamente en dirección vertical. Levantar el molde una distancia de 12 pulg. (3048 mm.) en 5 ± 2 hacia arriba firmemente con movimiento torsional. Completar por completo el ensayo.
- Medir inmediatamente el asentamiento por determinación de la diferencia vertical entre la parte superior del molde y el desplazamiento original del centro de la superficie superior de la muestra. Si resulta un cizallamiento del concreto de un lado ó porción de la masa, ignorar el ensayo y realizar uno nuevo en otra porción de la muestra.

Si dos ensayos consecutivos en una muestra de concreto presentan un cizallamiento de una porción de la masa de concreto de la muestra, lo más probable es que carece necesariamente de plasticidad y cohesión para que el ensayo de asentamiento pueda ser aplicable.

## 6. Informe.

- Anotar el asentamiento en términos de pulgadas (milímetros) para valores cercanos a ¼ pulg. (6 mm.) de hundimiento de la muestra durante el ensayo como sigue.

Asentamiento = 12 – altura después del hundimiento en pulg.

## 7. Precisión y Prejuicio

### 7.2 Precisión

- Método de ensayo de interlaboratorio. Programas de ensayo no interlaboratorio: tienen que hacer funcionar este método de ensayo. Ya que no es posible para suministrar concretos equivalentes a varios sitios libres de otro origen que el asentamiento medido, un informe de un multilaboratorio de precisión no puede ser significativo.
- Multi operador de resultados de ensayos: Los datos extensivos de campo permiten un informe con relación a la precisión de ese método de ensayo. (Tabla G). por lo tanto dos resultados correctamente conducen por diferencias del operador en algunos laboratorios; en algunos materiales no debe diferenciar por más de 0.83 pulg. (21 mm.), debido a los limites del rasgo de asentamiento en el concreto usado en este programa, el ensayo de prevención debe ser ejecutado en aplicación de estos valores de precisión.

## 7.3 Prejuicio

Este método de ensayo no tiene prejuicio ya que los asentamientos son definidos solo desde el punto de vista de estos métodos de ensayo.

## 6.4- ASTM C 39

❖ **Método Estándar de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Muestras Cilíndricas de Concreto** (ASTM C 39 – 86).

## 1. Alcance.

- Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto, tales como cilindros vaciados y núcleos obtenidos mediante corte. Este método limita a concretos con un peso unitario superior a 800 Kg./cm.$^2$
- Este método involucra el uso de materiales, operaciones y equipos riesgoso. No se mencionan los problemas de seguridad asociados a su utilización. Es responsabilidad del usuario consultar, establecer medidas de seguridad y determinar la aplicabilidad de sus limitaciones antes de su uso.

## 2. Significado y Uso.

- Debe tenerse cuidado en la interpretación de la significación de la resistencia a la compresión por este método, ya que la resistencia a la comprensión no es una propiedad fundamental ó intrínseca del concreto para algunos materiales dados. Los valores obtenidos dependerán del tamaño y forma de la muestra, de los procedimientos de mezclado, de muestreo, de preparación y fabricación, de la edad la temperatura, y las condiciones de humedad durante el curado.
- Este método de ensayo puede ser usado para determinar la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas preparadas y curadas de acuerdo a los métodos ASTM C 31, ASTM C 42, ASTM C 192; la practica ASTM C 617 y el método de ensayo ASTM C 873.

- Los resultados de este método de ensayo pueden ser usados como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado y colocación del concreto, para determinar el cumplimiento de especificaciones particulares y como control para la evaluación de la efectividad de aditivos, así como para usos similares.

## 3. Equipo.

**Máquina de ensayos:** Debe ser del tipo que tenga suficiente capacidad del proporcionar las ratas de carga prescritas en el aparte 5.

La verificación de la calibración de la máquina de ensayos de acuerdo con la práctica E 4 es requerida bajo las siguientes condiciones:

- Después de un intervalo de tiempo máximo de 18 meses, pero preferiblemente cada 12 meses.
- Al instalar originalmente ó reubicar la máquina
- Inmediatamente después de hacer reparaciones ó ajustes que puedan afectar la operación del sistema de pesos.
- Cuando por alguna razón existan dudas en la precisión de los resultados, sin importar el tiempo transcurrido durante la última verificación.

**Diseño:** el diseño de la mecánica debe incluir las siguientes características:

- La máquina debe ser operada eléctrica ó hidáulicamente y debe aplicarse la carga de manera continua y sin impactos. Si esta posee solo una rata de carga (que reúna todos los requerimientos) debe estar provista de un medio

suplementario para cargar a una rata apropiada para su verificación. Este medio suplementario puede ser operado manual ó eléctricamente.

- El espacio para colocar las muestras debe ser lo suficientemente grande para acomodar una posición de fácil lectura, un dispositivo de calibración elástica el cual tenga la suficiente capacidad para cubrir el rango de cargas de la máquina de ensayos y que cumpla con los requerimientos de la práctica E 74.

**Precisión:** debe estar de acuerdo con lo siguiente:

- El porcentaje de error para las cargas dentro del rango presupuesto de uso de la máquina de ensayos no deberá exceder más ó menos el 1% de la carga indicada.
- La precisión de la máquina de ensayo deberá ser verificada aplicando cinco cargas en cuanto a incrementos aproximadamente iguales en orden ascendentes.
- La carga de ensayo indicada en la máquina y la carga mostrada en el equipo de verificación deberán ser registradas en cada punto. El error (E) y el porcentaje de error (Ep) se calcularán para cada punto como sigue:

$$E = A - B$$

$$EP = 100 * (A-B) / B$$

Donde:

A= Carga en lb. indicada en la máquina de ensayo siendo verificada.
B = Carga aplicada en lb. determinada en el equipo de calibración.

- El informe de verificación deberá mostrar que dentro del rango de cargas verificado se conforman los requerimientos especificados.
- Las cargas indicadas de la máquina de ensayo no deberán ser corregidas mediante cálculos ó por el uso de una "curva de corrección" para obtener valores dentro de la variación permitida.

La máquina de ensayo deberá estar equipada con dos bloques de soporte de acero con caras endurecidas, uno de los cuales es un bloque esférico en su parte superior, el cual hará contacto con la cara superior de la muestra. El otro es un bloque sólido sobre el cual descansará la muestra. Las caras de los dos bloques de soporte tendrán una dimensión mínima de al menos 3% mayor que el diámetro de la muestra ensayada. Excepto para los círculos concéntricos descritos más abajo, las caras de los bloques de apoyo no se separan del plano paralelo entre ellas más de 0.001 pulg. (0.025) en 6 pulg. (152 mm.) para bloques de ese diámetro, mayor ó más de 0.01 pulg. del diámetro de cualquier bloque de diámetro más pequeño. Nuevos bloques serán manufacturados dentro de la mitad de esta tolerancia. Cuando el diámetro de la cara del bloque de soporte apoyado esféricamente exceda el diámetro de la ensayada más del ½ pulg. (13 mm.), deben ser tallados círculos concéntricos de no más de 1/32 pulg. (0.8 mm.) de profundidad para facilitar el correcto centrado.

El soporte inferior deberá conformar los siguientes requerimientos:

- El soporte inferior es especificado con el propósito de proveer una superficie adecuada para mantener las condiciones de superficie. Los soportes superiores e inferiores deberán ser paralelos entre si. El bloque inferior puede ser fijado a la máquina de ensayos. Su dimensión horizontal deberá ser al menos 3% mayor que el diámetro de la muestra a ensayar. La

inscripción de los círculos concéntricos descritos en 3 es opcional para el soporte inferior.

- El contrato final de la muestra debe ser hecho con referencia al bloque de soporte superior. Cuando se emplea el soporte inferior para asistir el centrado de la muestra, el centro de los círculos concéntricos (cuando los tiene), ó en el centro del bloque de soporte inferior debe estar directamente debajo del centro del cabezal esférico superior. Deben tomarse las previsiones necesarias para que se asegure tal posición.
- El bloque de soporte inferior debe tener al menos 1 pulg. (25 mm.) después de cualquier operación de cepillado.

El soporte superior deberá conformar los siguientes requerimientos:

- El diámetro máximo de la cara del bloque superior suspendido esféricamente no debe exceder los valores suministrados a continuación:

**VALORES MÁXIMOS DEL DIAMETRO DE LA CARA DEL BLOQUE SUPERIOR**

| Diámetro de La muestra | 2″ | 3″ | 4″ | 6″ | 8″ |
|---|---|---|---|---|---|
| Máximo diámetro de la cara de soporte | 4″ | 5″ | 6 ½″ | 10″ | 11″ |

Indicación de las Cargas:

- Si la carga de la máquina de ensayos a compresión usada en el ensayo de concreto se registra en un dial de agujas, el mismo deberá estar provisto de una escala graduada que pueda ser apreciada hasta el más cercano 0.1% de la carga máxima. El dial deberá ser leído dentro del 15% de la carga

indicada para cualquier nivel de cargas dentro del rango. El dial deberá estar provisto de una línea de graduación igual a "cero", debidamente numerada. La aguja del dial deberá ser lo suficientemente larga para alcanzar la zona de las graduaciones. El espesor del extremo de la aguja no excederá la distancia libre entre las gradaciones menores. cada dial deberá estar equipado de un dispositivo de ajuste a "cero" fácilmente accesible y con un dispositivo que indique la máxima carga aplicada con un 1% de precisión.

- Si la máquina de ensayo está equipada con un dispositivo de lectura digital este deberá ser lo suficientemente larga para alcanzar la zona de las graduaciones. El espesor del extremo de la aguja no excederá la distancia libre entre las gradaciones menores. Cada dial deberá estar equipado de un dispositivo de ajuste a "cero" fácilmente accesible y con un dispositivo que indique la máxima carga aplicada con un 1% de precisión.
- Si la máquina de ensayo está equipada con un dispositivo de lectura digital este deberá ser lo suficientemente grande para garantizar una fácil lectura. El incremento numérico debe ser igual ó menor a 0.1% del valor de la máxima carga para un rango de cargas dado. En ningún caso el rango de cargas verificado deberá incluir cargas menores que el menor incremento numérico multiplicado por 100. La precisión de la carga indicada deberá estar dentro del 1" para cada valor mostrado dentro del rango de cargas. Deben tomarse las previsiones para que el dispositivo marque cero. Debe proveerse un indicador de la carga máxima aplicada a la muestra con una precisión del 1%

## 4. Muestras.

- Las muestras no deberán ser ensayadas si cualquiera de los diámetros individuales de los cilindros difiere del resto más del 2%.
- Ninguna de las caras de las muestra a ensayar a la compresión se separará de la perpendicularidad del eje en más de 0.5° aproximadamente el equivalente a 1/8 pulg. (3 mm. en 300 mm.). Las caras de la muestra que se separen del mismo plano más de 0.02" (0,25 mm.) serán capeadas de acuerdo a la práctica ASTM C 617 ó serán aserradas para reunir esta tolerancia. El diámetro utilizado para calcular el áreas transversal de la muestra será redondeada al más cercano 0.01" (0.25 mm.) al promediar dos diámetros medidos ortogonalmente uno de otro en la mitad de la altura de la muestra.
- El número de cilindros individuales medios para la determinación del diámetro promedio puede ser reducido a uno de diez (1/10) ó tres por día, si se conoce que todos los cilindros han sido fabricados a partir de formaletas ó moldes reusables que consistentemente producen muestras con diámetros promedio dentro de un rango de 0.02" (0,51 mm.). Cuando el diámetro promedio no cae en el rango de 0.02" (0.51 mm.) ó cuando los cilindros no son hechos a partir del mismo lote de moldes, deberá se medido cada una de las muestras y ese valor empleado en el cálculo de la resistencia a lo compresión de esa muestra. Cuando son medidos lo diámetros en frecuencia reducida, las áreas transversales de todos los cilindros ensayados ese día serán computados del promedio de tres ó más cilindros representativos del grupo.
- La longitud será medida, redondeando al más cercano 0.05d cuando la relación L/D es menor que 1.8 ó más de 2.2, ó cuando el volumen del cilindro sea determinado a partir de dimensiones medidas

## 5. Procedimiento.

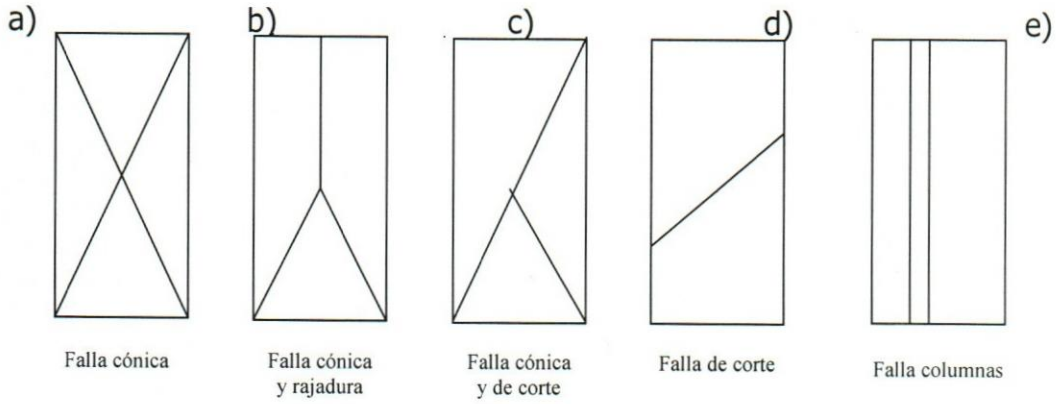
- Los ensayos de resistencia a la compresión de muestras curadas en agua serán practicados tan pronto sea posible después de retirarlas de almacenamiento húmedo.
- Las muestras deberán ser mantenidas en humedad durante el período de tiempo entre el retiro del sitio de curado y el ensayo. Estas muestras serán ensayadas en condición húmeda.
- Colocación de las muestras: coloque el soporte inferior sobre el disco inferior de la máquina de ensayo directamente bajo soporte superior suspendido esféricamente. Limpiar bien ambas superficies en contacto con la muestra y coloque la muestra sobre el soporte superior. A medida que el bloque de soporte superior se acerque a la muestra, rotar cuidadosamente con la mano el soporte esférico de modo que el apoyo sobre la muestra sea uniforme.
- Rata de carga. Se aplicará la carga de manera uniforme y sin impactos; para máquinas de ensayo con sistema de sinfín, el cabezal viajará a una rata de aproximadamente 0.05 pulg./min. (0.3 mm./min.). para máquinas operadas hidráulicamente la carga será aplicada a una rata dentro del rango de 1.4 a 3.4 Kg./cm.$^2$ seg. La rata de carga deberá ser mantenida al menos durante la última mitad de la carga final de ruptura esperada. Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga se permitirá una rata de carga mayor. No se permitirá efectuar ajustes en la rata de carga mientras la muestra esté próxima a ceder bajo la carga máxima de ruptura.
- Todas las muestras, para una edad determinada serán ensayadas dentro de las tolerancias de tiempo a continuación:

## TOLERANCIA MAXIMA EN LOS TIEMPOS DE ENSAYO

| Edad del Ensayo | 24 h | 3 días | 7 días | 28 días | 90 días |
|---|---|---|---|---|---|
| Tolerancia Permisible | ± 0.5h | ± 2h | ± 6h | ± 20h | ± 2 días |

- Aplicar la carga hasta que falte la muestra, registrar la máxima carga alcanzada durante el ensayo. Anotar el tipo de falla (Fig. 14) y la apariencia del concreto.

## ESQUEMAS DE LOS TIPOS DE FRACTURA DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO.




## 6. Cálculos.

- Si la muestra tiene una relación L/D menor de 1.8, se corregirá el resultado obtenido en el punto anterior multiplicando por el factor mostrado a continuación.

## FACTOR DE CORRECCION DE ESBELTEZ PARA CILINDROS DE CONCRETO CON L/D ENTRE 1,00 Y 1,94

| L/D | F/C | L/D | F/C | L/D | F/C | L/D | F/C | L/D | F/C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,00 | 0,870 | 1,20 | 0,920 | 1,40 | 0,950 | 1,60 | 0,969 | 1,80 | 0,985 |
| 1,01 | 0,872 | 1,21 | 0,922 | 1,41 | 0,951 | 1,61 | 0,969 | 1,81 | 0,986 |
| 1,02 | 0,875 | 1,22 | 0,924 | 1,42 | 0,952 | 1,62 | 0,970 | 1,82 | 0,987 |
| 1,03 | 0,877 | 1,23 | 0,926 | 1,43 | 0,953 | 1,63 | 0,971 | 1,83 | 0,988 |
| 1,04 | 0,880 | 1,24 | 0,928 | 1,44 | 0,954 | 1,64 | 0,971 | 1,84 | 0,989 |
| 1,05 | 0,882 | 1,25 | 0,930 | 1,45 | 0,955 | 1,65 | 0,972 | 1,85 | 0,990 |
| 1,06 | 0,885 | 1,26 | 0,931 | 1,46 | 0,956 | 1,66 | 0,973 | 1,86 | 0,991 |
| 1,07 | 0,887 | 1,27 | 0,933 | 1,47 | 0,957 | 1,67 | 0,973 | 1,87 | 0,993 |
| 1,08 | 0,891 | 1,28 | 0,934 | 1,48 | 0,958 | 1,68 | 0,974 | 1,88 | 0,994 |
| 1,09 | 0,893 | 1,29 | 0,936 | 1,49 | 0,959 | 1,69 | 0,975 | 1,89 | 0,994 |
| 1,10 | 0,895 | 1,30 | 0,938 | 1,50 | 0,960 | 1,70 | 0,976 | 1,90 | 0,996 |
| 1,11 | 0,898 | 1,31 | 0,939 | 1,51 | 0,961 | 1,71 | 0,976 | 1,91 | 0,997 |
| 1,12 | 0,901 | 1,32 | 0,941 | 1,52 | 0,962 | 1,72 | 0,977 | 1,92 | 0,998 |
| 1,13 | 0,903 | 1,33 | 0,942 | 1,53 | 0,963 | 1,73 | 0,978 | 1,93 | 0,999 |
| 1,14 | 0,906 | 1,34 | 0,944 | 1,54 | 0,964 | 1,74 | 0,979 | 1,94 | 1,000 |
| 1,15 | 0,908 | 1,35 | 0,945 | 1,55 | 0,964 | 1,75 | 0,980 | 1,95 | 1,000 |
| 1,16 | 0,910 | 1,36 | 0,946 | 1,56 | 0,965 | 1,76 | 0,981 | | |
| 1,17 | 0,913 | 1,37 | 0,947 | 1,57 | 0,966 | 1,77 | 0,982 | | |
| 1,18 | 0,915 | 1,38 | 0,948 | 1,58 | 0,967 | 1,78 | 0,983 | | |
| 1,19 | 0,918 | 1,39 | 0,949 | 1,59 | 0,968 | 1,79 | 0,984 | | |
| | | | | | | | | | |

- Calcular la resistencia a la compresión de la muestra dividiendo la máxima carga alcanzada por la muestra entre la sección transversal promedio descrita en la sección 4 y expresar los resultados redondeando al 0.70 Kg./cm.$^2$ más cercano.

# ANEXO 7

## Cartas técnicas de aditivos

## 7.1- MBT

degussa.

Construction Chemicals

# MEYCO® SA160

Acelerante líquido, libre de álcali, de alto desempeño para concreto proyectado

## USOS RECOMENDADOS

- Soporte temporal y permanente de rocas en túneles
- Soporte de rocas en proyectos de minería subterránea
- Pisos en malas condiciones
- Estabilización de declives
- Aceleración de grouts cementicios, como los que se usan en los revestimientos de túneles por máquinas perforadoras de túneles (TBM), inyección subterránea de cemento, y relleno de concreto en espuma

## DESCRIPCION

MEYCO SA160 es un acelerante libre de álcali, de alto desempeño para concreto proyectado o shotcrete. Es un aditivo liquido cuya dosificación puede variarse para obtener los tiempos de endurecimiento y fraguado deseados. Es adecuado para todas las aplicaciones donde se requieren capas gruesas con una resistencia inicial alta, y buena resistencia final.

## VENTAJAS

- Por su rápido fraguado se logra el avance rápido de la obra y la formación de revestimientos gruesos de shotcrete, aplicándolo por capas en una misma secuencia.
- Permite el desarrollo de una resistencia inicial continua, a la vez de alcanzar una resistencia y durabilidad excelentes en el largo plazo.
- Fácil de manejar y dosificar en forma precisa.
- Muy bajo desprendimiento de polvo y por lo tanto, crea un ambiente de trabajo saludable
- Mejora la seguridad laboral ya que no es agresivo, reduce el impacto ambiental y disminuye los costos de manejo.

## FORMA DE APLICACION

### Preparación de la superficie

El substrato debe estar limpio, sin material suelto y de preferencia húmedo. Se recomienda usar únicamente cemento fresco ya que la edad del cemento puede tener un efecto negativo en las características de fraguado de la mezcla.

MEYCO SA160 puede ser sensible al tipo de cemento usado. Con algunos tipos de cemento, el fraguado puede ser muy lento; recomendamos usar los cementos Pórtland (PC/HPC) los cuales normalmente dan mejores tiempos de fraguado que los cementos mezclados o resistentes a sulfatos. Sin embargo, el acelerante MEYCO SA160 funciona bien con cementos compuestos (mezclados, cenizas voladoras/ escoria. Para todos los casos se recomienda realizar pruebas preliminares para verificar el fraguado y la resistencia a las 24 horas de los cementos que se utilizarán en el proyecto.

### Tiempo de fraguado

La evaluación del fraguado y resistencia a las 24 horas (sin adición de un sistema "slump-killing") se debe realizar en un mortero de prueba de acuerdo con la Norma Europea EFNARC para Concreto Proyectado (1996), Apéndice 1, Cláusula 6.3. Los siguientes resultados deben tomarse como una guía solamente:

| Fraguado Inicial (min) | Fraguado Final (min) | Resistencia 24 hrs (MPa) | Clasificación |
|---|---|---|---|
| 2 | 6 – 8 | 18 – 20 | Buena |
| 5 | 8 – 12 | 12 – 15 | OK |
| > 10 | > 15 | < 10 | Pobre |

Nota: Si los tiempos de fraguado son deficientes, normalmente la resistencia alcanzada a las 24 horas es buena.

### Mezclado

Cuando se utiliza MEYCO SA160 en shotcrete por vía húmeda, la relación agua/ cemento debe ser inferior a 0.5 y de

preferencia menor a 0.45. Cuando se busca obtener resistencias iniciales extremadamente altas, la relación debe ser de 0.40 o menor. Una relación agua/ cemento baja permite un fraguado más rápido, resistencias iniciales altas, mayor durabilidad, menor consumo de acelerante y capas más gruesas en aplicaciones sobre cabeza.

### Aplicación

MEYCO® SA160 se dosifica en la boquilla. Para asegurar una dosificación constante y precisa, asegurando la calidad del concreto proyectado, es crucial seguir las normas de selección de bombas que se dan a continuación:

**Funciona muy bien con:**

- Mono bombas (bombas de tornillo)
- Bombas peristálticas tipo Bredel
- MEYCO® Dosa

**No se debe usar con:**

- Bombas de pistón
- Bombas con válvulas de globo y asiento
- Tanques presurizados
- Bombas de engranajes

No utilice filtros en la línea de succión, ya que pueden causar taponamiento. Preferiblemente el material se debe extraer del fondo del tambor/ contenedor.

### Limpieza

Antes de utilizar MEYCO SA160, el equipo de dosificación y demás partes del sistema se deben limpiar por completo con abundante agua. El no hacerlo provoca taponamientos en el sistema. Asegúrese de que todos los operadores involucrados en la operación estén bien informados.

## RECOMENDACIONES

### Compatibilidad

MEYCO SA160 puede ser intercambiado con los acelerantes libres de álcali de Degussa Construction Chemicals MEYCO® SA 161, 162 y 170. Sin embargo, no se recomienda almacenarlos mezclados. Los acelerantes libres de álcali de Degussa Construction Chemicals no se deben mezclar con ningún otro tipo de acelerante diferente a los ya mencionados.

No mezcle MEYCO SA160 con ningún tipo de acelerante producido por otro fabricante, ya que puede causar taponamiento de los equipos de dosificación.

## LIMITACIONES

- Los datos aquí presentados son verdaderos en nuestro leal saber y entender y se basan no sólo en el trabajo de laboratorio, sino también en la experiencia práctica. Debido a los diversos factores que afectan los resultados, recomendamos se haga una prueba "in situ".
- La aplicación apropriada es responsabilidad del usuario. Las visitas de campo del personal técnico de MBT tienen como función única la de hacer recomendaciones técnicas y no de supervisar o hacer control de calidad.
- Para información adicional o preguntas, por favor contacte a su representante local de MBT.

## DATOS TECNICOS

| | |
|---|---|
| **Forma** | Suspensión |
| **Color** | Beige |
| **Densidad**, 20°C | 1.43 ± 0.06 kg/l |
| **pH** (1:1 solución acuosa) | 2.6 ± 0.5 |
| **Viscosidad** *Brookfield*, 20°C (1) | > 400 MPa.s |
| **Estabilidad térmica** | 5°C - 35°C |
| **Contenido de Cloruros** | < 0.1% |

(1) Depende del grado de agitación y temperatura del producto

## EMPAQUE

MEYCO SA160 se suministra en tambores de 210 l ( 55.5 gal) , tanques de 1000 l ( 264.2gal) y a granel.

## ALMACENAMIENTO

MEYCO SA160 debe almacenarse mínimo a 5°C (41°F) y máximo a 35°C (95°F), en contenedores cerrados de plástico, fibra de vidrio o acero inoxidable. No debe almacenarse en contenedores metálicos convencionales, puesto que el pH del producto induce corrosión que puede afectar su desempeño.

Después de un almacenamiento prolongado recomendamos que MEYCO SA160 sea siempre reconstituido mediante agitación mecánica o recirculación. No se debe utilizar aire comprimido.

Los contenedores abiertos permitirán el contacto prolongado con el aire causando la formación de una película delgada y grumos que pueden bloquear el sistema acelerante.

Antes de usar cualquier producto que se haya congelado, consulte a su representante local MBT.

Si se almacena en su envase original

degussa.

Construction Chemicals

## Oficinas Regionales


**Degussa Construction Chemicals Latin America**
23700 Chagrin Blvd.
Cleveland, OH 44122
Tel: 216-839-7500
Fax: 216-839-8826

**MBT Argentina**
Tel: 54-34-8843-3000
Fax: 54-34-8843-2828

**MBT Brasil**
Tel: 55-11-4478-3118
Fax: 55-11-4479-0338

**MBT Caribbean - Puerto Rico**
Tel: 787-731-8080
Fax: 787-731-8040

**MBT Centroamérica - Costa Rica**
Tel: 506-440-9110
Fax: 506-440-9111

**MBT Chile**
Tel: 56-2-444-9760
Fax: 56-2-444-9761

**MBT Colombia**
Tel: 57-1- 321-7210
Fax: 57-1-321-7513

**MBT Concretesa - Ecuador**
Tel: 593-2-256-6011
Fax: 593-2-256-9272

**MBT México**
Tel: 52-55-21-22-22-00
Fax: 52-55-21-22-22-01

**MBT Unicon - Perú**
Tel: 511-385-0109
Fax: 511-385-2065

**MBT Venezuela**
Tel: 58-212-762-5471
Fax: 58-212-761-7001


bien cerrado, bajo las condiciones descritas arriba, tiene una vida útil de 3 meses, como mínimo.

## RENDIMIENTO

La dosis de MEYCO® SA 160 depende de la temperatura, reactividad con el cemento utilizado, espesor de las capas lanzadas, tiempo de fraguado y desarrollo de resistencias iniciales. El consumo de MEYCO SA 160 normalmente varía entre el 3% y el 10% del peso del material cementicio. Sobredosificar (> 10%) puede resultar en una resistencia final menor.

## SEGURIDAD

### Riesgos

MEYCO SA160 no contiene substancias peligrosas que requieran un etiquetado especial. Sin embargo, se deben tomar las mismas precauciones a las indicadas para el uso y manejo de productos cementicios.

### Precauciones

Mantenga fuera del alcance de los niños. Mantenga el recipiente cerrado cuando no se utilice. Evite el contacto con la piel, los ojos y la ropa. Lave sus manos perfectamente después de usar el producto. Use guantes protectores y lentes de protección. Debe seguir las advertencias indicadas en la etiqueta hasta que el envase sea comercialmente limpiado y reacondicionado.

### Primeros Auxilios

En el caso de contacto con los ojos, lave perfectamente con agua limpia por un mínimo de 15 minutos. Si hay contacto con la piel, lave el área afectada con agua y jabón. Si la irritación persiste, busque atención médica. Retire y lave la ropa contaminada.

Para mayor información, consulte la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para este producto.


® Marca Registrada de Degussa AG
© 2003 Degussa CC Latin America

degussa.

Construction Chemicals

# DELVO®CRETE

Sistema de control de hidratación de cemento para concreto proyectado vía húmeda y seca, grouting e inyección de cemento

## USOS RECOMENDADOS

- Construcción de túneles y en minería

## DESCRIPCION

DELVO®CRETE es un sistema químico único sin cloruros que controla la hidratación del cemento suspendiendo el proceso de hidratación y reactivándolo horas e incluso días después sin perdida de la calidad en el concreto proyectado (shotcrete) endurecido.

El sistema DELVO®CRETE consiste de dos productos:

DELVO®CRETE Stabilizer

DELVO®CRETE Activator S.

DELVO®CRETE Stabilizer es un aditivo líquido. Cuando se añade en mezclas secas o húmedas en la planta de producción, estabiliza completamente el proceso de hidratación al formar una barrera protectora alrededor de las partículas de cemento.

El control de hidratación con DELVO®CRETE Stabilizer funciona con todos los tipos de minerales del cemento (C3S, C3A, C2S, C4 AF y yeso).

DELVO®CRETE Activtor S es añadido en la boquilla o punta de inyección para invertir el proceso de estabilización.

DELVO®CRETE Activator S es un aditivo líquido. Para reactivar mezclas de shotcrete estabilizadas con DELVO®CRETE Stabilizer y para acelerar el proceso de hidratación, DELVO®CRETE Activator S es adicionado en la boquilla de aspersión como un acelerante normal.

## VENTAJAS

- El sistema permite que las mezclas de concreto húmedas y secas, permanezcan frescas hasta por 3 días
- Opciones totalmente flexibles para la entrega de mezclas de concreto neumático
- Eliminación de la limpieza de bombas y equipo durante interrupciones de trabajo
- Uso completo de las mezclas secas y húmedas
- Reducción de desperdicios
- Programa de construcción más simple y con menor riesgo gracias a una mejor programación
- Ahorros en tiempo y costo para la distribución de materiales, equipos y personal
- Materiales empacados costosos pueden ser reemplazados por mezclas en la obra, más económicas
- Ahorro considerable en los costos totales de construcción
- Reducción considerable de rebote y polvo
- Resistencias tempranas mucho más altas comparadas con mezclas normales de shotcrete por vía seca y húmeda

  Soportes temporales

  Soportes permanentes

  Revestimientos finales
- Estabilización temporal y permanente de taludes
- Reparación de estructuras de concreto
- Grouting de túneles (backfilling)
- Sistemas de inyección con cemento

UNDERGROUND

Para obtener dosis exactas, se deben hacer pruebas de campo con cementos, agregados y condiciones locales. Se recomienda consultar con su representante local de MBT.

## FORMULACION DE UNA MEZCLA TIPICA

Para un tiempo de aplicación de 6 a 10 horas

| | Vía húmeda | Vía seca |
|---|---|---|
| Cemento Pórtland | 400 kg/m³ | 350 kg/m³ |
| Microsílice * lodo adicionado en la boquilla | 30 kg/m³ | 40 kg/m³ * |
| Tamaño de agregados | 0 – 8 mm | 0 - 12 mm |
| Agregado | 1710 kg/m³ | 1780 kg/m³ |
| DELVO®CRETE Stabilizer | 2.6 kg | 2.8 kg |
| RHEOBUILD® Superplastificante | 4.3 – 6.5 kg | - |
| DELVO®CRETE Activator S | 17 –25 kg | 17 – 25 kg |
| Relación agua/cemento | 0.45 | No aplica |

## LIMITACIONES

- Los datos aquí presentados son verdaderos en nuestro leal saber y entender y se basan no sólo en el trabajo de laboratorio, sino también en la experiencia práctica. Debido a los diversos factores que afectan los resultados, recomendamos se haga una prueba "in situ".
- La aplicación adecuada del producto es responsabilidad del usuario. Las visitas de campo del personal técnico de MBT tienen como función única la de hacer recomendaciones técnicas y no de supervisar o hacer control de calidad.
- Para información adicional o preguntas, por favor contacte a su representante local de MBT.

## DATOS TECNICOS

### DELVO®CRETE Stabilizer

| | |
|---|---|
| Forma | Líquido |
| Color | Rojo |
| Densidad, 20°C (68°F) | 1.10 ± 0.02 |
| pH | < 2.0 |
| Solubilidad en agua | Total |
| Estabilidad térmica | 1°C |
| Contenido de cloruros | < 0.1% |
| Efecto fisiológico | Caústico |

### DELVO®CRETE Activators

| | S51 | S61 | S71 |
|---|---|---|---|
| Forma | Líquido | Líquido | Líquido |
| Color | Azul | Amarillo | Azul |
| Densidad, 20°C (68°F) | 1.45 ± 0.02 | 1.35 ± 0.02 | 1.56 ± 0.02 |
| pH | 13.0 ± 1 | < 11.5 | 13 ± 1 |
| Solubilidad en agua | Total | Total | Total |
| Estabilidad térmica | 5°C | 5°C | -10°C |
| Contenido de cloruros | < 0.1% | < 0.1% | < 0.1% |
| Efecto fisiológico | Cáustico | Corrosivo | Cáustico |

## EMPAQUE

DELVO®CRETE Stabilizer viene en garrafas de 25 l (6.6 gal) y tambores de plástico de 210 l (55 gal).

## ALMACENAMIENTO

La temperatura mínima para almacenar DELVO®CRETE Stabilizer es de 1°C. Para DELVO®CRETE Activador S51 y S61 es de 5°C y para el S71de –10°C.

Si DELVO®CRETE Estabilizador o Activador se congelan, reconstituya a 1°C (34°F) (estabilizador) y 20°C (68°F) (Activadores) o más, y mezcle con un agitador mecánico suave. No utilice aire comprimido.

Consulte con su representante local de MBT antes de utilizar cualquier producto que se haya congelado.

La temperatura máxima de almacenamiento para DELVO®CRETE Stabilizer y Activator S es de 60°C (140°F). Realice siempre pruebas de desempeño antes de usar los productos.

Si los productos se mantienen en contenedores cerrados y bajo las condiciones anteriormente indicadas, DELVO®CRETE Stabilizer y Activator S51 y S71 tienen una vida útil de 6 meses como mínimo. DELVO®CRETE Activator S61 tiene una vida útil mayor de por lo menos 12 meses.

## SEGURIDAD

### Riesgos

DEVO®CRETE Estabilizador y el Activador S61 son líquidos irritantes, mientras que DELVO®CRETE Activator S51 y S71 son altamente agresivos a la piel. Se deben tomar las mismas precauciones a las indicadas para el uso y manejo de productos cementicios.

### Precauciones

Mantenga fuera del alcance de los niños. Mantenga el recipiente cerrado cuando no se utilice. Evite el contacto con la piel, los ojos y la ropa. Lave sus manos perfectamente después de usar el producto. Use guantes protectores y lentes de protección. Debe seguir las advertencias indicadas en la etiqueta hasta que el envase sea comercialmente limpiado y reacondicionado.

### Primeros Auxilios

En el caso de contacto con los ojos, lave perfectamente con agua limpia por un mínimo de 15 minutos. Si hay contacto con la piel, lave el área afectada con agua y jabón. Si la irritación persiste, busque atención médica. Retire y lave la ropa contaminada.

Para mayor información, consulte la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para este producto.

## FORMA DE APLICACION

### DELVO®CRETE Stabilizer

### Mezclado

Shotcrete vía seca: Premezcle los agregados con el cemento. El contenido de agua debe estar entre el 3% y el 6% del peso de la mezcla. Si la humedad es menor al 3%, adicione agua hasta alcanzar esta humedad.

Añada lentamente, manual o mecánicamente, la cantidad necesaria de DELVO®CRETE Stabilizer mezclando en forma continua y constante por 2 o 3 minutos. Si se puede distribuir homogéneamente sobre el material seco de la mezcla (por ejemplo, aspersando), el tiempo de mezclado se reduce.

La adición de DELVO®CRETE Stabilizer sobre la mezcla fresca es ideal, sin embargo se puede adicionar hasta 30 minutos después de mezclar los ingredientes en polvo sin problema.

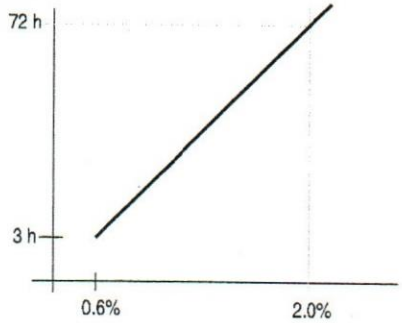
Shotcrete vía húmeda: Premezcle los agregados con el cemento y la mitad del agua de la mezcla. Adicione, mezclando constantemente, DELVO®CRETE Stabilizer y un superplastificante de alto desempeño, premezclado con el resto del agua, o luego de haber adicionado la totalidad del agua. Un tiempo de mezclado normal es suficiente. Para evitar pérdida de asentamiento, se recomienda que el contenido de agua sea de 200 ml/m³.

En caso de demoras inesperadas, la adición posterior de 0.6% al 1% de DELVO®CRETE Stabilizer es posible, permitiendo aumentar el tiempo de almacenamiento por algunas horas.

### Aplicación

### Dosificación*

Rango de dosificación recomendado:




La dosificación recomendada de DELVO®CRETE Stabilizer para una estabilización de la mezcla de 3 a 72 horas es de 0.6% a 2% del peso del material cementicio (cemento más microsílice). El contenido normal de cemento debe ser de entre 400 y 460 kg/m³ (25 y 28 lb/ft³) Dosis más específicas dependen del tipo de cemento, fórmula de la mezcla, temperatura ambiente y tiempo de estabilización deseado.

### Almacenamiento de mezclas estabilizadas

Para prevenir la evaporación de agua, tanto las mezclas secas como las húmedas se deben proteger de la luz directa solar y del congelamiento, y cubrir con láminas de plásticos, etc.

### DELVO®CRETE Activator S

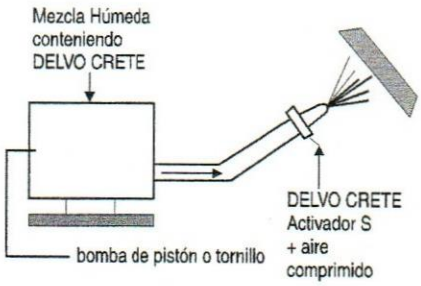
### Tipos

Se encuentran disponibles diferentes tipos de DELVO®CRETE Activator S; la selección depende del tipo de cemento utilizado y de las resistencias iniciales y finales deseadas. El tipo adecuado de DELVO®CRETE Activator S se debe determinar haciendo pruebas con los cementos locales. Se recomienda consultar a su representante local de MBT.

### Mezclado

Concreto proyectado vía seca: DELVO®CRETE Activator S se introduce mediante una bomba dosificadora en el agua de mezclado, la cual se adiciona en la boquilla a la mezcla.

Shotcrete vía húmeda: DELVO®CRETE Activator S se introduce mediante una bomba dosificadora en la boquilla junto con el aire comprimido.




Mezcla húmeda con DELVO®CRETE Stabilizer

DELVO®CRETE Activator S + Aire Comprimido

Bomba de pistón o tornillo

Conducción de corriente densa

El tiempo de fraguado que se requiere y por tanto, la dosis necesaria, están determinadas por el tipo de substrato, del material proyectado y de las propiedades reactivas del cemento. Las dosis típicas de DELVO®CRETE Activator S fluctúan entre un 3 a 10%.

* Las dosis indicadas en est a hoja técnico, solo se deben tomar como guía.

degussa.

Construction Chemicals

# RHEOBUILD® 1000

Aditivo reductor de agua para producir concreto Rheoplástico

## USOS RECOMENDADOS

- Concreto donde se desea una alta plasticidad, características de fraguado normal y desarrollo rápido de resistencias.
- Aplicaciones de concreto pretensado, prefabricado y premezclado.
- Aplicaciones Civil y Minera: shotcrete por vía húmeda o seca, grouts de alto desempeño, grouts de túneles y suspensiones de inyección.

## DESCRIPCION

RHEOBUILD 1000 es un aditivo superplastificante reductor de agua de alto-rango diseñado para producir concreto Rheoplástico. Este concreto fluye fácilmente manteniendo una alta plasticidad por tiempos más prolongados que el concreto superplastificado convencional. El concreto Rheoplástico tiene la baja proporción agua: material cementicio del concreto sin asentamiento, dando excelentes propiedades de ingeniería (endurecimiento).

## VENTAJAS

### En el concreto plástico

- Rango de plasticidad de 200 a 280 mm (8-11 in)
- Retención prolongada de asentamiento
- Tiempos de fraguado controlados
- Permite mezclas cohesivas sin segregación y mínima exudación de agua.

### Para concreto endurecido

- Mayores resistencias iniciales en comparación con los superplastificantes convencionales
- Mayor resistencia final a compresión
- Mayor módulo de elasticidad
- Mejor resistencia de adhesión al acero
- Baja permeabilidad y alta durabilidad
- Menor retracción y deformación
- Integridad estructural del elemento terminado altamente confiable

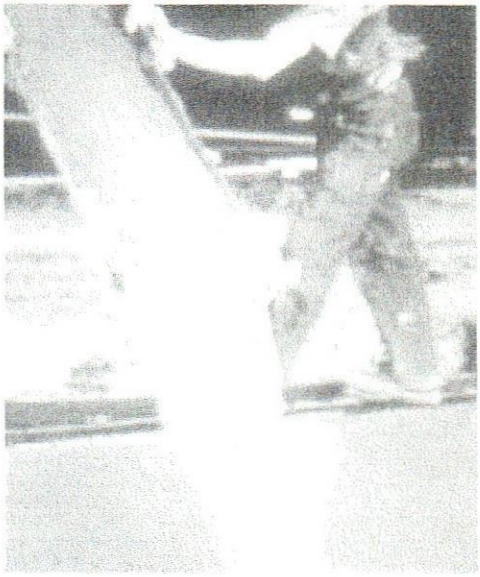
### Otros

- Cumple con la especificación ASTM C 494 para aditivos reductores de agua tipo A y aditivos reductores de agua de alto-rango Tipo F
- Menos dependencia de energía de consolidación
- Menor costo de mano de obra y mayor productividad
- Permite cambios en las especificaciones de ingeniería ya que es factible aumentar los límites de caída libre del concreto fresco, los espesores de las coladas y temperaturas del concreto, así como ajustes económicos en las mezclas.

## CARACTERISTICAS DE DESEMPEÑO

### Velocidad de endurecimiento

RHEOBUILD 1000 ha sido diseñado para producir características normales de fraguado para todo el rango de dosificación que se recomienda. El tiempo de fraguado del concreto depende de la composición física y química de los ingredientes básicos del concreto, la temperatura del concreto y las condiciones ambientales. Deben hacerse mezclas de prueba con los materiales de la obra para determinar la dosificación requerida para el tiempo de fraguado especificado y un requerimiento de resistencia determinado.



**Oficinas Regionales**

**Degussa Construction Chemicals Latin America**
23700 Chagrin Blvd.
Cleveland, OH 44122
Tel: 216-839-7500
Fax: 216-839-8826

**MBT Argentina**
Tel: 54-34-8843-3000
Fax: 54-34-8843-2828

**MBT Brasil**
Tel: 55-11-4478-3118
Fax: 55-11-4479-0338

**MBT CARIBBEEAN - PUERTO RICO**
Tel: 787-731-8080
Fax: 787-731-8040

**MBT Centroamérica - Costa Rica**
Tel: 506-440-9110
Fax: 506-440-9111

**MBT Chile**
Tel: 56-2-444-9760
Fax: 56-2-444-9761

**MBT Colombia**
Tel: 57-1- 321-7210
Fax: 57-1-321-7513

**MBT Concretesa - Ecuador**
Tel: 593-2-256-6011
Fax: 593-2-256-9272

**MBT México**
Tel: 52-55-21-22-22-00
Fax: 52-55-21-22-22-01

**MBT Unicon - Perú**
Tel: 511-385-0109
Fax: 511-385-2065

**MBT Venezuela**
Tel: 58-212-762-5471
Fax: 58-212-761-7001

### Manejabilidad

El concreto al que se ha adicionado RHEOBUILD® 1000 tiene la capacidad de mantener una condición Rheoplástica de 200 a 280 mm (8 a 11 in) de asentamiento si así se requiere. La duración precisa para poder trabajar la mezcla no solo depende de la temperatura, sino también del tipo de cemento, materiales cementicios suplementarios, proporciones de la mezcla, la naturaleza de los agregados, el método de transporte y la dosificación.

## APLICACION

### Dosificación

El rango de dosificación recomendado para el RHEOBUILD 1000 es de 650-1600 ml/100 kg (10-25 oz fl/100 lb) de material cementicio dependiendo de la aplicación y de cuanto se desee incrementar el asentamiento y resistencia.

Las dosificaciones anteriores aplican a la mayoría de las mezclas de concreto que usan ingredientes típicos del concreto. Debido a las variaciones en las condiciones de la obra y de los materiales de concreto como la microsílica, se podrán requerir rangos de dosificación diferentes a los recomendados. En tales casos, contacte a su representante local de MBT.

### Mezclado

Ya que se incrementa la retención de asentamiento usando el aditivo RHEOBUILD 1000, éste se puede adicionar en la planta de premezclados. También puede adicionarse en la obra si se desea incrementar el asentamiento.

## RECOMENDACIONES

### Corrosividad

No corrosivo, no contiene cloruros

RHEOBUILD 1000 no iniciará o promoverá la corrosión del acero reforzado en el concreto, concreto pretensado o concreto colocado en sistemas de pisos y techos de acero galvanizado. No se utilizó cloruro de calcio ni ningún ingrediente a base de cloruros en la manufactura del aditivo RHEOBUILD 1000.

### Compatibilidad

RHEOBUILD 1000 puede utilizarse en combinación con la mayoría de los aditivos de Degussa Construction Chemicals y en todo el concreto de color y arquitectónico. Cuando se usa con otros aditivos, cada aditivo deberá adicionarse a la mezcla en forma separada. RHEOBUILD 1000 no debe usarse con RHEOMAC® UW 450, RHEOMAC® VMA 358 o RHEOMAC® 450 VMA ya que pueden experimentarse comportamientos erráticos en asentamiento, extensión del asentamiento o capacidad de bombeo.

### Temperatura

Si se llega a congelar el RHEOBUILD1000, eleve a una temperatura de 7°C (45°F) o mayor y reconstituya el producto por completo con una agitación mecánica ligera. No use aire presurizado para agitar.

### Almacenamiento

RHEOBUILD 1000 tiene una vida útil de 18 meses como mínimo. Dependiendo de las condiciones de almacenamiento, la vida útil puede ser mayor.

## EMPAQUE

RHEOBUILD 1000 se suministra en tambores de 208 l (55 gal), en tanques de 1040 l (275 gal) y a granel.

## SEGURIDAD

Consulte la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para este producto.

Para información adicional sobre este producto o para su uso en el desarrollo de mezclas de concreto con características especiales de desempeño, consulte a su representante local de MBT.

® Marca registrada de Degussa AG
©2003 Degussa CC Latin America



Visite nuestro sitio en la Internet www.mbt-la.com

degussa.

Construction Chemicals

# RHEOBUILD® 2000PF

Hiperplastificante para producir un concreto rheoplástico de muy alta resistencia

## USOS RECOMENDADOS

- Durmientes, segmentos y miembros estructurales de concreto prefabricado curados a temperaturas regulares y elevadas
- Concreto pretensado y postensado
- Grouts de anillo para grouting de relleno en túneles
- Concreto proyectado
- Para dispersar los cementos de inyección finos y microfinos RHEOCEM®
- Concreto en construcciones subterráneas
- Concreto estructural donde se requieren resistencias iniciales altas

## DESCRIPCION

RHEOBUILD 2000PF es un aditivo que contiene polímeros sulfonados hidrosolubles multifuncionales de diversa composición química, que afectan en forma específica los diferentes componentes minerales del cemento.

Al adicionarse al concreto, las moléculas poliméricas con carga negativa, se adsorben en la superficie de los granos de cemento. Esto causa una repulsión electrostática que ocurre entre los granos de cemento haciendo su dispersión en agua más fácil y por ende, la mezcla más fluida. Esto ocurre aún cuando el clinker de cemento Pórtland se mezcla con otros materiales (por ejemplo, pozolanas, cenizas voladoras, escorias y microsílice) en la producción de cementos compuestos.

## VENTAJAS

- Proporciona un concreto rheoplástico *
- Proporciona resistencias iniciales y finales altas
- Permite mejorar todas las propiedades del concreto endurecido como es la permeabilidad, adherencia al acero, estabilidad dimensional y durabilidad
- No contiene cloruros (no se adicionan cloruros)
- Mejor fluidez de la mezcla
- Mejor manejabilidad de la mezcla

* (El concreto rheoplástico se define como un concreto con una muy baja relación agua/cemento, al mismo tiempo con una alta manejabilidad, debido a la adición del aditivo RHEOBUILD®. El concreto resultante no segrega pero es capaz de llenar por completo los moldes y encofrados y puede desarrollar resistencias muy rápidamente).

## FORMA DE APLICACION

### Aplicación

RHEOBUILD 2000PF generalmente se adiciona a una concentración de 1.5 a 2.0 l por 100 kg de cemento. En casos especiales se pueden recomendar otras dosis de acuerdo con los requisitos específicos de la obra. Consulte a su representante local de MBT.

Cuando se utiliza para dispersar los cementos finos y microfinos RHEOCEM (vea la Hoja Técnica) RHEOBUILD 2000 PF deberá usarse a una concentración de 1.5 a 3% en peso del cemento siendo el valor típico del 2%, con una relación agua/cemento de 1. Esto dará una mezcla estable capaz de penetrar en las grietas más pequeñas.

### Mezclado

Los mejores resultados se obtienen cuando todos los componentes secos se mezclan con un 25 a 30% del agua en una mezcla homogénea dura, adicionando después RHEOBUILD 2000 PF y mezclando por 30 a 60 segundos, y después el resto del agua.

## RECOMENDACIONES

### Compatibilidad

RHEOBUILD 2000PF es compatible con todos los tipos de cemento Pórtland,

degussa.

Construction Chemicals

## Oficinas Regionales


**Degussa Construction Chemicals Latin America**
23700 Chagrin Blvd.
Cleveland, OH 44122
Tel: 216-839-7500
Fax: 216-839-8826

**MBT Argentina**
Tel: 54-34-8843-3000
Fax: 54-34-8843-2828

**MBT Brasil**
Tel: 55-11-4478-3118
Fax: 55-11-4479-0338

**MBT Caribbean - Puerto Rico**
Tel: 787-731-8080
Fax: 787-731-8040

**MBT Centroamérica - Costa Rica**
Tel: 506-440-9110
Fax: 506-440-9111

**MBT Chile**
Tel: 56-2-444-9760
Fax: 56-2-444-9761

**MBT Colombia**
Tel: 57-1- 321-7210
Fax: 57-1-321-7513

**MBT Concretesa - Ecuador**
Tel: 593-2-256-6011
Fax: 593-2-256-9272

**MBT México**
Tel: 52-55-21-22-22-00
Fax: 52-55-21-22-22-01

**MBT Unicon - Perú**
Tel: 511-385-0109
Fax: 511-385-2065

**MBT Venezuela**
Tel: 58-212-762-5471
Fax: 58-212-761-7001


pozolánicos y de escoria. Como regla general, este aditivo es compatible con todas los aditivos que cumplen con los estándares de la ASTM y UNI. Otros aditivos deberán adicionarse por separado al concreto sin combinarlos con RHEOBUILD® 2000 PF antes de la adición.

No lo utilice con el sistema de control total de consistencia (TCC) MEYCO® sin consultar antes con su representante local de MBT.

## DATOS TECNICOS

| | |
|---|---|
| Forma | Líquido |
| Color | Café |
| Densidad, 20°C | 1.23 - 1.25 kg/l |
| pH, 20°C | 7 – 9 |
| Solubilidad en agua | Total |

## EMPAQUE

RHEOBUILD 2000PF está disponible en tambores de 208 l ( 55.5 gal) y contenedores de 1000 l ( 264.2 gal).

## ALMACENAMIENTO

RHEOBUILD 2000PF debe almacenarse a una temperatura superior a los 5°C (41°F). Si se llegara a congelar, descongele y agite por medios mecánicos hasta que se reconstituya por completo.

## SEGURIDAD

### Riesgos

RHEOBUILD 2000PF no contiene substancias peligrosas que requieran un etiquetado especial, y no tiene ninguna clasificación para su transporte. Sin embargo, se deben tomar las mismas precauciones a las indicadas para el uso y manejo de productos cementicios.

### Precauciones

Mantenga fuera del alcance de los niños. Mantenga el recipiente cerrado cuando no se utilice. Evite el contacto con la piel, los ojos y la ropa. Lave sus manos perfectamente después de usar el producto. Use guantes protectores y lentes de protección. Debe seguir las advertencias indicadas en la etiqueta hasta que el envase sea comercialmente limpiado y reacondicionado.

### Primeros Auxilios

En el caso de contacto con los ojos, lave perfectamente con agua limpia por un mínimo de 15 minutos. Si hay contacto con la piel, lave el área afectada con agua y jabón. Si la irritación persiste, busque atención médica. Retire y lave la ropa contaminada.

Para mayor información, consulte la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para este producto.


® Marca Registrada de Degussa AG
© 2003 Degussa CC Latin America

## 7.2- Tecnoconcret

# PSP - RLS

## SUPERPLASTIFICANTE DE FRAGUADO RETARDADO CON BAJA PERDIDA DE ASENTAMIENTO

### DESCRIPCIÓN:

El **PSP - RLS** es un aditivo superplastificante líquido a base de resinas de naftaleno, libre de cloruros, de color café claro. El **PSP - RLS** cuando se añade al concreto aumenta significativamente sus características de fluidez y trabajabilidad, como también es capaz de proporcionar grandes aumentos de resistencias en todas las edades del concreto. Permite una reducción significadora del agua y una ganancia importante de la resistencia a la compresión, sin necesidad de aumentar el contenido de cemento. El **PSP - RLS** agregado a la mezcla sin modificar la relación "agua-cemento", produce un concreto de muy alta fluidez. Esta fluidez permite que el agua de la mezcla pueda reducirse considerablemente.

### RECOMENDADO PARA:

- Aumento de la resistencia a temprana edad y a todas las edades.
- Asentamiento de 8-10 pulgadas.
- Mientras que los aditivos tradicionales, utilizados para reducir el agua de la mezcla logran una reducción de un 10-15%, el **PSP - RLS** puede lograr reducciones de agua de un 20-30%, pudiendo adquirir resistencias iguales a las de 28 días en solo 3-7 días.
- Rápido desencofrado y movilización de elementos prefabricados.
- Vaciados en moldes estrechos con gran cantidad de cabillas.
- Fácil bombeo, vibrado y colocación.
- Ahorro de cemento manteniendo la misma resistencia.
- Mayor densidad e impermeabilidad.
- Mejor acabado.

### CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS:

- El **PSP-RLS** es un superplastificante de fraguado "normal" que se puede usar en todo tipo de concretos, como los mezclados en obra o los premezclados.
- El **PSP-RLS** permite ser usado junto a otros aditivos como incorporadores de aire **"AEROCRET"**, microsilica, fibras, etc., sin afectar sus propiedades.
- El **PSP-RLS** permite una reducción notable en los costos por mayor rapidez de bombeo, descarga, colocación y acabados. Permite optimizar el diseño de concreto para lograr mezclas de mayor calidad con un importante ahorro de cemento.

### ESPECIFICACIONES Y NORMAS:

El **PSP - RLS** excede todos los requerimientos de:

COVENIN 356. Tipos A, F y G
AASHTO M 194
ASTM C 494. Tipos A, F y G
CRD C-87

### INFORMACIÓN TÉCNICAS:

| Parámetro | Resultado |
|---|---|
| Color | Ambar |
| Estado Físico | Líquido |
| Densidad | 1,206 kg/L |
| pH | 6-8 |

### DOSIFICACIÓN:

Puede dosificarse dependiendo de los efectos que se deseen, a razón de 10-20 onzas por saco de cemento. En todo caso se recomienda realizar ensayos para determinar la dosis adecuada.

### MODO DE EMPLEO:

El **PSP - RLS** deberá añadirse en la última agua de la mezcla en la planta de concreto. Es recomendable el uso de equipos dosificadores, cuando se trata de grandes vaciados.

TECNOCONCRET
IDEAS Y SOLUCIONES EN CONCRETO

# ACELCRET AF

## ACELERADOR DE FRAGUADO LIBRE DE ALCALI PARA CONCRETO PROYECTADO

### DESCRIPCIÓN:

El **ACELCRET AF** es el aditivo acelerador de fraguado para concreto proyectado más seguro del mercado, libre de álcali, que permite lograr un lanzado de alta calidad, produciendo un concreto durable con bajo riesgo para la salud y menos impacto ambiental.

### RECOMENDADO PARA:

- Minería.
- Galerías.
- Túneles.
- Concreto proyectado por vía húmeda.
- Concreto proyectado por vía seca.
- Estabilización de suelos
- Trabajos de reparación.

### CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS:

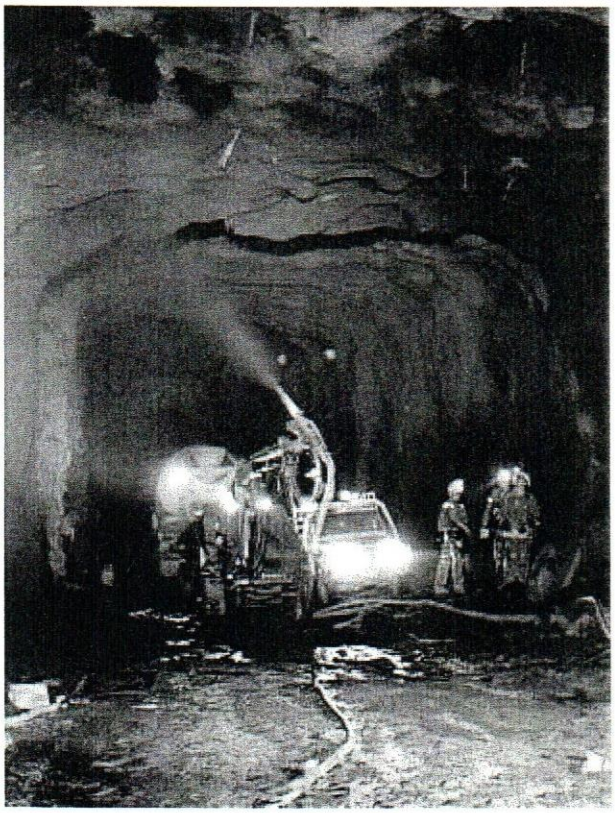
- Aumenta la calidad y durabilidad del concreto.
- Solo se necesita bajas dosis del aditivo (2% al 6%) por peso del cemento para lograr un proyectado óptimo.
- El **ACELCRET AF** es una solución estable, no es necesario su agitación en obra.
- El **ACELCRET AF** se mezcla fácilmente con el concreto en los picos de lanzado, permitiendo el uso de bajas dosificaciones.
- No produce taponeo en las vías que circulan el aditivo por las boquillas de lanzado.
- Produce un concreto proyectado de alta adhesión al sustrato, permitiendo capas en una sola pasada de espesores entre 5" y 6".
- Es recomendado para concretos proyectados por vía seca y por vía húmeda.
- Disminuye significativamente el rebote.
- El **ACELCRET AF** proporciona una excelente trabajabilidad y cumple o excede todos los requerimientos para concreto proyectado preparados "in situ" de ASTM, ACI y otros.
- El **ACELCRET AF** al ser libre de álcalis, no cáustico, no toxico y libre de cloruros o nitratos es extremadamente seguro para toda aplicación especialmente en áreas confinadas o bajo tierra.
- El **ACELCRET AF** es compatible con todo tipo de cemento y no afecta o compromete la resistencia final del concreto.

### INFORMACIÓN TÉCNICA:

| | |
|---|---|
| Color | Ambar |
| Olor | Inodoro |
| Densidad | 1,35 ± 0,035 g/ml |
| pH | 1,5 - 2,5 |

### DOSIFICACIÓN:

Se recomienda en un rango de 2% al 6% sobre el peso de cemento, dependiendo del tipo de resultado deseado.
Debe utilizarse una bomba dosificadora apropiada para controlar en todo momento el caudal de aditivo incorporado a la mezcla proyectada.



TECNOCONCRET
IDEAS Y SOLUCIONES EN CONCRETO

## 7.3- Sika

# Sigunit ®L-510 AF

*Acelerante para concreto lanzado.*

HT- 1326 - 0403

**Aditivos para Concreto Proyectado**

## DESCRIPCION

Aditivo líquido de color ámbar claro, acelerante de fraguados y resistencias iniciales, de segunda generación para todo tipo de aplicaciones de concreto lanzado por vía húmeda con resistencias superiores a 350 kg/cm$^2$. No contiene cloruros ni es cáustico.

## USOS

Como acelerante para concreto lanzado por vía húmeda en flujo diluido y denso, especialmente en:

- Obras de sostenimiento temporal y permanente en túneles.
- Estabilización de suelos y taludes.
- Elaboración de recubrimientos definitivos de concreto lanzado de alta calidad.

## VENTAJAS

El uso del **Sigunit L-510AF** ofrece los siguientes beneficios:

- Rápida adquisición del fraguado y en consecuencia bajo rebote y desprendimiento.
- Ambiente de trabajo mejorado debido al bajo pH del producto.
- Baja viscosidad, con lo cual el producto fluye adecuadamente a través de los sistemas de dosificación.
- Aumenta la adherencia del concreto lanzado sobre roca y concreto, facilitando la proyección sobre cabeza.
- No contiene cloruros
- Muy baja reducción de resistencias finales con lo cual permite diseñar concretos lanzados con resistencias superiores a 350 kg/cm$^2$ a 28 días.
- Aceleramiento de fraguados controlados en función de la dosis empleada.
- Rápida obtención de resistencias iniciales
- Adecuado control del rebote.

## DATOS TECNICOS

| | |
|---|---|
| **Presentación** | Granel |
| **Estado Físico** | Líquido ámbar |
| **Densidad** | Aprox. 1,3 +/- 0,05 kg./l |
| **Almacenaje** | 3 meses en los envases originales cerrados y temperaturas superiores a los 15ºC<br>Manténgase en lugar fresco, seco y ventilado |
| **Dosificación** | 3 al 8% del peso del cemento |

## MODO DE EMPLEO

La dosificación exacta de **Sigunit L-510AF** deberá ser determinada en ensayos previos con los materiales y en las condiciones de la obra, en especial según el procedimiento de proyección adecuado para acelerantes líquidos libres de álcali. En general una dosis entre 3% y 8% del peso puede servir de punto de partida en la determinación.

La dosis óptima debe determinarse en el sitio de la obra, teniendo en cuenta los materiales y procedimientos de aplicación establecidos por especificación.

La aplicación de concreto lanzado sobre sustrato con filtraciones de agua, puede requerir una dosis superior a la recomendada

Se recomienda utilizar un sistema de dosificación del aditivo que permita controlar adecuadamente el porcentaje óptimo.

Los diseños de concreto proyectado por vía húmeda se rigen por las normas de calidad establecidas y de acuerdo con los diferentes tipos de aplicaciones.

El uso del **Sigunit L-510AF** es compatible con los aditivos Sika habituales en estos tipos de aplicaciones. Se recomienda su empleo con un reductor de agua de alto poder del tipo Sikament. Sugerimos contactar al Departamento Técnico para determinar la referencia apropiada según condiciones de aplicación.

El **Sigunit L-510AF** deberá adicionarse en la boquilla con el aire en caso de flujo denso (bombeo) o solo a presión en caso de flujo diluido.

## PRECAUCIONES

El efecto del **Sigunit L-510AF** en concreto lanzado y el espesor medio de capa a colocar, dependerá de:

- La cuantía de cemento y relación agua: cementante.

ADVERTENCIA: *La información y, en particular, las recomendaciones relacionadas con la aplicación y uso final de los productos SIKA son proporcionadas de buena fé, y se basan en el conocimiento y experiencias actuales de SIKA respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean almacenados, manipulados y aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, substratos y condiciones actuales de la obra son tan particulares que ninguna garantía al respecto a la comercialización o a la adaptación para un uso particular, o a alguna obligación que surja de relaciones legales, puede ser inferida de la información consignada en este documento o de otra recomendación escrita o verbal. Se deben respetar los derechos de propiedad de terceros. Todas las ordenes de compra son aceptadas de acuerdo con nuestras actuales condiciones de venta y despacho. Los usuarios deben referirse siempre a la edición más reciente de la Hoja Técnica, cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.*

Sika Venezuela S.A.

**Valencia**
Av. Imbarren Borges. Parcela # 8-1. Zona Industrial Sur. Teléfonos :(041) -324860 388317 -388618 - 320501 Fax. (041) -333384 - 380085.

**Maracaibo**
Av. Circunvalación 2 C.C. El Dividive. Local G9, frente A Viveres D'Cándido. Teléfonos (061) 362117 361021. Fax: (061) 361738

**Caracas**
Urb. Los Chaguaramos. Av. La Facultad. Quinta Valenciana. Teléfonos: (02) 6396076 – 6937542 Fax. (02) 6938334

**Barcelona**
Centro Empresarial Storage and Delivery. Local 5. Av. Interurbana, Vía Alterna a 200 del Dist. Hospital Razetti. Teléfonos y Fax: (081) 634562 633920 - 633140

**Puerto Ordaz**
Carrera Guaribe, c/calle bira. Zona Industrial Unase II. Teléfonos y Fax: (086) 516581 - 524383

**Punto Fijo**
Av. Intercomunal Alí Primera, esquina calle California, Vía LAGOVEN. Teléfonos: (069) - 461632. Fax. (069) - 461632

# Sika® Viscocrete 6

*Reductor de agua – Super plastificante*

HT-1062-0802

Aditivos y Adiciones para Concreto y Mortero

## DESCRIPCION

**Sika Viscocrete 6** es la tercera generación de superplastificantes para concreto y mortero, sobrepasa ampliamente con los requerimientos de los superplasificantes según la norma ASTM C-494, COVENIN 356.

## USOS

- **Sika Viscocrete 6** es adecuado para la producción de prefabricados de concreto
- **Sika Viscocrete 6** es adecuado para la producción de prefabricados de concreto.
- **Sika Viscocrete 6** facilita extremadamente la reducción de agua, aumenta la fluidez manteniendo cohesiva la mezcla.
- El concreto preparado con este aditivo se comporta como autocompactante.
- ***Sika Viscocrete 6** es usado en los* siguientes tipos de concreto:
  - Prefabricados de concreto o cuando no se requiera tiempo extendido de manejabilidad.
  - Concreto autocompactante.
  - Concreto con alta reducción de agua (40%).
  - Concretos de alta resistencia.
  - Sistemas Outinord y Contech.
- Por la alta reducción de agua, la *excelente fluidez y las altas resis*tencias iniciales se obtiene con este aditivo una influencia positiva en las aplicaciones anteriormente mencionadas.

## VENTAJAS

El **Sika Viscocrete 6** actúa por diferentes mecanismos a través de la adsorción superficial y los efectos de la separación esterical sobre las particulas de *cemento, correspondientes a los proce*sos de hidratación, las propiedades obtenidas son:

- Alta compactación, es conveniente para producción de concreto autocompactante.
- Alta reducción de agua (incidiendo en la densidad y las resistencias).
- Excelente fluidez (incide en la alta reducción de los esfuerzos de colocación).

## DATOS TECNICOS

| | |
|---|---|
| Presentación | Tambor con 230 kg<br>Paila con 21 kg<br>Granel |
| Color | Ámbar claro |
| Almacenaje | 1 año en sitio fresco y bajo techo en su envase original bien cerrado |
| Estado Fisico | Liquido |
| Densidad | 1,07 ± 0,03 kg/l |
| Ph | 5 ± 2 unidades |
| Especificaciones | ASTM C-494 tipo F |

- Incrementa el desarrollo de resistencias tempranas.
- Mejora el comportamiento ante las retracciones del concreto.
- Reduce la velocidad de carbonatación del concreto.
- **Sika Viscocrete 6** no contiene clo*ruros ni otro tipo de agentes agre*sores u otros productos que generen corrosión del acero, este puede ser usado sin restricciones en la producción del concreto reforzado y preesforzado

## MODO DE EMPLEO

**Sika Viscocrete 6** es adicionado a la báscula del agua o simultáneamente *con esta, vertiéndolo en la mezcla de* concreto. Para lograr una óptima reducción de agua, recomendamos mezclarlo por un mínimo de 240 segundos.

## COLOCACION DEL CONCRETO

El uso del **Sika Viscocrete 6** permite la producción de concreto de alta calidad. El cumplimiento de las normas que permitan una adecuada producción y colocación del concreto, también deben *ser observadas al usar el* **Sika Viscocrete 6.**

## PRECAUCIONES

**Sika Viscocrete 6** puede ser usado para producir concreto autocompactante; para estas aplicaciones es necesario un diseño especial de la mezcla. Para lo cual consulte a nuestro servicio de Asistencia Técnica.

## COMBINACIONES

**Sika Viscocrete 6** puede ser combinado con:

- SikaPump
- SikaFerrogard-901
- SikaRapid•Plastiment-RMX
- SikaFume

*Es recomendable hacer pruebas de la*boratorio previas si se planea usar las combinaciones con los productos arriba mencionados. Favor consulte nuestro departamento técnico.

## MEDIDAS DE SEGURIDAD

Usar guantes de caucho y lentes de protección en su manipulación. En contacto con la piel lave con agua y jabón. En contacto con ojos o membranas *mucosas, enjuagar inmediatamente con* agua tibia y limpia, buscar inmediatamente atención médica. Ecología: No disponer en el agua, atender las regulaciones locales. Toxicidad: No Tóxico. Transporte: No tiene riesgos. Consultar Hoja de Seguridad del producto.

## CODIGOS R/S

**R**: 22
**S**: 26

*ADVERTENCIA. La información y, en particular, las recomendaciones relacionadas con la aplicación y uso final de los productos SIKA son proporcionadas de buena fé, y se basan en el conocimiento y experiencias actuales de SIKA respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean almacenados, manipulados y aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, substratos y condiciones actuales de la obra son tan particulares que ninguna garantía al respecto a la comercialización o a la adaptación para un uso particular, o a alguna obligación que surja de relaciones legales, puede ser inferida de la información consignada en este documento o de otra recomendación escrita o verbal. Se deben respetar los derechos de propiedad de terceros. Todas las ordenes de compra son aceptadas de acuerdo con nuestras actuales condiciones de venta y despacho. Los usuarios deben referirse siempre a la edición más reciente de la Hoja Técnica, cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.*

Valencia
Av. Intercomunal Morgan, Hangar # 8-1, Zona Industrial Sur, Valencia, Edo. Carabobo, Venezuela. Teléfono (0241) 8222000 / 8222017 Fax (0241) 8222001 / 8222026.

Maracaibo
Av. Intercomunal 2, C.C. El Divulgador, Local G9, Frente a Plaza El Desafío. Teléfonos (0261) 7300417 - 7301320. Fax (0261) 7301326

Caracas
Urb. El Hatillo, Calle La Alameda, Quinta Maria. Tel. y Fax (0212) 9000000 - 9000002

Barcelona
Centro Empresarial Stronger and Delivery, Local 6, Av. Intercomunal Vía Aeropuerto. Teléfonos y Fax (0281) 2658882 - 2658883 - 2633140

Puerto Ordaz
Carrera Cedeño, Galpón Zona Industrial Unare II. Teléfono y Fax (0285) 9500000 - 9504000

Punto Fijo
Av. Intercomunal Alí Primera, Conjunto Judo Guaicaipuro. Teléfonos y Fax (0268) 3218602

LAGUNEN. Teléfonos y Fax (0268) 3218602

Sika Venezuela S.A.

- La temperatura del sustrato y del concreto
- El espesor de las capas y el método de proyección del concreto (espesores superiores a *10 cm generan incrementos en* los requerimientos de acelerante)
- Su comportamiento en resistencia dependerá de la relación agua-cemento y de la dosis de acelerante usada.
- La sobredosis de acelerante puede conducir a la disminución de la resistencia final. Controle que la dosis no supere el 10%.

**MEDIDAS DE SEGURIDAD**

Producto no cáustico de pH bajo, *por lo tanto emplee gafas de seguridad*, máscara con filtro, guantes de caucho y vestido cerrado de caucho u otro material resistente al ataque del producto. Protéjase adecuadamente del contacto con los ojos. Consulte Hoja de Seguridad del producto.

**CODIGOS R/S**

R: 22/25/36
S: 2/23/25/26/38

*ADVERTENCIA: La información y, en particular, las recomendaciones relacionadas con la aplicación y uso final de los productos SIKA son proporcionadas de buena fé, y se basan en el conocimiento y experiencias actuales de SIKA respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean almacenados, manipulados y aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, substratos y condiciones actuales de la obra son tan particulares que ninguna garantía al respecto a la comercialización o a la adaptación para un uso particular, o a alguna obligación que surja de relaciones legales, puede ser inferida de la información consignada en este documento o de otra recomendación escrita o verbal. Se deben respetar los derechos de propiedad de terceros. Todas las ordenes de compra son aceptadas de acuerdo con nuestras actuales condiciones de venta y despacho. Los usuarios deben referirse siempre a la edición más reciente de la Hoja Técnica, cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.*

Sika Venezuela S.A.

Valencia
Av. Imbaren Borges. Parcela # 8-1. Zona Industrial Sur. Teléfonos :(041) - 324860 388317 - 388618 - 320501 Fax: (041) - 333984 - 389085.

Maracaibo
Av. Circunvalación 2 C.C. El Dividive. Local G9, frente A Viveres D'Cándido. Teléfonos (061) 362117 361921. Fax: (061) 361738

Caracas
Urb. Los Chaguaramos. Av. La Facultad. Quinta Valenciana. Teléfonos: (02) 6396076 - 6937542 Fax: (02) 6936334

Barcelona
Centro Empresarial Storage and Delivery. Local 5. Av. Interurbana. Vía Alterna a 200 del Dist. Hospital Razetti. Teléfonos y Fax: (081) 634562 633920 - 633149

Puerto Ordaz
Carrera Guaiba (calle pire, Zona Industrial Unare II. Teléfonos y Fax: ( 086 ) 516581 - 524383

Punto Fijo
Av. Intercomunal Alí Primera, esquina calle California. Vía LAGOVEN. Teléfonos: ( 069 ) - 461632. Fax: ( 069 ) - 461632

# SikaTard®-E

*Retardador y Estabilizador para largos tiempos de trabajabilidad en el concreto.*

HT-1007-0404

## DESCRIPCION

**SikaTard-E** es un aditivo retardador y estabilizador del fraguado especialmente diseñado para mantener por largo tiempo la consistencia y trabajabilidad del concreto.

## USOS

Para ser utilizado como sistema con la línea **Sikament, Viscocrete** cuando se requiera mantener la trabajabilidad del concreto por un largo periodo de tiempo.

## VENTAJAS

- Mantiene fresca la mezcla de concreto por un largo periodo de tiempo de acuerdo a la dosis empleada.
- Permite, en largas distancias el trasporte del concreto sin que se afecte considerablemente su trabajabilidad.
- Regula y uniformiza la calidad de la mezcla.

## MODO DE EMPLEO

- SikaTard-E es adicionado a la balanza del agua o simultáneamente con esta, vertiéndolo en la mezcla de concreto. Para lograr un óptimo resultado, el tiempo de mezclado optimo deberá determinarse a partir de ensayos de campo para conseguir los resultados deseados.

## DATOS TECNICOS

| | |
|---|---|
| Presentación | Tambor con 230 kg<br>Granel |
| Color | Ámbar |
| Almacenaje | 1 año en sitio fresco y bajo techo en su envase original bien cerrado |
| Estado Físico | Liquido |
| Densidad | 1,14 ± 0,02 kg/l |
| Dosificación | 0,1 a 1,2 % por peso del cemento |

## PRECAUCIONES

El cumplimiento de las normas que permitan una adecuada producción y colocación del concreto, también deben ser observadas al usar el SikaTard-E.

Su dosificación dependerá del retardo y estabilización deseada, la cantidad de cemento, tipo de cemento, tipo de agregados, otras adiciones y temperatura del sitio de aplicación.

## COMBINACIONES

SikaTard-E puede ser combinado con:

- Línea Plastiment, SikaFume, Línea Viscocrete

Es recomendable hacer pruebas de laboratorio previas si se planea usar las combinaciones con los productos arriba mencionados. Favor consulte nuestro departamento técnico

## MEDIDAS DE SEGURIDAD

En contacto con ojos o membranas mucosas, enjuagar inmediatamente con agua tibia y limpia, buscar inmediatamente atención médica. Ecología: No disponer en el agua, atender las regulaciones locales. Toxicidad: No Tóxico. Transporte: No tiene riesgos. Consultar Hoja de Seguridad del producto.

## CODIGOS R/S

R: 22 S: 26

*ADVERTENCIA: La información y, en particular, las recomendaciones relacionadas con la aplicación y uso final de los productos SIKA son proporcionadas de buena fé, y se basan en el conocimiento y experiencias actuales de SIKA respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean almacenados, manipulados y aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, substratos y condiciones actuales de la obra son tan particulares que ninguna garantía al respecto a la comercialización o a la adaptación para un uso particular, o a alguna obligación que surja de relaciones legales, puede ser inferida de la información consignada en este documento o de otra recomendación escrita o verbal. Se deben respetar los derechos de propiedad de terceros. Todas las ordenes de compra son aceptadas de acuerdo con nuestras actuales condiciones de venta y despacho. Los usuarios deben referirse siempre a la edición más reciente de la Hoja Técnica, cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.*

Valencia
Av. Imbaren Borges Parcela # 8-1 Zona Industrial Sur Teléfonos: (0241) 8324180 - 8358317 Fax: (0241) 8333384 - 8389085

Maracaibo
Av. Circunvalación 2 C.C.E.I. Chedive Local 09 frente a Viveres D Candido. Teléfonos: (0261) 7362117 - 7361921 Fax: (0261) 7361730

Caracas
Urb. El Rosal Calle La Alameda, Quinta Maria. Tel. y Fax: (0212) 9532775 - 9536283 - 9532612

Barcelona
Centro Empresarial Storage and Delivery Local 5 Av. Interurbana, Vía Alterna Teléfonos y Fax: (0281) 2634962 - 2633620 - 2633146

Puerto Ordaz
Carrera Guaiche, calle Ipire, Zona Industrial Unare II Teléfonos y Fax: (0286) 2516581 - 2524383

Punto Fijo
Av. Intercomunal Las Primeras, esquina calle Caldoma Vía LAGOVEN Teléfonos y Fax: (0269) 2461632

Sika Venezuela S.A.

# Sikament-500 R

*- superplastificante retardador. Para mantener la trabajabilidad por largos periodos de tiempo*

Sika

HT-1007-0404

## DESCRIPCION

Sikament-500 R es un aditivo para concreto, color café, reductor de agua de alto rango con efecto retardador, y economizador de cemento. No contiene cloruros.

## USOS

- **Como superplastificante:** Adicionándolo a una mezcla de consistencia normal se consigue fluidificar y retardar el fraguado del concreto o mortero, facilitando su colocación y bombeo en estructuras densamente armadas.
- **Para mantener la trabajabilidad:** Ideal para mantener la trabajabilidad cuando se requiera un tiempo de transporte prolongado, manteniendo la mezcla cohesiva.
- **Como reductor de agua de alto rango:** Adicionándolo a la mezcla permite reducir de acuerdo con la dosis usada altos porcentajes de agua en la mezcla, sin variar su plasticidad, lo que permite incrementar considerablemente las resistencias a todas las edades, así como, la impermeabilidad y durabilidad del concreto o mortero.
- **Como economizador del cemento:** Lograda la reducción en el contenido del agua, podemos disminuir el contenido de cemento manteniendo constante las resistencias a diferentes edades, lo que permite hacer más económico el diseño de mezcla.

## VENTAJAS

**Como superplastificante de efecto prolongado:**

Permite una gran manejabilidad y retardo del fraguado a la mezcla, facilitando el bombeo a mayores alturas y a distancias mas largas, independientemente del clima.

Dosificado en planta permite transportar el concreto a mayores distancias.

- Permite colocar grandes volúmenes de concreto sin la formación de juntas frías de construcción.
- Disminuye el riesgo de oquedades en el concreto de estructuras esbeltas y densamente armadas.

## DATOS TECNICOS

| | |
|---|---|
| **Presentación** | Tambor con 240 kg<br>Paila con 22.6 kg |
| **Color** | café oscuro |
| **Almacenaje** | 1 año en sitio fresco y bajo techo en su envase original bien cerrado |
| **Estado Físico** | Liquido |
| **Densidad** | 1,22 ± 0,03 kg/l |
| **Ph** | 7 ± 3 unidades |
| **Dosificación** | 0,5 a 2 % del peso del cemento |
| **Especificaciones** | ASTM C-494 tipo G |

- Evita la segregación y disminuye la exudación del concreto fluido
- Disminuye los tiempos de vibrado en el concreto.Ideal para la colocación de concreto por el sistema tremie.

**Como reductor de agua de alto rango:**

- Aumenta la resistencia inicial y final del concreto.
- Reduce considerablemente la permeabilidad del concreto, aumentando su durabilidad.
- Densifica el concreto y mejora su adherencia al acero de refuerzo.
- Reduce en alto grado la exudación y la contracción por secado.
- Gran economía en los diseños por la reducción alcanzada en el cemento.

## MODO DE EMPLEO

**Como superplastificante:** adicionarlo directamente al concreto o mortero ya listo para colocar y mezclar por lo menos durante 4 minutos hasta tener una mezcla fluida.

**Como Retardador:** adicionarlo en planta disuelto en el agua de amasado durante la elaboración de la mezcla.

**Como reductor de agua o de cemento:** Adicionarlo disuelto en la ultima porción del agua de amasado durante la preparación de la mezcla.

## PRECAUCIONES

- La elaboración de concreto o mortero fluido exige una buena distribución granulométrica. Se debe garantizar un buen contenido de finos para evitar la segregación del material fluido. En caso de deficiencia de finos dosificar Sika Aer para incorporar hasta un 4% de aire a la mezcla.
- La dosis optima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y condiciones de obra.
- Dosificar por separado cuando se usen otros aditivos en la mezcla.
- El curado del concreto antes y después del fraguado es indispensable.

## MEDIDAS DE SEGURIDAD

Usar guantes de goma y lentes de protección en su manipulación.

## CODIGOS R/S

R: 22 /25
S: 26



*ADVERTENCIA: La información y, en particular, las recomendaciones relacionadas con la aplicación y uso final de los productos SIKA son proporcionad buena fé, y se basan en el conocimiento y experiencias actuales de SIKA respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean almacenados, manipula aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, substratos y condiciones actuales de la obra son tan particulare ninguna garantía al respecto a la comercialización o a la adaptación para un uso particular, o a alguna obligación que surja de relaciones legales, pued inferida de la información consignada en este documento o de otra recomendación escrita o verbal. Se deben respetar los derechos de propiedad de ter Todas las ordenes de compra son aceptadas de acuerdo con nuestras actuales condiciones de venta y despacho. Los usuarios deben referirse siempr edición más reciente de la Hoja Técnica, cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.*

**Valencia**
Av. Imbarren Borges, Parcela # 8-1 Zona Industrial Sur. Teléfonos (0241) 8324880 – 8388317 Fax: (0241) 8333384 8389085.

**Maracaibo**
Av. Circunvalación 2 C.C.El Chaltre. Local G8, frente a Viveres D'Candido. Teléfonos (0261) 7362117 - 7361921 Fax (0261) 7361738

**Caracas**
Urb. El Rosal Calle La Alameda Quinta Maria Telf. y Fax (0212) 9532776 – 9536263 - 9536802

**Barcelona**
Centro Empresarial Storage and Delivery Local 5 Av. Interurbana, Vía Alterna. Teléfonos y Fax (0281) 2634562 - 2633920 – 2633149

**Puerto Ordaz**
Carrera Guaribe, c/calle Ipire, Zona Industrial Unare II Teléfonos y Fax (0286) 2516581 - 2524363

**Punto Fij**
Av. Intercomun Primera, esquina California. LAGOVEN Telé Fax (0269) 2461

Sika Venezuela S.A.