

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO  
ESTRUCTURAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**MILDRED AMINTA MEZA MONROY**

**ERICK OSWALDO DÍAZ MONTES DE OCA**

ASESORADO POR: INGA. DILMA YANET MEJICANOS JOL

AL CONFERÍRSELES EL TÍTULO DE  
**INGENIERA E INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
VOCAL I: Inga. Glenda Patricia García Soria  
VOCAL II: Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola de López  
VOCAL III: Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón  
VOCAL IV: Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz  
VOCAL V:  
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRÁCTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

**MILDRED AMINTA MEZA MONROY**

DECANO: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
EXAMINADORA: Inga. Carmen Marina Mérida Alva  
EXAMINADOR: Ing. Yefry Valentín Rosales Juárez  
EXAMINADOR: Ing. Jorge Alberto Lam Lan  
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
VOCAL I: Inga. Glenda Patricia García Soria  
VOCAL II: Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola de López  
VOCAL III: Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón  
VOCAL IV: Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz  
VOCAL V:  
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRÁCTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

**ERICK OSWALDO DÍAZ MONTES DE OCA**

DECANO: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
EXAMINADOR: Ing. Edgar Fernando Valenzuela Villanueva  
EXAMINADOR: Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza  
EXAMINADOR: Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL**

Tema que fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 24 de febrero de 2008.



Mildred Aminta Meza Monroy



Erick Oswaldo Díaz Montes de Oca



Guatemala, 19 de Septiembre de 2 008

Ingeniero  
Sydney Alexander Samuels Milson  
Escuela de Ingeniería Civil  
DIRECTOR

Ingeniero Samuels

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL, elaborado por los estudiantes Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Díaz Montes de Oca, quienes contaron con la asesoría correspondiente.

Considero que el trabajo desarrollado por los estudiantes Meza Monroy y Díaz Montes de Oca, satisface los requisitos exigidos, por la escuela a su digno cargo y por lo cual recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"Id y enseñad a todos"



Inga. Dilma Yaret Mejicanos Jol

ASESORA  
Col. 5947

*Dilma Y. Mejicanos Jol*  
Ingeniera Civil  
Col. 5947



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 08 de octubre de 2 008

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Samuels Milson.

Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado “**Control de calidad del concreto fluido para relleno estructural**”, elaborado por los estudiantes universitarios **Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Diaz Montes de Oca**, quienes contaron con la asesoría de la Ingeniera Dilma Yanet Mejicanos Jol.

Considero que el trabajo desarrollado por los estudiantes **Meza Monroy y Diaz Montes de Oca**, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz  
Coordinador Área de Materiales y Construcciones Civiles



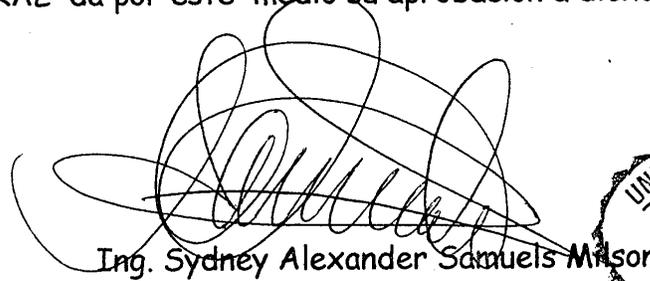
FACULTAD DE INGENIERIA  
AREA DE MATERIALES Y  
CONSTRUCCIONES CIVILES  
USAC

Cc archivo



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol y del Coordinador del Area de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz al trabajo de graduación de los estudiantes Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Díaz Montes de Oca, titulado CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Sydney Alexander Samuels Wilson



Guatemala, septiembre 2008.

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL**, presentado por los estudiantes universitarios **Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Días Montes de Oca**, autoriza la impresión del mismo

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, octubre de 2008

/cc  
cc. archivo

## ACTO QUE DEDICO A:

### DIOS:

Por haberme regalado la vida y darme la sabiduría e inteligencia necesaria, para poder obtener una meta más en mi vida.

### MIS PADRES:

Amparo y Leonel, por haberme dado la oportunidad de estudiar y apoyarme en todo momento, pues es gracias a ellos que cumplo uno de mis grandes sueños; los amo.

### MIS HERMANOS:

Lesster, Nancy, Karen y Jairo, que mi triunfo sea un ejemplo a seguir para ustedes.

### MI NOVIO:

Erick, pues es contigo que cumplo este gran sueño que empezamos juntos.

### MI FAMILIA:

Por sus consejos y apoyo siempre que lo necesite, en especial al nuevo ángel que me cuida desde el cielo.

## AGRADECIMIENTOS A:

### DIOS:

Gracias por ser parte de mi vida y porque es gracias a ti que obtengo este tan esperado y soñado triunfo.

### MIS PADRES:

Gracias por todo su sacrificio, entrega, paciencia y sobre todo, la confianza que depositaron en mí; los quiero y amo mucho.

### MIS HERMANOS:

Lesster, gracias por tu apoyo incondicional. Te amo.

### MI NOVIO:

Erick, gracias por estar a mi lado siempre, por ser parte de mi vida y de este gran sueño que hoy hacemos realidad. Te amo con todo mi corazón.

### MI FAMILIA:

Gracias por el cariño y sus oraciones siempre que las necesite, en especial a mis tíos: Gabriela e Iván, por todo el apoyo brindado.

### MIS AMIGOS:

Gracias a todos por su apoyo y momentos alegres durante la carrera, por ser los ángeles que Dios puso en mi camino, pues cada uno también es parte de este triunfo que hoy obtengo.

MI ASESORA:

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol, por su apoyo, conocimientos y tiempo dedicado en este trabajo de graduación.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:

Por darme la oportunidad de realizar mis estudios y hacerme parte hoy de la misma, en especial a la Facultad de Ingeniería.

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA:

Por la disponibilidad brindada para realizar los ensayos de este trabajo de graduación, en especial al personal de la Sección de Concretos y Agregados.

CONRED:

Por el apoyo brindado en este trabajo de graduación.

**Mildred Aminta Meza Monroy**

## ACTO QUE DEDICO A:

### DIOS:

Quien me ha permitido culminar mis estudios, alcanzando tan anhelado triunfo que hoy obtengo, ya que con su ayuda y compañía todo sueño es posible.

### MIS PADRES:

Carlos y Rosy, por su apoyo incondicional, estando siempre en todo momento, sus consejos de sabiduría y aliento, a cualquier adversidad.

### MIS HERMANOS:

Allan y Melissa, quienes me alentaron para realizar este sueño.

### MI FAMILIA:

Quienes de alguna manera han estado al tanto de mi esfuerzo de alcanzar esta meta.

### MI NOVIA:

Mildred, quien gracias a su empuje y apoyo, hoy a mi lado estoy culminando este sueño.

## AGRADECIMIENTOS A:

### DIOS:

Por darme la vida hasta hoy que llego a culminar esta meta.

### MIS PADRES:

Gracias por enseñarme buenos principios y valores, los cuales han servido para poderme conducir de una buena manera en el transcurso de mi vida estudiantil, dando como resultado este triunfo. Los amo.

### MIS HERMANOS:

Por darme alegría en momentos difíciles. Los quiero mucho.

### MI NOVIA:

Por el amor, apoyo, esfuerzos y consejos dados durante nuestra vida estudiantil. Ya que sin tu ayuda este logro no se estaría culminando este día a tu lado.

### MI FAMILIA:

Por su apoyo moral y oraciones a Dios en los instantes que lo necesie.

### MIS AMIGOS:

Por los momentos compartidos durante la carrera.

**MI ASESORA:**

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol, por el apoyo y conocimientos aportados durante el desarrollo de este trabajo de graduación.

**FACULTAD DE INGENIERÍA:**

Gracias por los conocimientos obtenidos hasta el día de hoy.

**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA:**

Gracias por la colaboración y préstamo de equipo para poder realizar de buena manera el trabajo de graduación. En especial a los laboratoristas de la Sección de Concretos y Agregados.

**PERSONAL DE CONRED:**

Por permitirnos realizar este trabajo de graduación y colaboración de su personal a cargo.

**Erick Oswaldo Díaz Montes de Oca**

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XI</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XV</b>
<b>1. ANTECEDENTES DE LO OCURRIDO EN EL BARRIO SAN ANTONIO ZONA 6, GUATEMALA</b>	<b>1</b>
<b>2. DEFINICIÓN DE CONCRETO FLUIDO PARA RELLENOS (CLSM)</b>	<b>3</b>
2.1 Materiales Utilizados	4
2.1.1 Cemento Pórtland	4
2.1.2 Arena limosa (SM)	5
2.1.3 Agua	6
2.1.4 Aditivo (inclusor de aire)	6
2.2 Características mecánicas de los materiales	7
<b>3. ENSAYOS Y NORMAS</b>	<b>9</b>
3.1 Pruebas de material fresco	10
3.1.1 Revenimiento (ASTM C143-90)	12
3.1.2 Fluidez (ASTM C939-02)	14
3.1.3 Peso unitario (ASTM D6023-07)	15
3.1.4 Contenido de aire (ASTM D6023-07)	19
3.1.5 Preparación de ensayos de cilindros (ASTM D4832-02)	22

3.2	Pruebas de material endurecido	25
3.2.1	Resistencia a compresión (ASTM C39)	25
<b>4.</b>	<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENOS (CLSM)</b>	<b>29</b>
4.1	Consistencia	29
4.2	Manejabilidad	29
4.3	Segregación	30
4.4	Exudación	31
4.5	Resistencia a la compresión	32
4.6	Ventajas y desventajas	32
<b>5.</b>	<b>PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN EN OBRA</b>	<b>33</b>
5.1	Tipo de mezclado	33
<b>6.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL A EVALUAR</b>	<b>35</b>
6.1	Obtención de muestras	35
6.2	Dosificación de los componentes del concreto fluido para rellenos (Proporciones)	35
<b>7.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>37</b>
7.1	Resultados del concreto fluido a 7, 14 y 28 días de edad	37
7.1.1	Revenimiento	37
7.1.2	Fluidez	38
7.1.3	Peso unitario	39
7.1.4	Contenido de aire	40
7.1.5	Resistencia	41
7.2	Análisis	42

CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS	47
BIBLIOGRAFÍA	49
APÉNDICES	51
ANEXO	68



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Proporción utilizada para concreto fluido en concreto estructural	9
2. Equipo para el ensayo de revenimiento	13
3. Equipo para el ensayo de fluidez	15
4. Equipo para el ensayo de peso unitario	18
5. Equipo para el ensayo de contenido de aire	20
6. Equipo para preparación de ensayos de cilindros	24
7. Equipo para ensayo de resistencia a compresión	27
8. Resistencia vrs. revenimiento a 7 días de edad	51
9. Resistencia vrs. revenimiento a 14 días de edad	51
10. Resistencia vrs. revenimiento a 28 días de edad	52
11. Resistencia vrs. fluidez a 7 días de edad	52
12. Resistencia vrs. fluidez a 14 días de edad	53
13. Resistencia vrs. fluidez a 28 días de edad	53
14. Resistencia vrs. peso unitario a 7 días de edad	54
15. Resistencia vrs. peso unitario a 14 días de edad	54
16. Resistencia vrs. peso unitario a 28 días de edad	55
17. Resistencia vrs. contenido de aire a 7 días de edad	55
18. Resistencia vrs. contenido de aire a 14 días de edad	56
19. Resistencia vrs. contenido de aire a 28 días de edad	56
20. Resistencia vrs. número de cilindros a 7 días de edad	57
21. Resistencia vrs. número de cilindros a 14 días de edad	57
22. Resistencia vrs. número de cilindros a 28 días de edad	58

## TABLAS

I.	Resistencia vrs. revenimiento para 7, 14 y 28 días de edad	37
II.	Resistencia vrs. fluidez para 7, 14 y 28 días de edad	38
III.	Resistencia vrs. peso unitario para 7, 14 y 28 días de edad	39
IV.	Resistencia vrs. contenido de aire para 7, 14 y 28 días de edad	40
V.	Resistencia vrs. número de cilindros para 7, 14 y 28 días de edad	41
VI.	“Control de calidad del concreto fluido para relleno estructural” a 7 días de edad	59
VII.	“Control de calidad del concreto fluido para relleno estructural” a 14 días de edad	61
VII.	“Control de calidad del concreto fluido para relleno estructural” a 28 días de edad	62

## GLOSARIO

- Aglomerantes:** Material que al hidratarse se vuelve pastoso, se solidifican y adquieren rigidez. Son utilizados como medio de unión entre dos materiales, formando una masa llamada mortero.
- Apisonamiento:** Apretar o compactar el concreto por medio de un pisón.
- Auto-compactante:** Material fluido que por su propio peso es capaz de colocarse y rellenar espacios poco accesibles llegando a una buena consolidación.
- Carga:** Es la fuerza que actúa sobre un material, suponiendo que esté compuesto de planos paralelos.
- Clinker:*** Es el componente principal del cemento común. Su nombre surge por su color gris característico, igual que el de la piedra que existe en la región de Pórtland, cercana a Londres.
- Compresión:** Es una carga que tiende a causar en algunos casos una reducción de volumen, siempre manteniendo una masa constante.
- Concreto:** Roca artificial proveniente de la mezcla compuesta de piedras, arena, cemento y agua.

- Excavabilidad:** Se define como la facilidad que presenta un terreno para ser excavado.
- Fluidez:** Es la propiedad de algunos materiales semejante a los líquidos, y toman siempre la forma del recipiente donde están contenidos.
- Fraguado:** Endurecimiento de hormigón, yeso y cualquier otra masa que contenga aglomerantes.
- Muestreo:** Es la obtención de una pequeña parte de concreto, la cual es representativa de la cantidad de material a utilizarse para determinar sus características mecánicas.
- Norma:** Documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que proporciona, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para actividades o sus resultados, con el fin de conseguir un grado óptimo de orden en un contexto dado.
- Peso unitario:** Es la masa del material por unidad de volumen, siendo el volumen el ocupado por el material en un recipiente de volumen conocido.

Puzolana: Materiales silíceos, los cuales 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.

Revenimiento: Prueba que permite ver la trabajabilidad del concreto, determinando así, qué tan fácil resulta colocar, manejar y compactar el concreto.



## RESUMEN

El control de calidad del concreto fluido para relleno estructural surge luego de lo ocurrido el 22 de Febrero del año 2007, en donde se produjo un hundimiento en el Barrio San Antonio de la zona 6 capitalina, el cual se debió a un proceso de erosión causado por las aguas de los colectores poniente y oriente que van hacia el río Las Vacas. Se presentaron diferentes soluciones tanto por especialistas en suelos, el Colegio de Ingenieros, CONRED y el Ministerio de Comunicaciones, considerando el Concreto Fluido como la mejor opción para realizar el relleno.

El control de calidad del concreto fluido, que es el objeto de este trabajo de graduación, se realizó en el lugar, tomando muestras diarias a partir del mes de diciembre de 2007 hasta marzo de 2008. Teniendo una gran gama de resultados, los cuales son de gran importancia para tener una buena información en la investigación, ya que en el país no se tiene datos estadísticos de esta clase de material. El muestreo para el control de calidad consistió en la toma de muestra cada 600m<sup>3</sup> vertidos en el hundimiento de la zona 6. Se elaboraron aproximadamente 31 muestreos de los cuales se obtuvieron 153 muestras de concreto fluido (cilindros), realizándoles los siguientes ensayos:

En estado fresco: revenimiento, fluidez, peso unitario, contenido de aire y elaboración de muestras cilíndricas. Mientras que en estado endurecido: resistencia a la compresión.

El control de calidad en el lugar, es de gran importancia y magnitud en la obra, ya que se puede tomar medidas preventivas o correctivas durante el momento de verter el concreto.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL:**

- Determinar la funcionalidad del Concreto Fluido para Rellenos en cuanto a resistencia, manejabilidad y accesibilidad.

### **ESPECÍFICOS:**

1. Aplicar la norma ACI 229 R para controlar el diseño del Concreto Fluido para Rellenos.
2. Aplicar las normas ASTM D4832-02, D5971-07, D6103-04, C939, D6023-07, C143, C39 y sus especificaciones para realizar el control de calidad de cada uno de los ensayos.
3. Obtener resultados del concreto fluido en estado fresco.
4. Determinar resultados de resistencia a compresión del concreto fluido en estado endurecido, a las edades requeridas en las normas.



## INTRODUCCIÓN

En Guatemala, no se le da el debido mantenimiento a las obras de ingeniería civil, ya que éstas tienen una vida útil determinada. Provocando así el colapso de las mismas y afectando el desarrollo de la actividad humana que requiere vías de comunicación y el desarrollo económico, tales como drenajes, conducción de agua potable, carreteras y otras obras.

Debido a la falta de mantenimiento de obras civiles y condiciones geológicas del país, ocurren deslizamientos, aludes y hundimientos tales como, el del 22 de Febrero del año 2007 en el Barrio San Antonio zona 6, el cual se debió a un proceso de erosión causado por las aguas de los colectores poniente y oriente que van hacia el río Las Vacas, dejando así un hundimiento de unos 50 metros de diámetro y 75 de profundidad, por lo tanto, es necesario realizar obras de relleno, para estabilizar, lograr el nivel inicial y reactivar las actividades del lugar.

Luego de analizar las posibles soluciones; estudio geofísico (análisis del suelo con ondas sísmicas y eléctricas), pero debido a las dudas que dejó, se recomendó hacer el análisis geotécnico. El estudio geofísico señala que no hay evidencias de oquedades, fracturas o cavernación en la zona estudiada. Por lo que después de cinco meses de que ocurrió el hundimiento, se concluyó con utilizar Concreto Fluido, teniendo en cuenta que expertos aseguraron que se pudo usar material más económico como, el material selecto, balastro y que además de reducir significativamente los costos, se comprime con su propio peso. Mientras que el Ministerio de Comunicaciones señaló que es imprescindible la utilización de este material.

El motivo del presente trabajo fue realizar pruebas de laboratorio, que se llevaron a cabo conjuntamente con CONRED (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres) y el CII/USAC (Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala), para determinar el control de calidad del concreto fluido para rellenos llamado internacionalmente **Controlled Low-Strength Material (CLSM)**, ya que éste es un material auto-nivelante y auto-compactante que cumple con las necesidades de un relleno de este tipo.

El control de calidad del concreto fluido se llevó a cabo con la realización de diferentes ensayos tanto en estado fresco, como en estado endurecido, siendo estos los siguientes:

**Revenimiento**, consiste en determinar la consistencia del concreto fluido, esta es una medida de la fluidez o la movilidad relativa de la mezcla de concreto fluido. Se tiene que tener en cuenta que el revenimiento –mide el contenido de agua o la trabajabilidad del concreto fluido.

**Fluidez**, es la capacidad que tiene el concreto fluido para compactarse como un líquido en determinadas circunstancias. Es muy importante, pues la mezcla deberá fluir en el lugar y consolidarse debido a su propia consistencia, sin acción de la vibración o agitación.

**Peso Unitario**, se emplea principalmente para determinar o comprobar el rendimiento de la mezcla, determinando el contenido de materiales (cemento, agua y agregado) por metro cúbico de concreto. Después que se ha establecido una proporción para la mezcla, un cambio en el peso unitario indica cambio en uno o más de los otros requisitos del rendimiento del concreto fluido.

**Contenido de Aire**, se sabe que mientras más aire tenga internamente el concreto, su resistencia a la compresión disminuirá, pero también es necesario en casos de tener un clima con condiciones severas de temperaturas muy bajas, ya que el aire incorporado en ciertas cantidades favorece la resistencia a las bajas temperaturas.

**Elaboración de Muestras Cilíndricas**, se muestrearon cinco probetas para la preparación y ensayo de cilindros, pues fue de esta manera que se obtuvieron los especímenes para ser ensayados a compresión

**Resistencia a la Compresión**, se realizaron ensayos a compresión a los cilindros de prueba para conocer de esta manera la resistencia obtenida: dos a la edad de siete días, uno a la edad de 14 días y dos a la edad de 28 días. Se realizaron de esta manera para tener una curva de esfuerzo vrs edad de ensayo mucho más representativa.

También se describe las propiedades del concreto fluido para rellenos, las cuales son muy importantes pues ayudan a conocer mejor el material con que se está trabajando, siendo éstas las siguientes: consistencia, manejabilidad, segregación, exudación la resistencia a la compresión. Ya que es una mezcla diferente al concreto tradicional que se utiliza en cualquier obra civil.

Algunas de las ventajas del concreto fluido para rellenos es que representa una alternativa económica al relleno granular compactado, considerando los ahorros en fuerza de trabajo, equipos, tiempo y que no necesita compactación manual, pues no requiere de personal dentro de la fundición, lo que determina un alto grado de seguridad.

Es importante mencionar que este control de calidad demuestra principalmente la resistencia a compresión obtenida de las muestras, la cual indica, que es mayor a la esperada, pues se obtuvo una resistencia a los 28 días de 20.4 kg/cm<sup>2</sup> y la esperada era de 10.5 kg/cm<sup>2</sup>, determinando de esta manera que el concreto fluido vertido en el Relleno del Barrio San Antonio, zona 6, obtuvo una muy buena resistencia.



## 1. ANTECEDENTES DE LO OCURRIDO EN EL BARRIO SAN ANTONIO ZONA 6, GUATEMALA

Debido al hundimiento ocurrido la noche del 22 de febrero del año 2007 en el Barrio San Antonio zona 6 capitalina, el cual dejó tres personas fallecidas, cientos de damnificados y varias viviendas destruidas. El director de Desarrollo Social, de la municipalidad capitalina, informó que un drenaje tenía varias grietas que ocasionaron que la tierra se acumulara en una intersección con el colector principal. Con el tiempo, esa acumulación de materia obligó a las aguas negras del colector a infiltrarse en el subsuelo, lo cual fue formando una caverna. Los retumbos que durante meses escucharon los vecinos eran bloques de tierra que caían. Finalmente, la cavidad no pudo soportar el peso de la superficie y se produjo el hundimiento, de unos 50 metros de diámetro y 75 de profundidad.

Los estudios geológicos en el barrio San Antonio, zona 6, evidencian que el hundimiento se debió a un proceso de erosión causado por las aguas de los colectores poniente y oriente que van hacia el río Las Vacas. La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, como directora de la comisión interinstitucional de la emergencia en la zona 6, financió los estudios de suelos para determinar las anomalías en el área. Primero, se hizo el estudio geofísico (análisis del suelo con ondas sísmicas y eléctricas), pero debido a las dudas que dejó, se recomendó hacer el análisis geotécnico. El estudio geofísico señala que no hay evidencias de oquedades, fracturas o cavernación en la zona estudiada.

Después de cinco meses que ocurrió el hundimiento en el barrio San Antonio, zona 6, se concluyó con utilizar **Concreto Fluido**, pero expertos aseguraron que se pudo usar material más económico, aunque el Ministerio de

Comunicaciones señaló que es imprescindible la utilización de esa mezcla. Benjamín Cifuentes, analista de suelos, indicó que pudo utilizarse cualquier otro material selecto, como el balastro, que además de reducir significativamente los costos, se comprime con su propio peso. Asegura que sólo debe mojarse lo suficiente para que compacte y tenga la misma resistencia que el material que se utilizará. Según Cifuentes, el costo del balastro sería más barato. Lo anterior es ratificado por Jorge Mario González, presidente del Colegio de Ingenieros, quien asegura que el ripio se utiliza para compactar carreteras y barrancos, y si el mismo se compacta con suficiente agua, se evitarían pequeños hundimientos.

## 2. DEFINICIÓN DE CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO

El concreto fluido es un material auto-compactante de baja resistencia y con consistencia fluida y de bajo costo económico, como otra opción en relleno compactado. El concreto fluido para relleno no es concreto normal, ni se utiliza para sustituirlo. La definición utilizada por el comité 229 del ACI es *Controlled Low-Strength Material (CLSM)*, referente a este tipo de materiales, lo define de la siguiente forma:

“Material cementante auto-compactable de baja resistencia controlada”

El concreto fluido para relleno es un nuevo material, por lo que se puede encontrar con los nombres de; suelo líquido, suelo-cemento líquido, o material de baja resistencia controlada, éste último corresponde principalmente a relleno estructural en lugar de relleno compactado, relleno sin retracción, mortero fluido o mezcla pobre de relleno.

Dentro de las características mecánicas del material; el revenimiento (asentamiento), es generalmente superior a las 8 pulgadas (20cm). Endurece como un material resistente teniendo un revenimiento mínimo. Es un material que no requiere de vibración o golpes para su colocación, ya que es un material que por su fluidez puede ser colocado con un mínimo esfuerzo.

La definición más amplia del concreto fluido para relleno, incluye a los materiales que tienen resistencia a compresión menor que 84.37 kilogramos por centímetro cuadrado (1200 PSI), la mayoría de las aplicaciones empleadas tendrán resistencias menores a 21.1 kilogramo por centímetro cuadrado (300 PSI). La resistencia a los 28 días de edad, deberán estar dentro del rango de

2.1 a 14.1 kilogramos por centímetro cuadrado (30 a 200 PSI). Las resistencias son obtenidas a través de probetas de cilindros normados.

## 2.1 Materiales Utilizados

El concreto fluido para relleno, está compuesto por Cemento Pórtland, arena limosa, agua, aditivos que aseguren la consistencia, fluidez y trabajabilidad, el cual será un agente inclusor de aire.

### 2.1.1 Cemento Pórtland

El cemento se denomina como un aglomerante o conglomerante hidráulico, que mezclado con agregados pétreos (en este caso arena limosa) y agua, crea una mezcla uniforme y resistente.

El Cemento Pórtland es el más utilizado como aglomerante para la preparación de cualquier tipo de concreto y estructura.

Cuando el Cemento Pórtland es mezclado con agua, el producto solidifica en algunas horas y endurece progresivamente durante un período de 24 horas fraguado inicial y 28 días fraguado final. La calidad del Cemento Pórtland deberá cumplir con la norma ASTM C 150.

Uno de los componentes del Cemento Pórtland modificado, es la puzolana. Que es una piedra de naturaleza ácida y muy reactiva.

Los elementos que componen al Cemento Pórtland modificado son aproximadamente, de la siguiente manera:

- 55 - 70% de clinker Pórtland
- 30 - 45% de puzolana
- 2 - 4% de yeso

El Cemento Pórtland con puzolana desarrolla un menor calor de reacción durante el fraguado. Y es un cemento adecuado para ser usado en coladas de grandes dimensiones.

### 2.1.2 Arena limosa (SM)

Este material tiene la función de agregado, en la mezcla del concreto fluido para relleno, aunque esta determinado como un suelo. El cual se clasifica como SM (S = arena, M = Limosa), según las normas AASHTO.

La arena limosa es un suelo granular, según se distribuye el material que pasa el tamiz de 3" = 75 mm; pero no pasa más del 50% por el T#200.

Los suelos granulares se designan con estos símbolos:

Prefijos

**G** = Grava El 50% o más es retenido en el Tamiz #4

**S** = Arena Sí más del 50% pasa el Tamiz #4

Sufijos

**W** = Bien graduado

**P** = Mal graduado

**M** = Limoso

**C** = Arcilloso

Por esta razón el suelo para esta mezcla se clasifica como (SM), teniendo un nombre típico, como Arenas limosas, mezcla de arena – limo. También es un suelo arenoso y limoso, de color pardo claro (beige).

### 2.1.3 Agua

El agua que se utiliza para cualquier mezcla de concreto debe ser preferiblemente potable, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, metales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas. El agua de mar o agua salobres y de pantanos no debe usarse para este tipo de mezcla.

El agua proveniente de abastecimientos o sistemas de distribución de agua potable, puede usarse sin ensayos previos.

### 2.1.4 Aditivo (includor de aire)

El aditivo otorga diversas características al concreto, distintas a las que este ya tiene. Los aditivos, se utilizan para modificar y mejorar las propiedades del concreto tanto en estado fresco como endurecido.

El aditivo includor de aire, ayuda a incorporar micro-partículas de aire al concreto fluido. Se utiliza para concreto sometido a congelamiento y deshielo, ya que el aire incorporado absorbe la expansión, evitando así que éste rompa el concreto. Además, la incorporación de aire mejora la trabajabilidad del concreto en estado fresco y la durabilidad en estado endurecido. La incorporación de aire disminuye la resistencia a la compresión del concreto. El aire incorporado por este mecanismo oscila entre un 10 y un 12% dependiendo de la dosificación de

aditivo y la cantidad de finos. También permite concreto de menor densidad y mejora la propiedad del aislamiento acústico y térmico.

## 2.2 Características mecánicas de los materiales

Las características mecánicas de los materiales son las propiedades inherentes que permiten diferenciar un material de otros, desde el punto de vista del comportamiento mecánico de los materiales en ingeniería, también hay que tener en cuenta el comportamiento que puede tener un material.

Entre estas características mecánicas se tiene: resistencia a esfuerzos de tracción, compresión, flexión y torsión, así como desgaste y fatiga, dureza, elasticidad, tenacidad, fragilidad y cohesión.

Además de estas propiedades mecánicas, cabe destacar cuando se elige un material para un componente determinado, la densidad y el color. La densidad es un factor importante para el diseño de mezcla porque con él se puede determinar la cantidad de agregado requerido para un volumen unitario de concreto fluido, debido a que los poros interiores de las partículas de agregado van a ocupar un volumen dentro de la masa de concreto fluido y además porque el agua se aloja dentro de los poros saturables.

Debido a que cada material se comporta diferente, es necesario analizar su comportamiento mediante pruebas experimentales.

Entre las características mecánicas más comunes del concreto fluido para relleno es la resistencia a la compresión, tracción, flexión y tracción

indirecta. Por lo general, el control del concreto fluido se realiza por ensayos de resistencia a compresión.

### 3. ENSAYOS Y NORMAS

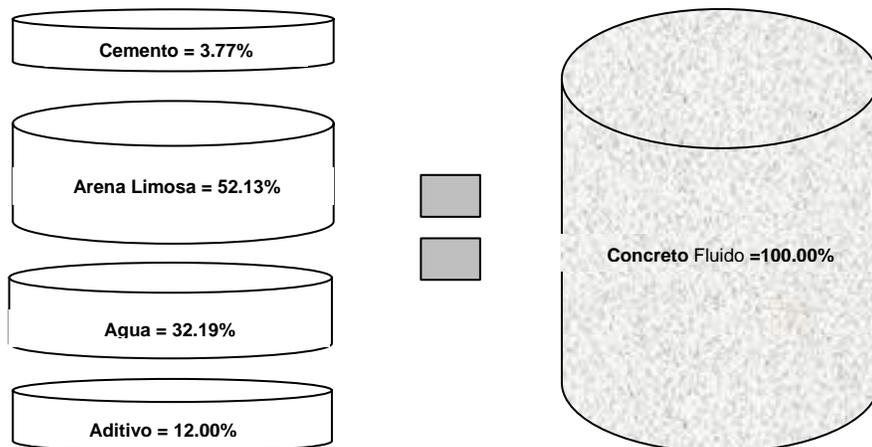
Las Normas establecen los métodos y especificaciones de prueba que debe cumplir todo Concreto Fluido en su elaboración.

El objetivo al diseñar una mezcla de concreto fluido consiste en determinar la combinación más práctica y económica de los materiales con los que se dispone, para producir un concreto fluido que satisfaga los requisitos de comportamiento bajo las condiciones particulares de su uso.

Para lograr tal objetivo, una mezcla de concreto fluido bien proporcionada deberá cumplir con las propiedades siguientes:

- En estado fresco, trabajabilidad aceptable.
- En estado endurecido, durabilidad, resistencia y presentación uniforme.
- Economía.

**Figura 1. Proporción en peso utilizada para concreto fluido en rellenos estructurales**



### 3.1 Pruebas de material fresco

El concreto fresco es aquel recién preparado cuyo estado es plástico y moldeable, en el cual no se produce el fraguado ni el endurecimiento y adopta la forma del relleno para el cual se trabaja.

Al decir concreto fluido, se exige de él una serie de condiciones según el tipo de obra o relleno para el cual se va a emplear, si resulta manejable, transportable y de fácil colocación, sin que pierda su homogeneidad, se dice que es un concreto fluido dócil. Para que tenga la docilidad requerida deberá representar consistencia y cohesión adecuada.

La facilidad con que el concreto fluido se deforma da la medida de consistencia, esta se medirá por el revenimiento en el cono de Abrams, la consistencia puede ser:

- Seca
- Plástica
- Blanda fluida
- Líquida

La facilidad con que el concreto fluido sea capaz de segregarse da la idea de su cohesión, a las mezclas muy cohesivas se conocen como viscosas, que son las que no segregan fácilmente; mientras que las mezclas poco cohesivas presentan una gran tendencia a segregarse.

El proceso de la toma de muestras está normado por la Norma ASTM C-172, -Práctica normalizada para el muestreo del concreto fresco recién

mezclado-, de donde esta práctica es determinante para proporcionar los datos y procedimientos estándar, a fin de muestrear correctamente.

Se debe tener en cuenta que para el control de calidad del concreto se deberá realizar los siguientes ensayos:

- Revenimiento
- Fluidez
- Peso unitario
- Contenido de aire
- Elaboración de cilindros

Los ensayos para el control de calidad se deberán hacer 15 minutos desde la elaboración de revenimiento hasta el ultimo cilindro. Es recomendable obtener una cantidad suficiente de concreto fluido para realizar los ensayos antes mencionados, teniendo en cuenta que debe homogeneizarse todo con una pala para utilizar una porción representativa, haciéndose en el menor tiempo posible cumpliendo así el límite de tiempo establecido en la Norma ASTM C-172.

Se recomienda que se inicie con las pruebas de revenimiento, fluidez, peso unitario y contenido de aire, dentro de los primeros cinco minutos, luego se realiza el llenado de los especímenes para las pruebas de resistencia, protegiendo la muestra del ataque de los rayos solares, viento, vibraciones y otras fuentes que puedan provocar que se evapore rápidamente la humedad contenida, así como cualquier contaminación y alteración en la muestra del concreto fluido.

El control de calidad del concreto fluido depende en primera instancia de los procedimientos de muestreo en estado fresco, que permitan contar con porciones representativas para el análisis correspondiente. Es por ello que se trabaja con los siguientes ensayos:

- Revenimiento (ASTM C143-90)
- Fluidez (ASTM C939-02)
- Peso unitario (ASTM D6023-07)
- Contenido de aire (ASTM D6023-07)
- Preparación de ensayos de cilindros (ASTM D4832-02)

#### 3.1.1 Revenimiento (ASTM C143-90)

El propósito principal de esta prueba consiste en determinar la consistencia del concreto fluido, esta es una medida de la fluidez o la movilidad relativa de la mezcla de concreto fluido. Se tiene que tener en cuenta que el revenimiento mide el contenido de agua o la trabajabilidad del concreto fluido.

Algunos de los factores en las propiedades de los agregados que si afectan el revenimiento son la granulometría, proporciones de la mezcla, contenido de aire, temperatura del concreto fluido o el uso de aditivos especiales y también pueden afectar inversamente en el concreto fluido provocando así un cambio en la demanda del contenido de agua para mantener el revenimiento que se desea.

Para poder realizar este ensayo es necesario contar con el siguiente equipo:

- Cono de Abrams de 12 pulgadas de alto con la base de 8 pulgadas de diámetro en la parte inferior y en la parte superior de 4 pulgadas.
- Varilla de apisonamiento de 24 pulgadas de longitud y 5/8 de pulgada de diámetro, lisa y de punta redonda
- Placa metálica
- Cinta métrica
- Cucharón

**Figura 2. Equipo para el ensayo de revenimiento**



Procedimiento:

- Humedecer la base del cono y la placa metálica.
- Apoyar el cono firmemente sobre la placa metálica, parándose sobre los dos apoyos salientes para los pies, debe tenerse en cuenta que no debe moverse durante el tiempo de llenado.
- Con el cucharón sacar el concreto fluido para depositarlo en el cono.
- Llenar el cono en tres capas aproximadamente iguales, apisonado en cada capa todo su espesor 25 veces, distribuyéndolos uniformemente, teniendo en cuenta que la

segunda y la tercera capa penetren una pulgada en la capa anterior.

- Al apisonar la última capa, debe mantenerse todo el tiempo un exceso de concreto fluido por encima del cono, luego se enrasa el cono con la varilla para quitar el exceso que exista.
- Levante el cono hacia arriba, con un movimiento suave, sin que exista torsión en un tiempo de  $5 \pm 2$  segundos, y coloque a la par del concreto fluido el cono de forma inversa para medir el revenimiento.
- Mida con la cinta métrica el revenimiento, colocando la varilla sobre el cono y midiendo desde el borde superior del cono que se formo de concreto fluido hasta el centro original de la varilla.

### 3.1.2 Fluidez (ASTM C939-02)

Es la capacidad que tiene el concreto fluido para compactarse, por su misma condición fluida y su propio peso, en determinadas circunstancias, se logra medir esta propiedad, mediante la mesa de sacudidas.

La fluidez del relleno fluido es muy importante, pues la mezcla deberá fluir en el lugar y consolidarse debido a su propia consistencia, sin acción de la vibración o agitación. La consistencia puede variar para adecuarse a los requerimientos de la colocación de la mayoría de las aplicaciones. La presión hidráulica y la flotación de las tuberías debe ser considerada para asegurar el anclaje apropiado de las mismas.

También se puede obtener al mismo tiempo de estar efectuando el ensayo de revenimiento, ya que al levantar el cono de Abrams, el concreto

fluido se expande por toda la lámina metálica y es en ese momento donde se mide el diámetro que forma toda la mezcla, está no debe exceder de 20 pulgadas radiales.

Para poder realizar este ensayo es necesario contar con el siguiente equipo:

- Cono de Abrams de 12 pulgadas de alto con la base de ocho pulgadas de diámetro y la parte superior de cuatro pulgadas.
- Varilla de apisonamiento de 24 pulgadas de longitud y 5/8 de pulgada de diámetro, lisa y punta redonda
- Espátula razardora
- Placa metálica
- Cinta métrica

**Figura 3. Equipo para el ensayo de fluidez**



### 3.1.3 Peso unitario (ASTM D6023-07)

Es el peso apisonado, expresado en kilogramos por metro cúbico, de una muestra representativa del concreto fluido, se emplea principalmente para:

- Determinar o comprobar el rendimiento de la mezcla.

- Determinar el contenido de materiales (cemento, agua y agregado) por metro cúbico de concreto, así como el contenido de aire.
- Verificar la calidad del concreto y de su grado de compactación.

También es una importante herramienta que se utiliza para poder controlar la calidad del concreto fluido recién mezclado. Después que se ha establecido una proporción para la mezcla de concreto fluido, un cambio en el peso unitario del concreto fluido indica un cambio en uno o más de los otros requisitos del rendimiento del concreto fluido.

Cuando el peso unitario es muy bajo, puede indicar cinco factores importantes que lo afectaron siendo los siguientes:

- Que los materiales han cambiado teniendo menor gravedad específica.
- Un mayor contenido de aire
- Un mayor contenido de agua
- Un cambio en las proporciones de los componentes
- Un menor contenido de cemento

Y cuando sucede que el peso unitario es más alto, indica lo inverso de las características anteriormente descritas.

El peso unitario es conocido también como: peso volumétrico o masa unitaria de un agregado, este es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado.

Masa unitaria: la típica varía entre 1,600 y 1,900 kg/m<sup>3</sup> y ocasionalmente se especifican valores más ligeros. Esta propiedad es importante para el diseño y control de calidad de la mezcla, y es relevante por las características de conductividad térmica y excavabilidad que presentará el relleno una vez endurecido.

El peso unitario del concreto varía, dependiendo de la cantidad y de la densidad relativa del agregado, de la cantidad del aire atrapado o intencionalmente incluido, y de los contenidos de agua y de cemento, mismos que a su vez se ven influenciados por el tamaño máximo del agregado.

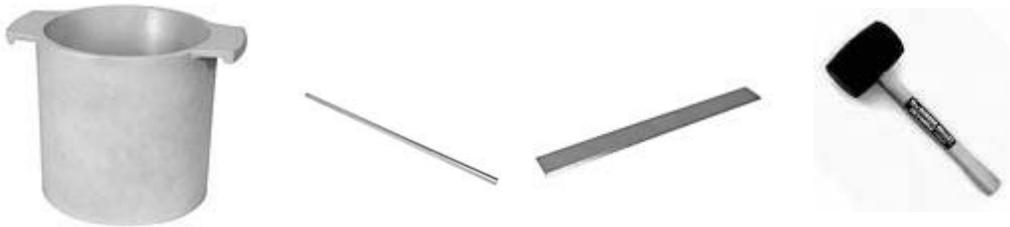
Una parte del agua de mezclado se combina químicamente con el cemento durante el proceso de hidratación, transformando al cemento en gel de cemento. También un poco de agua permanece retenida herméticamente en poros y capilares y no se evapora bajo condiciones normales. La cantidad de agua que se evapora al aire a una humedad relativa del 50% es de aproximadamente 2% a 3% del peso del concreto fluido, dependiendo del contenido inicial de agua del concreto, de las características de absorción de los agregados y del tamaño de la estructura.

Para poder realizar este ensayo es necesario contar con el siguiente equipo:

- Recipiente
- Varilla de Apisonamiento de 24 pulgadas de longitud y 5/8 de pulgada de diámetro, lisa y punta redonda
- Espátula razadora

- Martillo de hule

**Figura 4. Equipo para el ensayo de Peso Unitario**



Procedimiento:

- Determinar el peso del recipiente ya sea en libras o kilogramos.
- Colocar concreto fluido en el recipiente en tres capas iguales aproximadamente de igual volumen, para consolidarse por varillado.
- Apisonar cada capa con la varilla de compactación 25 veces distribuidos equitativamente en forma de espiral, teniendo el cuidado que la primera capa no golpee el fondo del recipiente y las últimas dos en todo su espesor de modo que solo penetren aproximadamente una pulgada la capa anterior.
- Después de apisonar cada capa, golpear con el martillo de hule alrededor del recipiente de 10 a 15 veces.
- Quite todo el concreto excedente usando la espátula razardora y si es necesario agregue una pequeña cantidad de concreto fluido para corregir un faltante después de la compactación de la capa final.

- Enrase el concreto fluido hasta lograr una superficie acabada con la espátula razardora.
- Tome el peso final y calcule.

#### 3.1.4 Contenido de aire (ASTM D6023-07)

Mientras más aire tenga internamente el concreto, la resistencia a la compresión disminuirá, pero también es necesario en casos de tener un clima con condiciones severas de temperatura muy baja, ya que el aire incorporado en ciertas cantidades favorece la resistencia a las bajas temperaturas, sobre todo en casos en que el agua atrapada internamente aumenta su volumen cuando entra en congelamiento.

##### a. Base del procedimiento

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

El equipo que se utiliza para este ensayo es el tipo B de la Norma ASTM C 231-78 (aparato tipo Washington), el que está equipado con un dial que registra directamente el contenido de aire, en porcentaje (%), con respecto al volumen del concreto fluido.

El procedimiento es aplicable a concreto fluido fabricado con árido de densidad normal y tamaño máximo no superior a 50 mm.

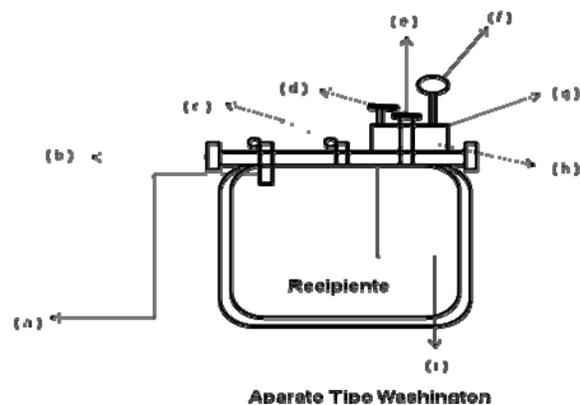
##### b. Equipo

El equipo de medición de aire consta de un recipiente con tapa de acero

cuya capacidad mínima es de siete litros. La tapa está provista de un ajuste de goma o caucho para cierre hermético con el recipiente y lleva además los siguientes elementos como se ve en la figura:

- a) Tubo de extensión (calibración)
- b) Llaves de aprete
- c) Llaves de agua
- d) Bomba de aire
- e) Válvula de aire
- f) Manómetro
- g) Válvula de purga
- h) Cámara de presión
- i) Tapa de acero

**Figura 5. Equipo para el ensayo de contenido de aire**



### c. Accesorios

Para terminar el ensayo se requiere de otros elementos para apisonar, vibrar, enrasar, etc., y así obtener mejores resultados.

#### d. Calibración

Es necesario tener calibrado el aparato, debido a su uso muy frecuente o al estar largo tiempo sin usarse, este pudo haber sufrido golpes o maltrato, pues es un equipo muy sensible y puede provocar que al momento de tomar la lectura, no sea correcta y afecte los resultados finales. La calibración debe realizarse en un laboratorio calificado, el cual extenderá un Certificado de Calibración.

#### e. Procedimiento

- Muestra de ensayo: El tamaño de la muestra de concreto fluido fresco deberá ser superior a 30 litros.

- Colocación y compactación de la muestra: Llenar el recipiente con la muestra de concreto fluido según el método de compactación que se aplique.

\* Apisonado: Se aplica cuando la docilidad es mayor a cinco cm de revenimiento. La Colocación del concreto fluido en tres capas de igual volumen. Se debe apisonar cada capa con 25 golpes distribuidos en toda el área. La capa inferior se apisona en toda su altura sin golpear el fondo y las capas superiores se apisonarán de modo que el pisón penetre aproximadamente una pulgada la capa anterior. Después de apisonar, se golpea los costados del recipiente de 10 a 15 veces con un mazo de hule, para que segregue correctamente.

\* Vibrado: Se aplica este procedimiento al concreto fluido con docilidad máxima de 10cm de revenimiento. Llenando dos capas de igual volumen, vibrando cada capa con una o dos inserciones del vibrador, sin tocar con éste las paredes ni el fondo del recipiente, ya que esto afecta el resultado final. La vibración se aplicará hasta que la superficie del concreto fluido tenga una apariencia suave y brillante, retirando lentamente el vibrador. Evitándose la

sobre vibración. Una vez compactada la muestra, se enrasa y alisa la superficie ajustadamente al nivel del borde del recipiente.

- Medida del contenido de aire: Limpiar los bordes y en especial la goma de sello, colocar la tapa y ajustar herméticamente con las llaves de aprete. Cerrar las válvulas de aire y abrir las llaves de agua. Mediante una jeringa de goma introducir agua por una de las llaves de agua hasta que fluya por la otra llave.

Golpear lateralmente con un mazo de goma, para expulsar burbujas de aire atrapadas en el agua introducida. Bombear aire a la cámara de presión hasta que la aguja del dial llegue a la marca de presión inicial. Reposar algunos segundos para enfriar el aire comprimido. Estabilizar la aguja, mediante bombeos o purga, en la marca de presión inicial. Cerrar las dos llaves de agua y abrir la válvula de entrada de aire comprimido de la cámara de aire al recipiente. Golpear suavemente los costados del recipiente, como también la tapa del dial para estabilizar la lectura.

Leer con aproximación a 0.1% el contenido de aire registrado en el dial. Antes de abrir la tapa, mantener cerradas las válvulas de aire y abrir las llaves de agua para liberar la presión de aire existente en el recipiente. En algunos casos, antes de abrir el recipiente, se puede repetir toda la operación de bombeo y traspaso de presión al recipiente. La nueva lectura no debe alejarse más de 0.5% de la lectura anterior.

### 3.1.5 Preparación de Ensayos de Cilindros (ASTM D4832-02)

La preparación y ensayo de cilindros de prueba ayuda a testificar la calidad del concreto fluido usado en la obra. Cada ensayo debe constar de la rotura de por lo menos cuatro especímenes de prueba. La edad normal para

ensayos de los cilindros será de veintiocho (28) días, pero para anticipar información que permitirá la marcha de la obra sin demoras extremas, dos de los cilindros de cada ensayo serán probados a la edad de siete (7) días, calculándose la resistencia correlativa que tendrá a los veintiocho (28) días.

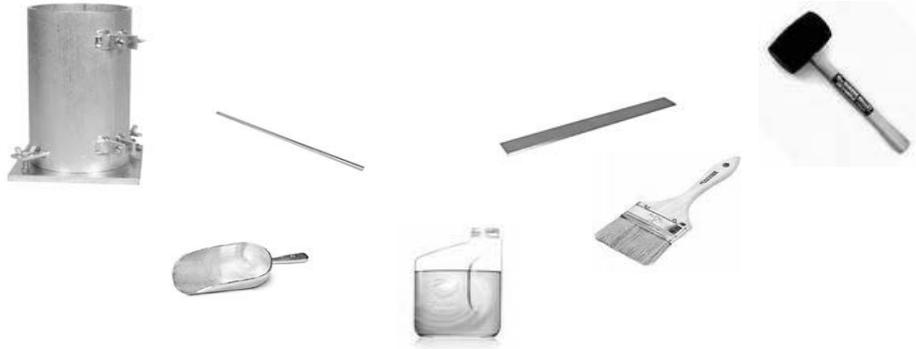
Durante el avance de la obra, el Interventor podrá tomar las muestras o cilindros al azar que considere necesarios para controlar la calidad del concreto fluido. Se recomienda una prueba de rotura por cada diez metros cúbicos de mezcla a utilizar. Cuando el volumen de concreto a vaciar en un (1) día sea menor de diez metros cúbicos, se recomienda sacar una prueba de rotura por cada elemento estructural a fundir.

La resistencia promedio de todos los cilindros será igual o mayor a las resistencias especificadas, y por lo menos el 90% de todos los ensayos indicarán una resistencia igual o mayor a esa resistencia.

Para realizar este ensayo es necesario contar con el siguiente equipo:

- Molde para cilindros normado, de 15 x 30 cm
- Varilla de apisonamiento de 24 pulgadas de longitud y 5/8 de pulgada de diámetro, lisa y punta redonda
- Espátula razadora
- Martillo de hule
- Cucharón
- Aceite para engrasar los moldes
- Brocha para engrasar los moldes

**Figura 6. Equipo para preparación de ensayos de cilindros**



Procedimiento:

- Engrasar los moldes, para evitar que el concreto fluido se pegue al molde.
- Colocar los moldes en una superficie horizontal rígida nivelada y libre de vibraciones.
- Seleccionar la muestra representativa de concreto fluido.
- Coloque el concreto fluido en el molde, girando el cucharón alrededor del borde superior del molde, a medida que el concreto es descargado.
- Distribuya el concreto fluido utilizando la varilla.
- Llene el molde en tres capas aproximadamente iguales, apisonar cada capa 25 veces distribuyendo uniformemente los golpes. Debe tenerse cuidado que en la primera capa no se golpee el fondo del molde, mientras que en las últimas dos se penetre en su espesor y una pulgada de la capa anterior.
- Después de apisonar cada capa, de 10 o 15 ligeros golpes alrededor del molde con el martillo de hule, evitando así que queden vacíos por la varilla.
- Enrase la superficie con la espátula razardora, teniendo el cuidado de no afectar el espécimen.

- Por último cubra los especímenes con una hoja, tapa o placa no absorbente y no reactiva, para evitar que se contaminen.

### 3.2 Pruebas de Material Endurecido:

Un concreto fluido será bueno si es durable. La durabilidad expresa la resistencia al medio ambiente.

La impermeabilidad, directamente relacionada con la durabilidad, se consigue con la consolidación, relación agua/cemento adecuada y curado conveniente, según el lugar donde se encuentra la obra.

El ensayo de resistencia es el más importante para el concreto fluido ya que constituye la base para determinar la calidad del producto. Por lo general, un concreto fluido de resistencia elevada es un buen concreto fluido, siempre y cuando esta no se obtenga aumentando la cantidad de cemento con el fin de reducir la relación agua/cemento, es preciso tener las precauciones necesarias durante la puesta en obra y curado para reducir los efectos de acortamiento.

#### 3.2.1 Resistencia a Compresión (ASTM C39)

Es necesario conocer la resistencia a compresión que tendrá el concreto fluido, pues esto ayudará a determinar si se está trabajando con lo que se requiere para la obra que esté en ejecución.

Los valores convencionales de resistencia a compresión varían entre 10 y 30 kg/cm<sup>2</sup>. Se han producido rellenos fluidos con resistencias mayores, y

como límite superior puede considerarse el establecido por el comité ACI 229, que limita la resistencia de los CLSM a 1,200 PSI, que equivalen a 84 kg/cm<sup>2</sup>.

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto fluido o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm<sup>2</sup>) a una edad de 28 días; se le conoce con el símbolo  $f'_c$ . Para determinar la resistencia a la compresión, se realizan pruebas de especímenes; los ensayos a compresión del concreto fluido se efectúan sobre cilindros que miden 15 cm de diámetro y 30 cm de altura. La resistencia del concreto fluido a la compresión es una propiedad física fundamental.

Para una posterior remoción la resistencia última del relleno fluido debe permanecer por debajo de las 200 libras por pulgada cuadrada (1.4MPa) para permitir la excavación con equipos mecánicos, como las retroexcavadoras. Para la excavación manual la resistencia última debe ser menor que 50 libras por pulgada cuadrada (0.3MPa). Las mezclas que contienen grandes cantidades de agregado grueso son más difíciles de excavar. Las mezclas con aire incorporado por encima de un 20% en volumen son utilizadas para mantener la resistencia baja.

Los rellenos estructurales de más alta resistencia pueden ser diseñados para una resistencia específica requerida. La resistencia a compresión de 20 a 100 libras por pulgada cuadrada (0.3 a 0.7MPa) da una capacidad importante permisible similar a un suelo bien compactado.

Para obtener una carga axial pura los especímenes (cilindros) del concreto fluido, se deberá nivelar las dos caras del cilindro con azufre. Ya que

el azufre elimina las imperfecciones que tenga el cilindro en sus caras. Garantizando así que la carga se aplique de forma axial al cilindro.

Para poder realizar este ensayo es necesario contar con el siguiente equipo:

- Olla de azufre
- Azufre
- Cucharón
- Molde para nivelación de cilindros
- Aceite
- Brocha para engrasar molde y cilindros
- Vernier
- Balanza 20 kilogramos de capacidad
- Maquina a compresión

**Figura 7. Equipo para ensayo de resistencia a compresión**



Procedimiento:

- Encienda la olla para diluir el azufre a 160°C (320°F), 30 minutos antes de iniciar el ensayo.
- Remueva la humedad almacenada durante el curado, en la superficie del cilindro a ensayar, con un paño húmedo, 1 hora antes de ser ensayado.
- Mida el diámetro del cilindro, arriba, en el centro y abajo y anote el resultado, para tener el promedio de las características físicas iniciales del espécimen.
- Pese el cilindro y anote el resultado.
- Limpie el molde para nivelación de cilindros.
- Nivele el cilindro con azufre en estado líquido.
- Engrase el molde y los extremos del cilindro con aceite.
- Coloque azufre líquido en el plato de nivelación.
- Coloque el cilindro en la base vertical y deslice lentamente hasta llegar a la base horizontal.
- Coloque el cilindro en la máquina de ensayo.
- Alineé el cilindro entre el centro del plato y la rotula en la máquina a compresión.
- Aplique carga a una velocidad alta girando el mando central en dirección a la agujas del reloj hasta el instante que inicie a girar la aguja del manómetro, en este instante gire el mando central lentamente en contra de la agujas del reloj hasta alcanzar una velocidad de compresión constante de 1,3mm/min, hasta que el espécimen falle.
- Anote la carga máxima.
- Retire el cilindro ensayado y quite el azufre con espátula de los extremos del mismo, depositando el azufre en una bandeja para su reciclado y el cilindro en la mesa o el carretón de ripio. Y limpie toda el área de trabajo.
- Calcule el esfuerzo del cilindro.

## **4. PROPIEDADES DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENOS (CLSM)**

### 4.1 Consistencia

Es llamada también como la fluidez de la pasta y está influenciada directamente por el agua de mezclado y la lubricación de los agregados necesaria para la manejabilidad del concreto. También está relacionada con la plasticidad. La consistencia Normal del concreto es cuando esta alcanza su estado de plasticidad, es decir el concreto se puede manejar, modelar, sin sufrir cambios de volumen especiales y sin agrietarse. Consistencia igual a Humedad de la mezcla.

### 4.2 Manejabilidad (trabajabilidad)

Definida como trabajabilidad, es la propiedad del concreto fresco que determina su facilidad para ser Transportado, Colocado, Vibrado y Moldeado moderadamente. Físicamente se define como el trabajo necesario para vencer la Fricción entre las partículas individuales del concreto y también los del concreto como tal y la formaleta y el acero de refuerzo.

Factores que afectan la manejabilidad:

- Contenido de agua de mezclado
- Tipo de cemento y sus propiedades.
- Fluidez de la pasta.
- La granulometría de los agregados.
- Forma y textura.
- Relación arena-grava. (importante).
- Contenido de aire.

- Relación pasta-agregado.
- Aditivos.
- Clima.
- Condiciones de producción y colocación.

Medida de la manejabilidad: Obedece a los requerimientos de las especificaciones técnicas de construcción. Se relaciona directamente con el revenimiento máximo de la mezcla (slump).

#### 4.3 Segregación

Consiste en la separación de los materiales de la mezcla de concreto, por la pérdida de cohesión original y por la mala distribución de los agregados.

La segregación puede causar bajas resistencias y mayores contracciones en el concreto. Algunas de las recomendaciones para evitar segregaciones son: colocar el concreto lo más cerca posible de su posición final, no verter concreto de una altura mayor a 1m, evitar altos revenimientos en la mezcla.

Esta tiene dos causas:

- **Internas:** Diferencias del tamaño de partículas, mala distribución granulométrica, diferencias de densidades de los componentes y mala proporción de la mezcla.
- **Externas:** Manejo mal proporcionado, mala colocación, mal mezclado, poco mezclado, transporte demasiado largo y con vibraciones y sobre vibración al momento de colocarlos.

La segregación se presenta en dos formas:

- a) **Por la separación entre agregados gruesos y finos:** Ya sean porque se aglomeran o porque se van al fondo de los elementos estructurales en concreto ya sea por la acción de la gravedad, esto produce lo que se llama hormigoneo o las famosas cucarachas, generalmente se presentan porque las mezclas están muy secas.
- b) **Por la separación entre la pasta y los agregados:** En este caso se presenta por el exceso de humedad, la forma más común de corregir la segregación es usando ventanas (elaborar accesos a alturas no mayores de 2 metros) en los elementos estructurales al fundir.

#### 4.4 Exudación

También se le conoce con el nombre de sangrado. Es un tipo de segregación en la que parte del agua de la mezcla tiende a subir a la superficie del concreto fluido recién colocado. Esto se debe a que los componentes sólidos de la mezcla no pueden retener toda el agua de mezclado cuando se asientan en el fondo.

Por causa de la exudación la superficie del concreto fluido puede quedar demasiado húmeda y así el agua queda atrapada entre elementos superpuestos de concreto el resultado puede ser un concreto poroso, débil y poco durable.

#### 4.5 Resistencia a la compresión

Los valores convencionales de resistencia a compresión del concreto fluido para relleno varían entre 10 y 30 kg/cm<sup>2</sup>. El concreto fluido con resistencia mayor a 50 kg/cm<sup>2</sup> tienden a comportarse más como un concreto. Por lo general, el concreto fluido para relleno no se requiere de resistencia mayor a 30 kg/cm<sup>2</sup>.

El concreto fluido para relleno es considerado como un suelo de gran soporte de cargas, ya que un suelo bien compactado tiene una resistencia de 6 a 8 kg/cm<sup>2</sup>. En cambio la resistencia límite del concreto fluido para relleno es de 30 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.6 Ventajas y desventajas

El concreto fluido para relleno es una alternativa económica al relleno granular compactado, considerando los ahorros en fuerza de trabajo, equipos y tiempo. Considerando que no necesita compactación manual.

La colocación del concreto fluido para relleno no requiere de personas dentro de la fundición, lo que representa un determinado grado de seguridad.

El concreto fluido para relleno es además una solución excelente para el relleno de áreas inaccesibles, tales como tanques subterráneos o soterrados, donde el relleno compactado no puede ser colocado.

## 5. PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN EN OBRA

Los rellenos fluidos se preparan utilizando los mismos elementos empleados habitualmente para los hormigones y morteros.

La colocación de los Rellenos fluidos se puede realizar con los medios comunes empleados en obra; se vierte desde la canaleta del camión hormigonero, empleando baldes movidos por grúas, cintas o incluso bombeado. En este último caso, se recomienda el empleo de una bomba de baja presión o bombas rotativas. Cuando esto no sea posible se utilizará el método de colocación que resulte más adecuado para las condiciones particulares de obra.

### 5.1 Tipo de mezclado

Esto hace que sean fácilmente suministrables desde las plantas hormigoneras, tanto dosificadoras como con amasadora. Al igual que los hormigones, los materiales se dosifican y mezclan en un orden preestablecido obteniéndose un producto uniforme con características geológicas perfectamente controladas.

Cuando la ubicación y características de la obra lo permiten el material se descargará directamente desde la canaleta del camión mezclador al lugar de emplazamiento evitando el manipuleo excesivo del material.



## 6. CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL A EVALUAR

El concreto fluido para relleno es un cementante que es empleado en obras de nivelación de terreno. Entre sus características es autocompactado y no requerir colocación en capas. Se fabrica de la misma manera que el concreto premezclado. Su colocación es similar a la del concreto, pero su uso es característico propio de los suelos.

Se considera un concreto de baja resistencia, que se utiliza para relleno y nivelación. Tampoco se lo considera un suelo-cemento ya que por definición no requiere compactación ni colocación en capas, ni curado.

Debe considerarse que el concreto fluido para relleno que no está diseñado para resistir la acción de esfuerzos erosivos o abrasivos, ni la acción de químicos altamente agresivos.

### 6.1 Obtención de muestras

Para la obtención de muestras para el control de calidad se deberá obtener un volumen mínimo de 1 pie<sup>3</sup>, el cual se utilizará para los ensayo de revenimiento, fluidez, peso unitario, contenido de aire y la elaboración de 6 cilindros, ensayados a compresión de 7, 14 y 28 días.

### 6.2 Dosificación de los componentes del concreto fluido para rellenos (proporciones)

La proporción utilizada para 1m<sup>3</sup> de concreto fluido para el hundimiento del Barrio San Antonio de la zona 6, véase el siguiente cuadro:

	Kg/m <sup>3</sup>	% Peso
Cemento 5,000 PSI	115.00	3.77%
Arena limosa	1140.20	52.13%
Agua	321.00	32.10%
Sikalightcrete	0.27	12.0%
Total	1576.47	100.00%

## 7. RESULTADOS

Realizados los ensayos de acuerdo a los requerimientos de las normas, a continuación se presentan los datos obtenidos, los cuales fueron tomados de las tablas que se encuentran en el apéndice B.

### 7.1 Resultados del concreto fluido a 7, 14 y 28 días de edad.

#### 7.1.1 Revenimiento

Tabla I. Resistencia vrs. revenimiento para 7, 14 y 28 días de edad

7 Días		14 Días		28 Días		
REVENIMIENTO EN cm	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>	REVENIMIENTO EN cm	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>	REVENIMIENTO EN cm	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>	
22.9	11.8	22.9	20.3	22.9	27.5	
26.0	8.6	26.0	13.6	26.0	24.3	
24.8	7.2	24.8	10.0	24.8	13.9	
24.8	8.9	24.8	14.0	24.8	18.0	
25.4	7.0	25.4	13.1	25.4	17.1	
22.2	10.7	22.2	15.3	22.2	21.1	
23.5	13.6	23.5	21.1	23.5	26.1	
24.8	10.4	24.8	15.2	24.8	20.3	
21.6	11.0	21.6	12.6	21.6	25.6	
21.6	8.9	21.6	13.4	21.6	18.1	
22.2	12.3	22.2	18.1	22.2	24.6	
24.8	9.8	24.8	15.4	24.8	22.2	
22.9	10.9	22.9	22.8	22.9	27.9	
<b>Promedio</b>	<b>23.6</b>	<b>10.1</b>	<b>23.6</b>	<b>15.7</b>	<b>23.6</b>	<b>22.1</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>1.52</b>	<b>1.92</b>	<b>1.52</b>	<b>3.75</b>	<b>1.52</b>	<b>4.41</b>
<b>Coefficiente de Variación</b>	<b>7.02%</b>	<b>22.46%</b>	<b>7.02%</b>	<b>23.56%</b>	<b>7.02%</b>	<b>24.64%</b>

Véase figuras 8,9 y 10 apéndice A

## 7.1.2 Fluidez

Tabla II. Resistencia vrs. fluidez para 7, 14 y 28 días de edad

7 Días		14 Días		28 Días	
FLUIDEZ EN cm	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>	FLUIDEZ EN cm	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>	FLUIDEZ EN cm	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>
38.1	11.8	38.1	20.3	38.1	27.5
49.5	7.2	49.5	10.0	49.5	13.9
45.7	8.9	45.7	14.0	45.7	18.0
48.3	11.5	48.3	18.8	48.3	22.8
50.8	4.6	50.8	12.1	50.8	12.1
46.4	7.0	46.4	13.1	46.4	17.1
47.0	5.7	47.0	11.1	47.0	14.3
47.0	7.0	47.0	11.4	47.0	16.8
37.5	13.6	37.5	21.1	37.5	26.1
47.1	10.4	47.1	15.2	47.1	20.3
34.9	8.9	34.9	13.4	34.9	18.1

<b>Promedio</b>	<b>44.8</b>	<b>8.8</b>	<b>44.8</b>	<b>14.6</b>	<b>44.8</b>	<b>18.8</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>5.3</b>	<b>2.8</b>	<b>5.3</b>	<b>3.8</b>	<b>5.34</b>	<b>4.96</b>
<b>Coefficiente de Variación</b>	<b>15.28%</b>	<b>22.87%</b>	<b>15.28%</b>	<b>23.87%</b>	<b>15.30%</b>	<b>24.55%</b>

Véase figuras 11,12 y 13 apéndice A

### 7.1.3 Peso Unitario

Tabla III. Resistencia vrs. peso unitario para 7, 14 y 28 días de edad

7 Días		14 Días		28 Días	
PESO UNITARIO EN kg/m <sup>3</sup>	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>	PESO UNITARIO EN kg/m <sup>3</sup>	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>	PESO UNITARIO EN kg/m <sup>3</sup>	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>
1,611.1	8.6	1,611.1	13.6	1,611.1	24.3
1,579.0	8.9	1,579.0	14.0	1,579.0	18.0
1,559.6	6.9	1,559.6	11.0	1,559.6	17.5
1,594.3	11.5	1,594.3	18.8	1,594.3	22.8
1,525.6	4.6	1,525.6	12.1	1,525.6	12.1
1,566.0	7.0	1,566.0	13.1	1,566.0	17.1
1,589.4	5.7	1,589.4	11.1	1,589.4	14.3
1,543.9	7.0	1,543.9	11.4	1,543.9	16.8
1,562.2	10.7	1,562.2	15.3	1,562.2	21.1
1,518.3	3.9	1,518.3	10.0	1,627.2	20.3
1,553.7	11.0	1,553.7	12.6	1,518.3	18.1
1,606.9	12.3	1,606.9	18.1	1,553.7	25.6
1,559.7	9.8	1,559.7	15.4	1,606.9	24.6
1,592.5	10.2	1,592.5	16.3	1,559.7	22.2
1,581.5	10.9	1,581.5	22.8	1,592.5	24.6
1,553.1	13.5	1,553.1	14.6	1,581.5	27.9

<b>Promedio</b>	<b>1,568.6</b>	<b>8.9</b>	<b>1,568.6</b>	<b>14.4</b>	<b>1,573.2</b>	<b>20.5</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>26.9</b>	<b>2.8</b>	<b>26.9</b>	<b>3.4</b>	<b>30.25</b>	<b>4.4</b>
<b>Coefficiente de Variación</b>	<b>1.77%</b>	<b>22.74%</b>	<b>1.95%</b>	<b>23.76%</b>	<b>1.97%</b>	<b>24.12%</b>

Véase figuras 14,15 y 16 apéndice A

## 7.1.4 Contenido de Aire

Tabla IV. Resistencia vrs. contenido de aire para 7, 14 y 28 días de edad

7 Días		14 Días		28 Días	
CONTENIDO DE AIRE EN %	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>	CONTENIDO DE AIRE EN %	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>	CONTENIDO DE AIRE EN %	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>
4.0	11.8	4.0	20.3	4.0	27.5
5.0	8.6	5.0	13.6	5.0	24.3
5.0	7.2	5.0	10.0	5.0	13.9
4.0	8.9	4.0	14.0	4.0	18.0
5.0	6.9	5.0	11.0	5.0	17.5
5.0	11.5	5.0	18.8	5.0	22.8
5.0	5.9	4.0	12.1	4.0	12.1
5.0	7.0	5.0	12.0	5.0	13.7
5.0	5.7	5.0	13.1	5.0	17.1
3.5	7.0	5.0	11.1	5.0	14.3
4.0	10.7	3.5	11.4	4.0	21.1
4.0	13.6	4.0	15.3	4.0	26.1
4.0	11.0	3.8	10.0	3.8	18.1
4.5	8.9	4.0	12.6	4.0	25.6
5.0	12.3	4.5	13.4	4.5	18.1
5.0	9.8	5.0	18.1	5.0	24.6
4.0	10.9	5.0	15.4	5.0	22.2
5.0	13.5	5.0	14.6	4.0	27.9

<b>Promedio</b>	<b>4.6</b>	<b>9.5</b>	<b>4.5</b>	<b>14.5</b>	<b>4.5</b>	<b>20.3</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.54</b>	<b>2.52</b>	<b>0.55</b>	<b>3.78</b>	<b>0.52</b>	<b>5.09</b>
<b>Coefficiente de Variación</b>	<b>15.41%</b>	<b>22.21%</b>	<b>15.80%</b>	<b>23.88%</b>	<b>15.81%</b>	<b>24.23%</b>

Véase figuras 17,18 y 19 apéndice A

### 7.1.5 Resistencia

Tabla V. Resistencia vrs. número de cilindros para 7, 14 y 28 días de edad

7 Días		14 Días		28 Días	
NUMERO DE CILINDROS	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>	NUMERO DE CILINDROS	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>	NUMERO DE CILINDROS	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>
1	8.6	1	13.6	1	24.3
2	7.2	2	14.0	2	18.0
3	8.9	3	11.0	3	17.5
4	6.9	4	18.8	4	22.8
5	11.5	5	12.1	5	17.1
6	7.0	6	12.0	6	16.8
7	7.0	7	13.1	7	21.1
8	10.7	8	11.1	8	20.3
9	10.4	9	11.4	9	18.1
10	11.0	10	15.3	10	18.1
11	8.9	11	21.1	11	24.6
12	9.8	12	15.2	12	22.2
13	10.2	13	12.6	13	24.6

<b>Promedio</b>	<b>9.2</b>	<b>14.4</b>	<b>20.4</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>1.7</b>	<b>2.8</b>	<b>3.0</b>
<b>Coefficiente de Variación</b>	<b>20.92%</b>	<b>21.40%</b>	<b>19.91%</b>

Véase figuras 20,21 y 22 apéndice A

## 7.2 Análisis

Se consideró la toma de muestras a 7, 14 y 28 días para determinar el aumento de resistencia de la fórmula del material, debido a que en el lapso de cada edad se pudo haber modificado la proporción del mismo, si el concreto fluido no cumplía con la resistencia esperada.

La constante verificación del concreto fluido permitió obtener diversidad de resultados los cuales fueron de gran importancia para observar el comportamiento y las características técnicas del material evaluado. Algunos de los resultados obtenidos se descartaron porque al momento de tabularse estos se excedían de los límites determinados según el coeficiente de variación.

Según los datos obtenidos del concreto fluido y mostrados en las graficas, el revenimiento tiene una variación aproximada de 1.53cm determinado así que y cumple con lo requerido por la norma ACI 229R la que indica una variación de +- 2.54cm.

Mientras que en el peso unitario y la resistencia su variación estándar es poca, determinando así que el concreto fluido durante el periodo de control de calidad se mantiene en lo solicitado por la norma ACI 229R.

Para la fluidez y el contenido de aire la variación estándar fue mucho mayor, en comparación con los datos obtenidos de los demás ensayos pues variaron en un 15% aproximadamente, determinando que estos exceden a los límites.

Los datos obtenidos de cada uno de los ensayos muestran que cuando el revenimiento, fluidez y contenido de aire son mayores la resistencia disminuye; mientras que si son menores la resistencia aumenta. Por el contrario sucede con el peso unitario pues a mayor peso unitario mayor resistencia en los cilindros ensayados.

## CONCLUSIONES

1. De acuerdo a las características iniciales del concreto fluido, se determinó que cumple con la manejabilidad, accesibilidad y sobre todo, la mejora de resistencia, ya que inicialmente se diseñó con una resistencia a 28 días de 150PSI (10.55 kg/cm<sup>2</sup>) y según los datos obtenidos a 28 días la resistencia fue de 285 PSI (20.4 kg/cm<sup>2</sup>).
2. Se cumple con las especificaciones, como revenimiento de 18 a 24 cm, peso unitario dentro del rango de 1,360 a 1,760 kg/m<sup>3</sup> y resistencia a compresión de 8 a 13 kg/cm<sup>2</sup>, según lo determina la norma ACI 229R para la determinación de calidad del concreto fluido.
3. De acuerdo a lo solicitado por CONRED para la producción de concreto fluido, las normas técnicas y el control de calidad en el lugar no se cumple en su totalidad, debido a que en la fluidez lo solicitado fue de 20cm y la obtenida fue de 42cm. Y el aire incorporado solicitado fue de 5% y el obtenido de 4.15%, cumpliendo únicamente con el revenimiento tanto en lo solicitado como en lo obtenido en campo de 20.32cm ± 2.54cm.
4. Los resultados de resistencia obtenidas a las edades determinadas fueron: 7 días es de 128 PSI (9.00 kg/cm<sup>2</sup>), 14 días de 210 PSI (14.76 kg/cm<sup>2</sup>) y 28 días de 285 PSI (20.4 kg/cm<sup>2</sup>). Concluyendo así que las resistencias cumplieron con lo establecido por la norma ACI229R.

5. Según las graficas de revenimiento, peso unitario y resistencia, muestran cierta constancia a lo largo del control de calidad del concreto fluido, concluyendo así que este material y sus componentes no tuvieron mayor variación.

## RECOMENDACIONES

1. En la colocación del concreto fluido se deben utilizar, camiones mezcladores para que el material sea colocado homogéneamente, y no existan probabilidades de segregación que afectarán la fluidez del mismo.
2. La supervisión de cada obra donde se utilice concreto fluido, debe verificar que se cumpla con la granulometría requerida en cada proyecto, ya que ocasiona problemas como taponamiento de tolvas y disminución de volumen fluido. En el actual trabajo inicialmente se consideró un tamaño máximo de partícula de 1" y no se cumplió, pues se utilizó agregado hasta de aproximadamente 5".
3. Antes de realizar la mezcla (concreto fluido) verificar las humedades de los materiales para que éstos no afecten la fluidez y por ende la resistencia del mismo. Ya que en las condiciones en que se encuentren, pudiendo ser a la intemperie por el tipo de suelo (arena limosa) tiende a saturarse.
4. Existen algunas recomendaciones del uso de cal hidratada para lograr mejor estabilización en el material (concreto fluido). Es recomendable realizar investigaciones para verificarlo.
5. Cuando se use concreto fluido, es recomendable tomar muestras a las edades especificadas como un concreto estructural, ya que el comportamiento de resistencia debe cumplir con el aumento de la misma, a las edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días.



## REFERENCIAS

1. Norma ASTM C143-90 para Revenimiento
2. Norma ASTM C939-02 para Fluidez
3. Norma ASTM D6023-07 para Peso Unitario
4. Norma ASTM D6023-07 para Contenido de Aire
5. Norma ASTM D4832-02 para Preparación de Ensayos de Cilindros  
Pruebas de Material endurecido
6. Norma ASTM C39 para Resistencia a Compresión
7. ACI 229R Material de Baja Resistencia Controlada



## BIBLIOGRAFÍA

1. <http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/aireT7.htm> (15 de diciembre de 2007)
2. [www.arqhys.com/contenidos/concreto-ensayos.html](http://www.arqhys.com/contenidos/concreto-ensayos.html) (15 de diciembre de 2007)
3. <http://www.todomonografias.com/arquitectura-obras-y-construccion/el-hormigon-parte-4/> (20 de diciembre de 2007)
4. <http://www.conymat.com/art-relleno-fluido.html> (10 de octubre de 2007)
5. <http://www.arqhys.com/construccion/concreto-ensayos.html> (23 de noviembre de 2007)
6. <http://www.arqhys.com/resistencia-concreto.html> (20 de enero de 2007)
7. <http://www.elperiodico.com.gt/es/20070429/actualidad/39090/> (28 de septiembre de 2008)
8. <http://www.prensalibre.com.gt/pl/2007/diciembre/26/191449.html> (28 de septiembre de 2008)
9. [http://www.conred.org/eventos/socavamiento\\_barrio\\_sanantonio\\_220207/HUNDIMIENTO%20ZONA%206%20informe%20Final\\_Consejo%20Cientifico\\_20070413.pdf](http://www.conred.org/eventos/socavamiento_barrio_sanantonio_220207/HUNDIMIENTO%20ZONA%206%20informe%20Final_Consejo%20Cientifico_20070413.pdf) (3 de marzo de 2008)

10. Diseño y Control de Mezclas de Concreto. PCA (portland Cement Association)

11. Manual del Técnico, publicación CP-1 (07) ACI International, Farmington Hills, Michigan.

## APENDICES

### APENDICE A

#### Figuras

Figura 8. Resistencia vrs. revenimiento a 7 días de edad

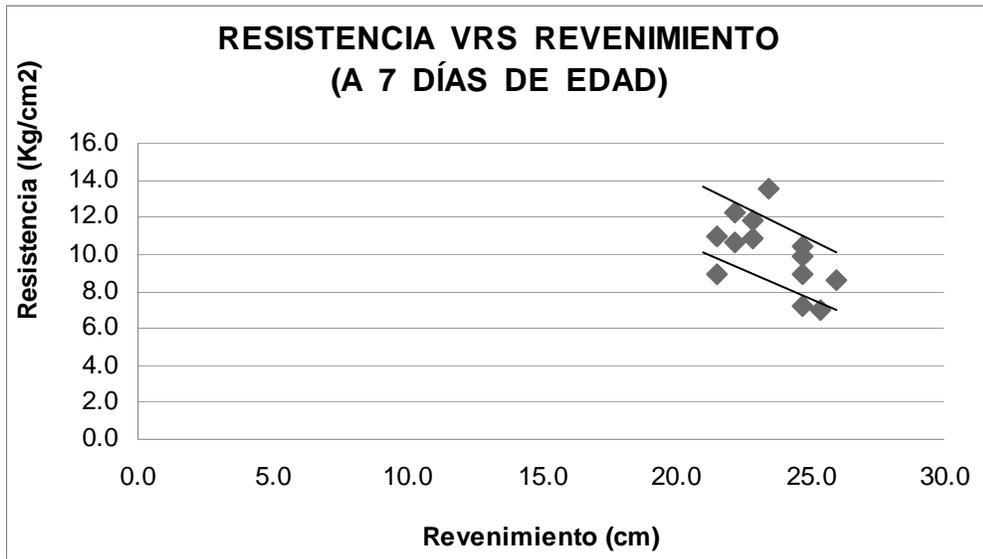


Figura 9. Resistencia vrs. revenimiento a 14 días de edad

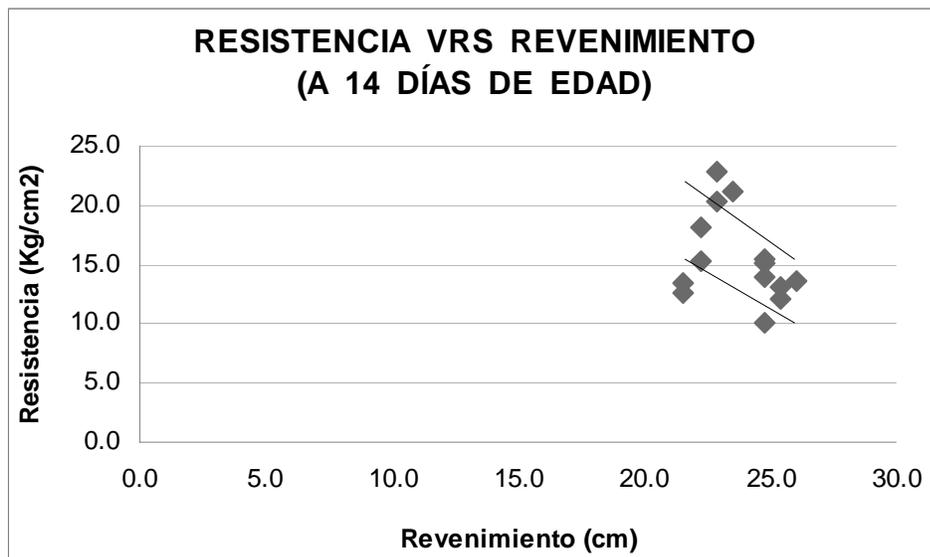


Figura 10. Resistencia vrs. revenimiento a 28 días de edad

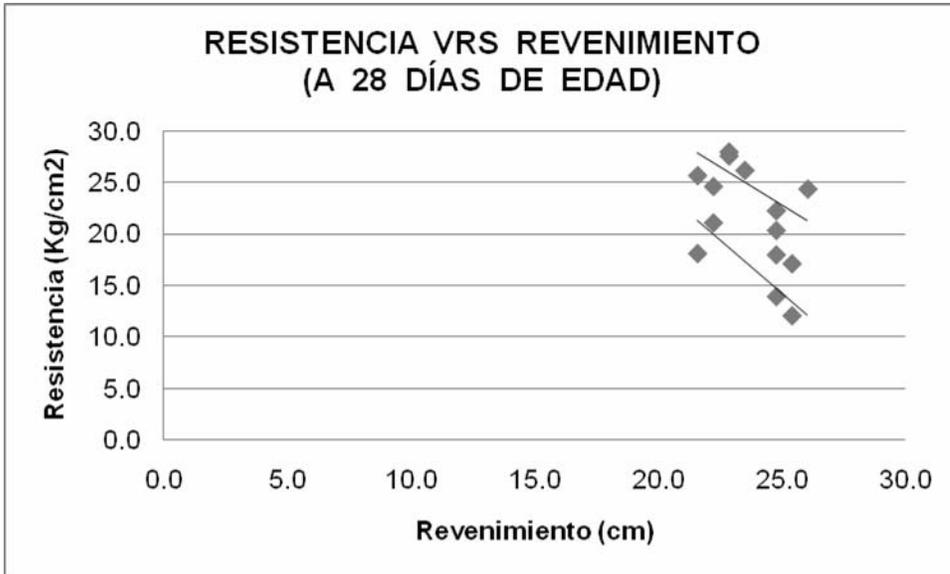


Figura 11. Resistencia vrs. fluidez a 7 días de edad

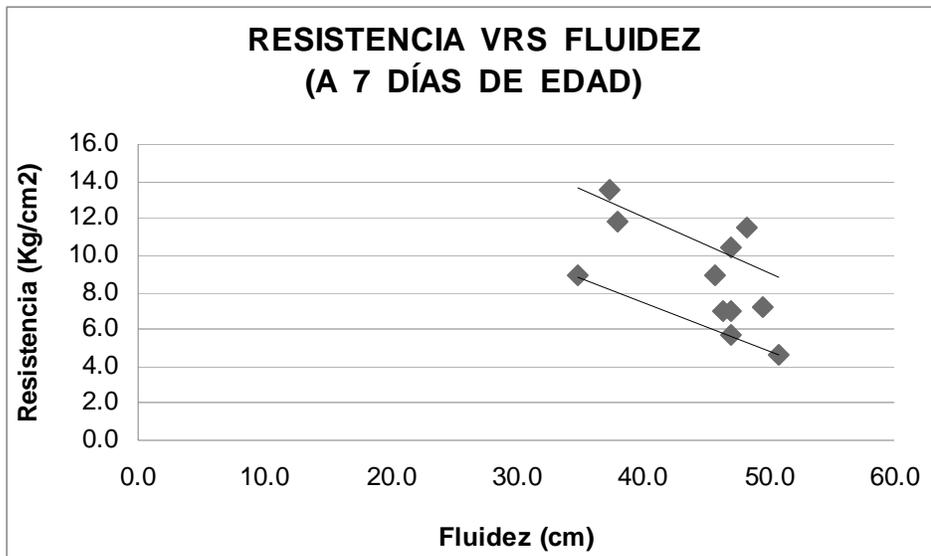


Figura 12. Resistencia vrs. fluidez a 14 días de edad

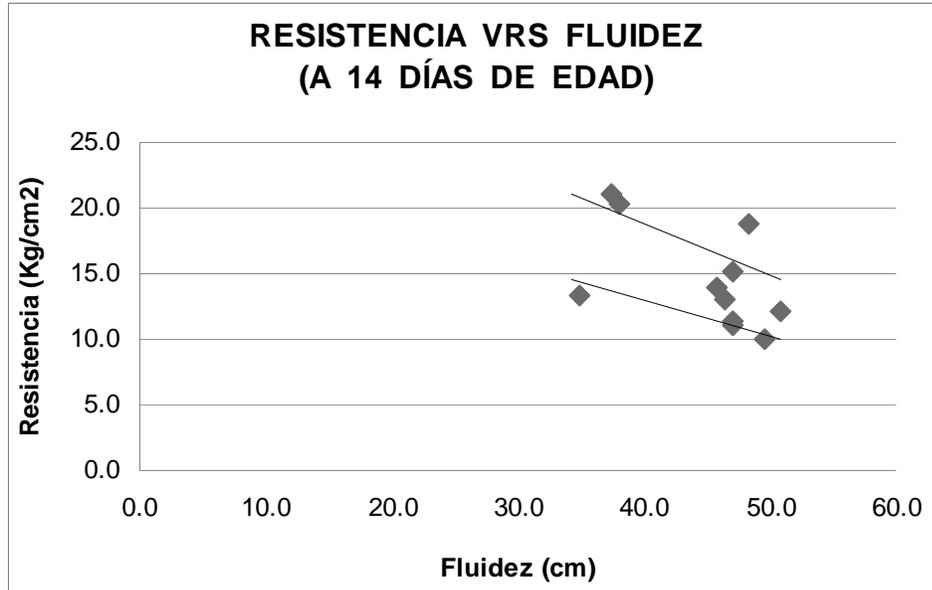


Figura 13. Resistencia vrs. fluidez a 28 días de edad

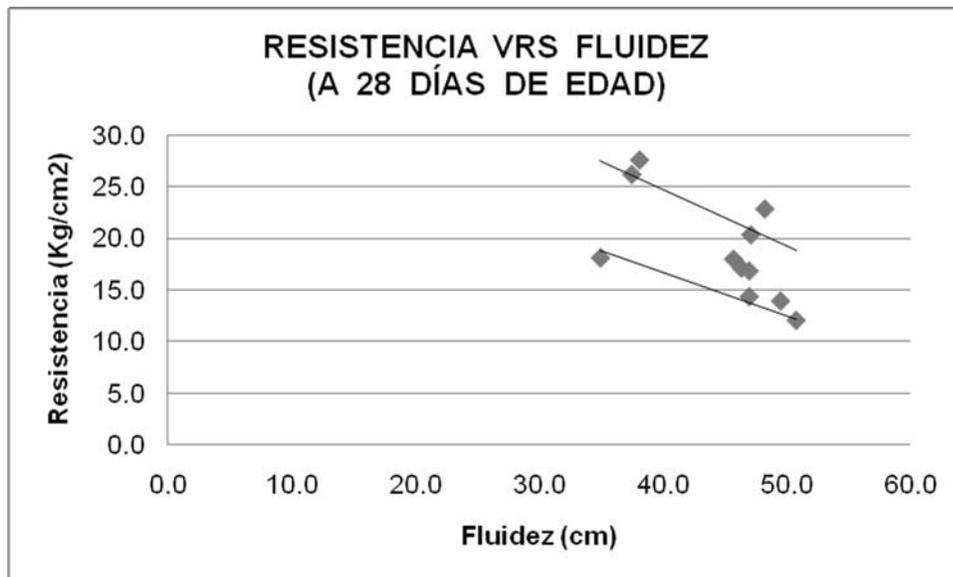


Figura 14. Resistencia vrs. peso unitario a 7 días de edad

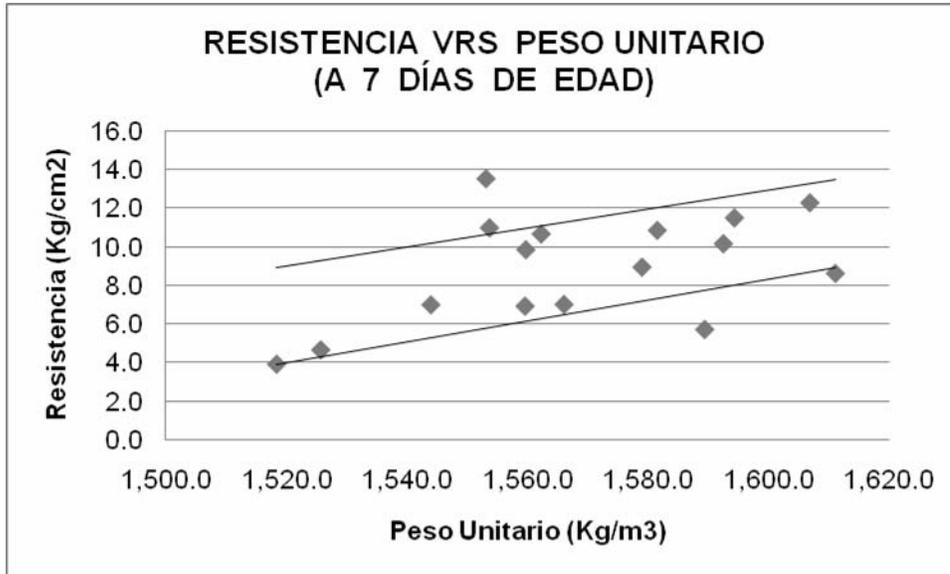


Figura 15. Resistencia vrs. peso unitario a 14 días de edad

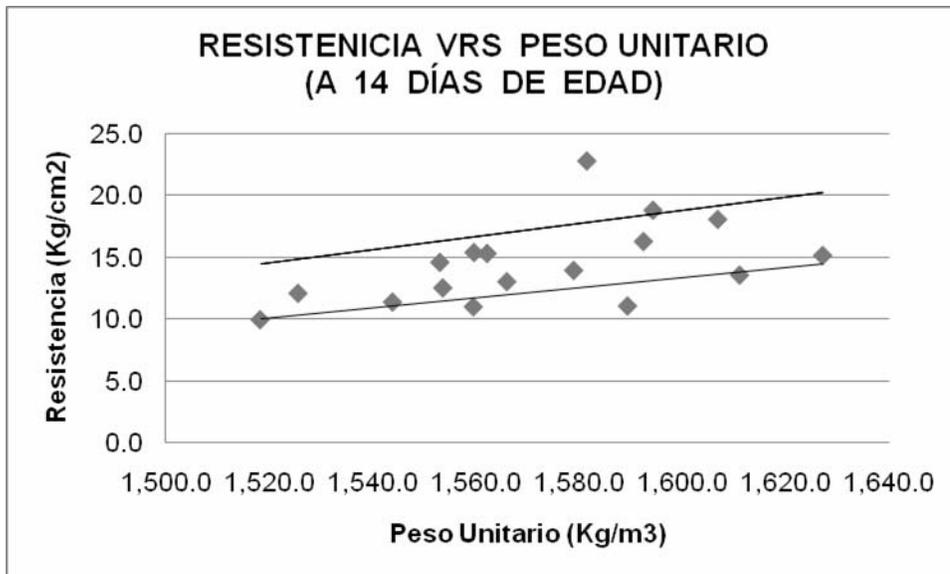


Figura 16. Resistencia vrs. peso unitario a 28 días de edad

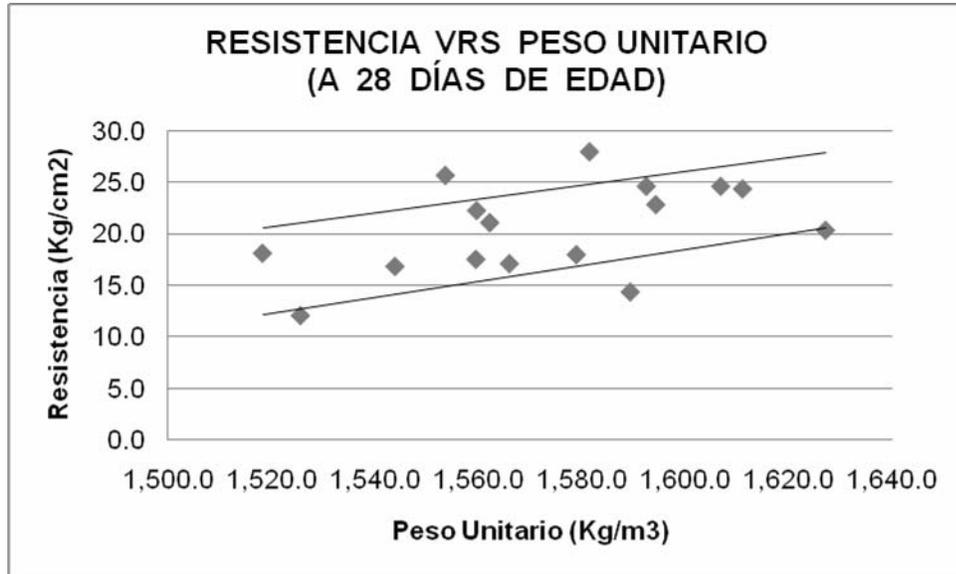


Figura 17. Resistencia vrs. contenido de aire a 7 días de edad

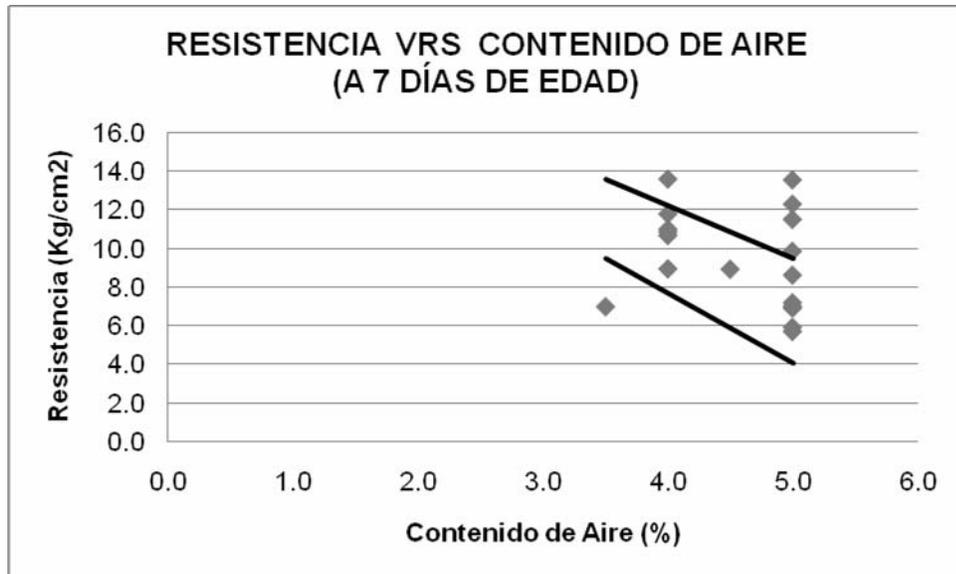


Figura 18. Resistencia vrs. contenido de aire a 14 días de edad

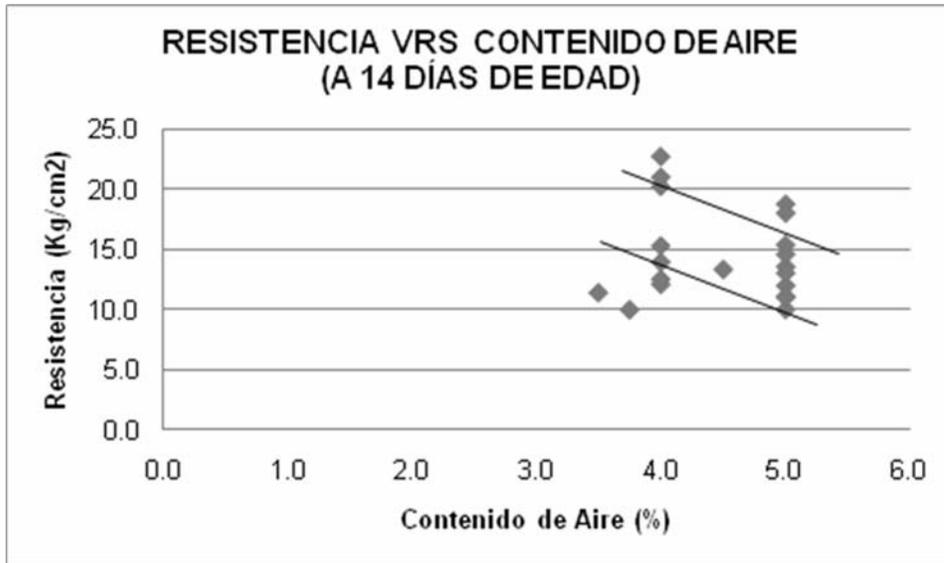


Figura 19. Resistencia vrs. contenido de aire a 28 días de edad

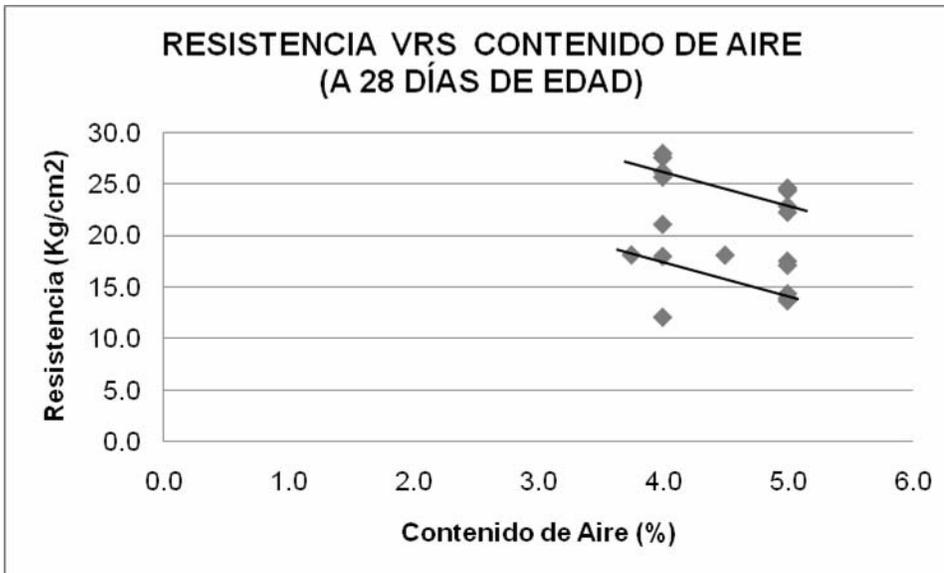


Figura 20. Resistencia vrs. número de cilindros a 7 días de edad

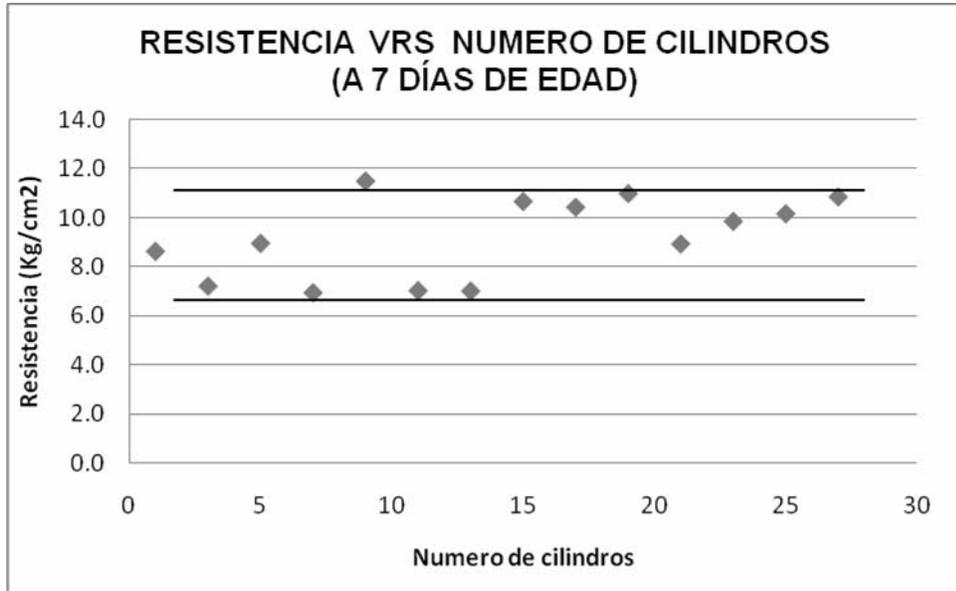


Figura 21. Resistencia vrs. número de cilindros a 14 días de edad

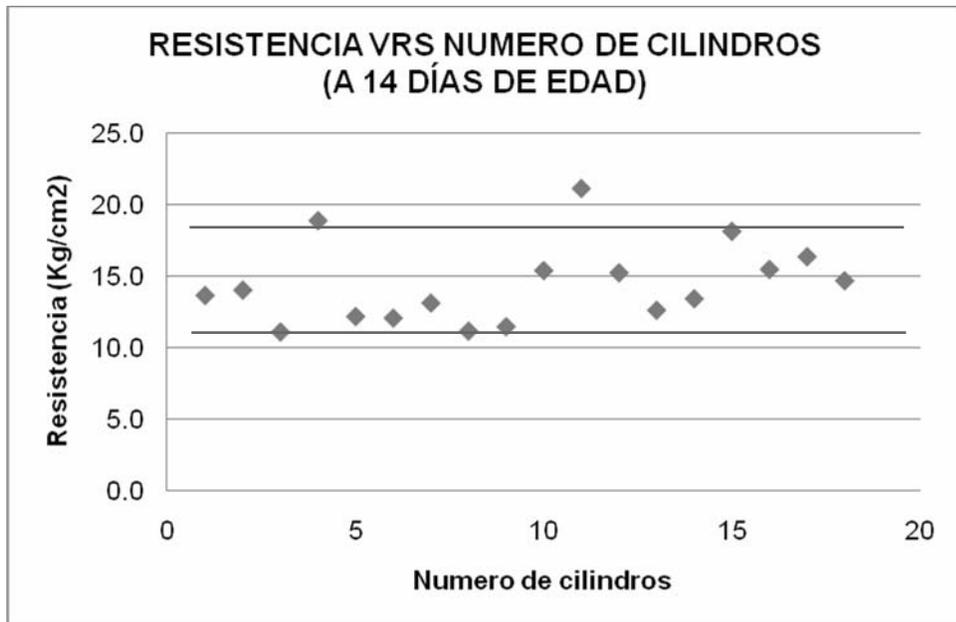
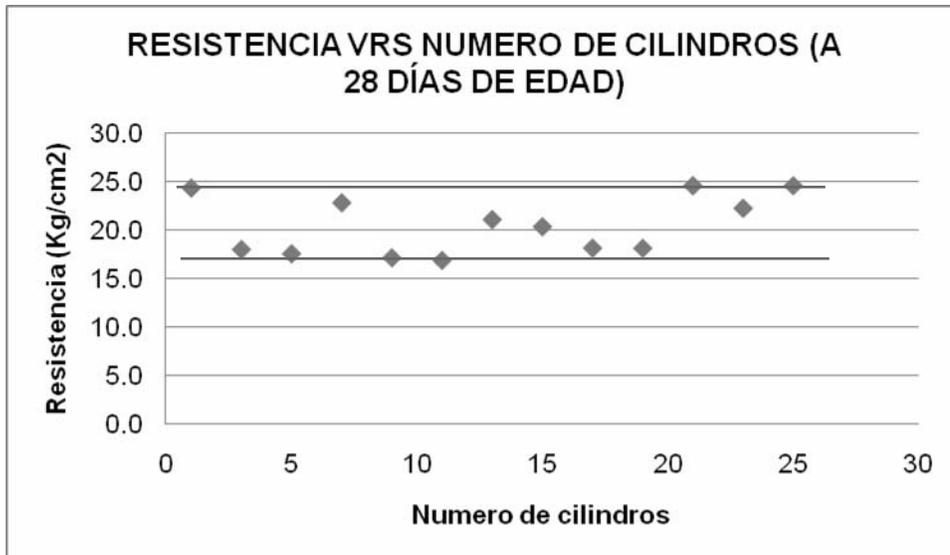


Figura 22. Resistencia vrs. número de cilindros a 28 días de edad



## APENDICE B

### Tablas de origen de resultados de capítulo 7

Tabla VI. "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL" a 7 días de edad

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DÍAS	PESO EN kg	DIÁMETRO EN cm	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>	ASENTAMIENTO EN cm	FLUIDEZ EN cm	PESO UNITARIO EN kg/m <sup>3</sup>	CONTENIDO DE AIRE EN %
130	22-4	28/01/2008	7	8.5	15.1	11.7	22.9	38.1	1,624.2	4.0
131	23-4	28/01/2008	7	8.7	15.1	11.9	22.9	38.1	1,624.2	4.0
135	27-4	29/01/2008	7	7.9	15.1	8.2	26.0	52.1	1,611.1	5.0
136	28-4	29/01/2008	7	8.6	15.1	9.1	26.0	52.1	1,611.1	5.0
140	32-4	30/01/2008	7	7.4	15.1	8.3	24.8	49.5	1,481.3	5.0
141	33-4	30/01/2008	7	7.8	15.1	6.0	24.8	49.5	1,481.3	5.0
145	37-4	31/01/2008	7	7.6	15.2	9.1	24.8	45.7	1,579.0	4.0
146	38-4	31/01/2008	7	8.0	15.1	8.8	24.8	45.7	1,579.0	4.0
150	42-4	01/02/2008	7	7.7	15.2	7.8	20.3	32.4	1,559.6	5.0
151	43-4	01/02/2008	7	7.8	15.1	6.1	20.3	32.4	1,559.6	5.0
155	47-4	05/02/2008	7	7.8	15.1	11.1	26.7	48.3	1,594.3	5.0
156	48-4	05/02/2008	7	8.2	15.1	11.9	26.7	48.3	1,594.3	5.0
160	52-4	06/02/2008	7	7.9	15.2	5.3	25.4	50.8	1,525.6	4.0
161	53-4	06/02/2008	7	7.9	15.1	4.0	25.4	50.8	1,525.6	4.0
165	57-4	07/02/2008	7	7.8	15.2	5.8	26.7	54.6	1,447.1	5.0
166	58-4	07/02/2008	7	7.8	15.1	6.1	26.7	54.6	1,447.1	5.0
170	62-4	08/02/2008	7	8.1	15.0	8.2	25.4	46.4	1,566.0	5.0
171	63-4	08/02/2008	7	8.2	15.1	5.8	25.4	46.4	1,566.0	5.0
180	67-4	11/02/2008	7	7.8	15.1	5.3	26.7	47.0	1,589.4	5.0
181	68-4	11/02/2008	7	8.3	15.1	6.1	26.7	47.0	1,589.4	5.0
185	72-4	12/02/2008	7	7.9	15.0	6.6	26.7	47.0	1,543.9	3.5
186	73-4	12/02/2008	7	7.7	15.1	7.3	26.7	47.0	1,543.9	3.5
190	77-4	13/02/2008	7	7.9	15.2	11.3	22.2	32.4	1,562.2	4.0

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DÍAS	PESO EN kg	DIÁMETRO EN cm	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>	ASENTAMIENTO EN cm	FLUIDEZ EN cm	PESO UNITARIO EN kg/m <sup>3</sup>	CONTENIDO DE AIRE EN %
191	78-4	13/02/2008	7	7.7	15.2	10.0	22.2	32.4	1,562.2	4.0
195	82-4	14/02/2008	7	8.7	15.1	13.2	23.5	37.5	1,676.6	4.0
196	83-4	14/02/2008	7	8.8	15.2	13.9	23.5	37.5	1,676.6	4.0
200	87-4	15/02/2008	7	8.4	15.1	10.7	24.8	47.1	1,627.2	3.5
201	88-4	15/02/2008	7	8.4	15.1	10.2	24.8	47.1	1,627.2	3.5
210	92-4	18/02/2008	7	7.4	15.1	2.7	27.9	52.1	1,518.3	3.8
211	93-4	18/02/2008	7	7.9	15.1	5.1	27.9	52.1	1,518.3	3.8
215	97-4	19/02/2008	7	7.7	15.2	10.7	21.6	31.8	1,553.7	4.0
216	98-4	19/02/2008	7	8.0	15.0	11.2	21.6	31.8	1,553.7	4.0
220	102-4	20/02/2008	7	7.5	15.1	9.1	21.6	34.9	1,509.9	4.5
221	103-4	20/02/2008	7	7.6	15.2	8.7	21.6	34.9	1,509.9	4.5
225	107-4	21/02/2008	7	8.0	15.2	12.4	22.2	31.8	1,606.9	5.0
226	108-4	21/02/2008	7	8.1	15.2	12.2	22.2	31.8	1,606.9	5.0
230	112-4	22/02/2008	7	7.8	15.1	9.4	24.8	55.9	1,559.7	5.0
231	113-4	22/02/2008	7	7.8	15.1	10.3	24.8	55.9	1,559.7	5.0
240	117-4	26/02/2008	7	7.9	15.2	11.3	17.1	26.0	1,592.5	3.5
241	118-4	26/02/2008	7	8.4	15.1	9.1	17.1	26.0	1,592.5	3.5
255	122-4	29/02/2008	7	8.3	15.2	10.3	22.9	32.3	1,581.5	4.0
256	123-4	29/02/2008	7	7.6	15.1	11.4	22.9	32.3	1,581.5	4.0
275	127-4	10/03/2008	7	8.0	15.1	13.3	20.3	31.8	1,553.1	5.0
276	128-7	10/03/2008	7	8.1	15.1	13.7	20.3	31.8	1,553.1	5.0

**Tabla VII. "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL" a 14 días de edad**

<b>No. CILINDRO OBRA</b>	<b>No. CILINDRO LABORATORIO</b>	<b>FECHA DE HECHURA</b>	<b>EDAD EN DÍAS</b>	<b>PESO EN kg</b>	<b>DIÁMETRO EN cm</b>	<b>RESISTENCIA EN kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>ASENTAMIENTO EN cm</b>	<b>FLUIDEZ EN cm</b>	<b>PESO UNITARIO EN kg/m<sup>3</sup></b>	<b>CONTENIDO DE AIRE EN %</b>
132	24-4	28/01/2008	14	8.3	15.1	20.3	22.9	38.1	1,624.2	4.0
137	29-4	29/01/2008	14	7.8	15.2	13.6	26.0	52.1	1,611.1	5.0
142	34-4	30/01/2008	14	7.6	15.2	10.0	24.8	49.5	1,481.3	5.0
147	39-4	31/01/2008	14	7.8	15.2	14.0	24.8	45.7	1,579.0	4.0
152	44-4	01/02/2008	14	7.4	15.0	11.0	20.3	32.4	1,559.6	5.0
157	49-4	05/02/2008	14	7.6	15.1	18.8	26.7	48.3	1,594.3	5.0
162	54-4	06/02/2008	14	6.9	15.1	12.1	25.4	50.8	1,525.6	4.0
167	59-4	07/02/2008	14	7.3	15.2	12.0	26.7	54.6	1,447.1	5.0
172	64-4	08/02/2008	14	7.5	15.0	13.1	25.4	46.4	1,566.0	5.0
182	69-4	11/02/2008	14	7.5	15.1	11.1	26.7	47.0	1,589.4	5.0
187	74-4	12/02/2008	14	7.5	15.1	11.4	26.7	47.0	1,543.9	3.5
192	79-4	13/02/2008	14	7.6	15.3	15.3	22.2	32.4	1,562.2	4.0
197	84-4	14/02/2008	14	8.2	15.2	21.1	23.5	37.5	1,676.6	4.0
202	89-4	15/02/2008	14	8.0	15.1	15.2	24.8	47.1	1,627.2	3.5
212	94-4	18/02/2008	14	7.8	15.1	10.0	27.9	52.1	1,518.3	3.8
217	99-4	19/02/2008	14	7.5	15.2	12.6	21.6	31.8	1,553.7	4.0
222	104-4	20/02/2008	14	7.1	15.1	13.4	21.6	34.9	1,509.9	4.5
227	109-4	21/02/2008	14	7.5	15.3	18.1	22.2	31.8	1,606.9	5.0
232	114-4	22/02/2008	14	7.3	15.2	15.4	24.8	55.9	1,559.7	5.0
242	119-4	26/02/2008	14	8.0	15.2	16.3	17.1	26.0	1,592.5	3.5
257	124-4	29/02/2008	14	7.2	15.1	22.8	22.9	32.3	1,581.5	4.0
277	129-4	10/03/2008	14	8.1	15.1	14.6	20.3	31.8	1,553.1	5.0

**Tabla VIII "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL" a 28 días de edad**

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DÍAS	PESO EN kg	DIÁMETRO EN cm	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>	ASENTAMIENTO EN cm	FLUIDEZ EN cm	PESO UNITARIO EN kg/m <sup>3</sup>	CONTENIDO DE AIRE EN %
133	25-4	28/01/2008	28	7.7	15.2	25.1	22.9	38.1	1,624.2	4.0
134	26-4	28/01/2008	28	8.1	15.2	29.9	22.9	38.1	1,624.2	4.0
138	30-4	29/01/2008	28	7.6	15.1	26.2	26.0	52.1	1,611.1	5.0
139	31-4	29/01/2008	28	7.8	15.1	22.4	26.0	52.1	1,611.1	5.0
143	35-4	30/01/2008	28	7.0	15.2	14.0	24.8	49.5	1,481.3	5.0
144	37-4	30/01/2008	28	6.6	15.1	13.9	24.8	49.5	1,481.3	5.0
148	40-4	31/01/2008	28	7.3	15.2	16.9	24.8	45.7	1,579.0	4.0
149	41-4	31/01/2008	28	7.6	15.4	19.0	24.8	45.7	1,579.0	4.0
153	45-4	01/02/2008	28	7.1	15.1	15.6	20.3	32.4	1,559.6	5.0
154	46-4	01/02/2008	28	7.0	15.1	19.4	20.3	32.4	1,559.6	5.0
158	50-4	05/02/2008	28	7.3	15.2	21.7	26.7	48.3	1,594.3	5.0
159	51-4	05/02/2008	28	7.5	15.1	23.9	26.7	48.3	1,594.3	5.0
163	55-4	06/02/2008	28	7.0	15.2	12.4	25.4	50.8	1,525.6	4.0
164	56-4	06/02/2008	28	6.9	15.0	11.8	25.4	50.8	1,525.6	4.0
168	60-4	07/02/2008	28	6.2	15.1	12.7	26.7	54.6	1,447.1	5.0
169	61-4	07/02/2008	28	7.0	15.1	14.6	26.7	54.6	1,447.1	5.0
173	65-4	08/02/2008	28	7.6	15.1	18.1	25.4	46.4	1,566.0	5.0
174	66-4	08/02/2008	28	7.3	15.1	16.0	25.4	46.4	1,566.0	5.0
183	70-4	11/02/2008	28	7.1	15.2	13.9	26.7	47.0	1,589.4	5.0
184	71-4	11/02/2008	28	7.3	15.2	14.8	26.7	47.0	1,589.4	5.0
188	75-4	12/02/2008	28	7.0	15.0	16.4	26.7	47.0	1,543.9	3.5
189	76-4	12/02/2008	28	7.1	15.1	17.3	26.7	47.0	1,543.9	3.5
193	80-4	13/02/2008	28	7.4	15.1	21.1	22.2	32.4	1,562.2	4.0
194	81-4	13/02/2008	28	7.2	15.2	21.0	22.2	32.4	1,562.2	4.0
198	85-4	14/02/2008	28	7.7	15.1	26.1	23.5	37.5	1,676.6	4.0
199	86-4	14/02/2008	28	7.8	15.1	26.2	23.5	37.5	1,676.6	4.0
203	90-4	15/02/2008	28	7.8	14.9	19.0	24.8	47.1	1,627.2	3.5
204	91-4	15/02/2008	28	7.8	15.1	21.7	24.8	47.1	1,627.2	3.5
213	95-4	18/02/2008	28	7.1	15.2	20.7	27.9	52.1	1,518.3	3.8
214	96-4	18/02/2008	28	7.2	15.0	15.5	27.9	52.1	1,518.3	3.8
218	100-4	19/02/2008	28	7.3	15.0	25.8	21.6	31.8	1,553.7	4.0
219	101-4	19/02/2008	28	7.3	15.1	25.5	21.6	31.8	1,553.7	4.0
223	105-4	20/02/2008	28	6.7	15.1	16.4	21.6	34.9	1,509.9	4.5

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DÍAS	PESO EN kg	DIÁMETRO EN cm	RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>	ASENTAMIENTO EN cm	FLUIDEZ EN cm	PESO UNITARIO EN kg/m <sup>3</sup>	CONTENIDO DE AIRE EN %
224	106-4	20/02/2008	28	6.9	15.1	19.8	21.6	34.9	1,509.9	4.5
228	110-4	21/02/2008	28	7.3	15.0	24.4	22.2	31.8	1,606.9	5.0
229	111-4	21/02/2008	28	7.3	15.0	24.8	22.2	31.8	1,606.9	5.0
233	115-4	22/02/2008	28	7.2	15.1	23.0	24.8	55.9	1,559.7	5.0
234	116-4	22/02/2008	28	7.3	15.2	21.4	24.8	55.9	1,559.7	5.0
243	120-4	26/02/2008	28	7.5	15.2	23.5	17.1	26.0	1,592.5	3.5
244	121-4	26/02/2008	28	7.2	15.2	25.6	17.1	26.0	1,592.5	3.5
258	125-4	29/02/2008	28	7.3	15.1	28.8	22.9	32.3	1,581.5	4.0
259	126-4	29/02/2008	28	7.0	15.2	27.0	22.9	32.3	1,581.5	4.0

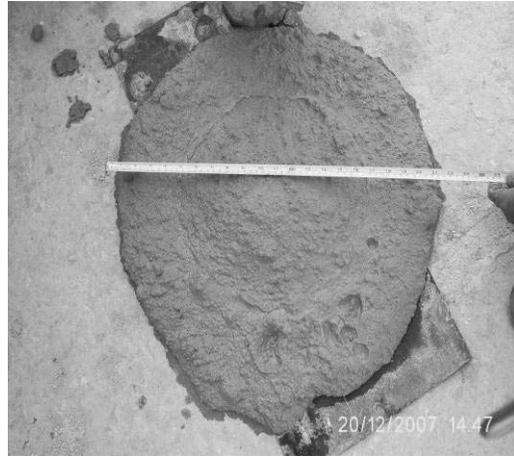
## APENDICE C

### FOTOGRAFÍAS

**Fotografía 1.**



**Fotografía 2.**



Se observa la toma de medida de revenimiento y fluidez de la muestra obtenida en el lugar al momento de realizar la mezcla de concreto fluido en el hundimiento del Barrio San Antonio, zona 6.

**Fotografía 3.**



Se aprecia el equipo utilizado para obtener el Peso Unitario y Contenido de Aire del Concreto Fluido (ver incisos 3.1.3 y 3.1.4).

**Fotografía 4.**



Se observan los cilindros obtenidos de concreto fluidos y los moldes que fueron utilizados para su forma, estos fueron utilizados para realizar ensayos a compresión.

**Fotografía 5.**



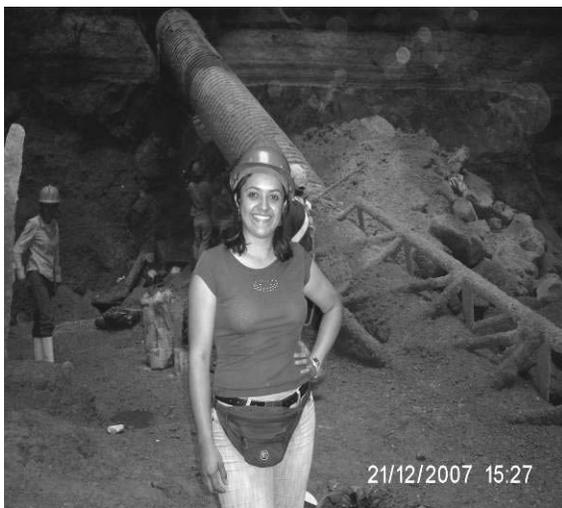
Se aprecia el momento en que fueron realizados los ensayos de los cilindros con la máquina de compresión.

**Fotografía 6.**



Los cilindros muestran las fallas obtenidas del resultado del ensayo a compresión.

**Fotografía 7.**



Se realizó la inspección dentro del hundimiento del Barrio San Antonio, zona 6, donde se aprecia la dimensión del mismo.

**Fotografía 8.**



Hundimiento de Barrio San Antonio zona 6, de 64 metros de profundidad.

**Fotografía 9.**



Hundimiento de Barrio San Antonio zona 6, de 10 metros de profundidad.

# ANEXO

## INFORMES



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



### RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

#### NORMA ASTM C-39

INFORME No. S. C. - 236  
HOJA 1/1

O.T. No. 22989

INTERESADO: Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Díaz Montes de Oca

ASUNTO: Muestra de Concreto Fluido

PROYECTO: Trabajo de Graduación "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL"

DIRECCION: 4a. Calle y 4a. Avenida zona 6, ciudad de Guatemala

FECHA: 25 de febrero de 2008

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA lb/psi <sup>2</sup>
130	22-4	28/01/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	8,46	15,077	11,69	166,24
131	23-4	28/01/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	8,656	15,127	11,86	168,73
132	24-4	28/01/2008	14	Relleno, hundimiento Zona 6	8,342	15,090	20,29	288,59
133	25-4	28/01/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,728	15,230	25,15	357,68
134	26-4	28/01/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	8,112	15,217	29,93	425,71

Camion No. 25 del día 28/01/2008
Asentamiento 9"
Fluidez 15"
Peso Unitario 1.624,19 kg/m <sup>3</sup>
Contenido de Aire de 4.0 %

#### OBSERVACIONES:

Muestra elaborada por laboratoristas. (IN SITU)

El interesado Proporciona:

- No. De cilindro en obra.
- Fecha de hechura.
- Edad de ensayo.
- El representativo de la fundición.

ATENTAMENTE,



Vo.Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez  
Director CII/USAC

*[Signature]*  
Inga. Dilma Yanel Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos





**RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO**  
**NORMA ASTM C-39**

INFORME No. S. C. - 238  
HOJA 1/1

O.T. No. 22990

INTERESADO: Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Díaz Montes de Oca  
ASUNTO: Muestra de Concreto Fluido  
PROYECTO: Trabajo de Graduación "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL"  
DIRECCION: 4a. Calle y 4a. Avenida zona 6, ciudad de Guatemala  
FECHA: 26 de febrero de 2008

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DÍAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
135	27-4	29/01/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	7,894	15,057	8,15	115,95
136	28-4	29/01/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	8,557	15,127	9,09	129,24
137	29-4	29/01/2008	14	Relleno, hundimiento Zona 6	7,841	15,150	13,59	193,26
138	30-4	29/01/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,608	15,127	26,25	373,36
139	31-4	29/01/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,779	15,140	22,42	318,94

Camion No. 32 del día 29/01/2008
Asentamiento 10,25"
Fluidez 20,5"
Peso Unitario 1,611.10 kg/m3
Contenido de Aire de 5.0 %

OBSERVACIONES : Muestra elaborada por laboratoristas. (IN SITU)

El interesado Proporciona:

- No. De cilindro en obra.
- Fecha de hechura.
- Edad de ensayo.

El representativo de la fundición.

ATENTAMENTE,



Vo.Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez  
Director CII/USAC

*[Signature]*  
Inga. Dilma Yañet Mejicanos, Jefa Sección de Concretos





**RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO**

**NORMA ASTM C-39**

INFORME No. S. C. - 241

O.T. No. 22996

HOJA 1/1

INTERESADO: Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Díaz Montes de Oca

ASUNTO: Muestra de Concreto Fluido

PROYECTO: Trabajo de Graduacion "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL"

DIRECCION: 4a. Calle y 4a. Avenida zona 6, ciudad de Guatemala

FECHA: 29 de febrero de 2008

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
150	42-4	01/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	7,675	15,190	7,76	110,36
151	43-4	01/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	7,839	15,100	6,08	86,46
152	44-4	01/02/2008	14	Relleno, hundimiento Zona 6	7,425	15,003	11,03	156,92
153	45-4	01/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,06	15,137	15,63	222,28
154	46-4	01/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	6,978	15,100	19,38	275,60

Camion No. 12 del día 1/02/2008
Asentamiento 8"
Fluidez 12,75"
Peso Unitario 1,559.56 kg/m3
Contenido de Aire de 5.0 %

OBSERVACIONES : Muestra elaborada por laboratoristas. (IN SITU)

El interesado Proporciono:

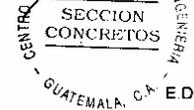
- No. De cilindro en obra.
- Fecha de hechura.
- Edad de ensayo.
- El representativo de la fundición.

ATENTAMENTE,

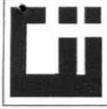


*[Signature]*  
Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
Director CI/USAC

*[Signature]*  
Inga. Dilma Yanet Mejicas Jol  
Jefa Sección de Concretos



Vo.Bo.



**RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO**

**NORMA ASTM C-39**

INFORME No. S. C. - 245

O.T. No. 23000

HOJA 1/1

INTERESADO: Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Díaz Montes de Oca

ASUNTO: Muestra de Concreto Fluido

PROYECTO: Trabajo de Graduación "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL"

DIRECCION: 4a. Calle y 4a. Avenida zona 6, ciudad de Guatemala

FECHA: 7 de marzo de 2008

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
170	62-4	08/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	8,094	15,000	8,21	116,83
171	63-4	08/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	8,162	15,133	5,80	82,50
172	64-4	08/02/2008	14	Relleno, hundimiento Zona 6	7,547	15,020	13,06	185,70
173	65-4	08/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,602	15,140	18,14	258,02
174	66-4	08/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,26	15,123	16,03	228,06

Camion No. 31 del día 8/02/2008

Asentamiento 10"

Fluidez 18,25"

Peso Unitario 1,566,04 kg/m3

Contenido de Aire de 5.0 %

**OBSERVACIONES :**

Muestra elaborada por laboratoristas. (IN SITU)

El interesado Proporciona:

- No. De cilindro en obra.
- Fecha de hechura.
- Edad de ensayo.
- El representativo de la fundición.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
Director CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos



E.D.



**RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO**

**NORMA ASTM C-39**

INFORME No. S. C. - 247

O.T. No. 23002

HOJA 1/1

INTERESADO: Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Díaz Montes de Oca

ASUNTO: Muestra de Concreto Fluido

PROYECTO: Trabajo de Graduacion "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL"

DIRECCION: 4a. Calle y 4a. Avenida zona 6, ciudad de Guatemala

FECHA: 11 de marzo de 2008

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA lb/plg <sup>2</sup>
185	72-4	12/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	7,85	15,033	6,64	94,50
186	73-4	12/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	7,683	15,113	7,33	104,29
187	74-4	12/02/2008	14	Relleno, hundimiento Zona 6	7,52	15,093	11,41	162,26
188	75-4	12/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,016	14,977	16,35	232,55
189	76-4	12/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,143	15,127	17,29	245,91

Camion No. 14 del día 12/02/2008
Asentamiento 10,5"
Fluidez 18,5"
Peso Unitario 1,543,93 kg/m <sup>3</sup>
Contenido de Aire de 3.5 %

OBSERVACIONES :

Muestra elaborada por laboratoristas. (IN SITU)

El interesado Proporciono:

- No. De cilindro en obra.
- Fecha de hechura.
- Edad de ensayo.
- El representativo de la fundición.

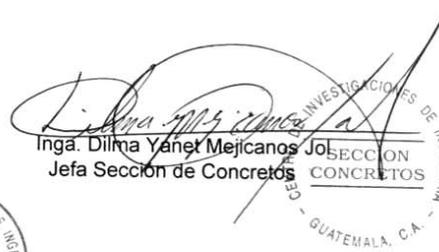
ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
Director CII/USAC



Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jofre  
Jefa Sección de Concretos



E.D.



**RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO**

**NORMA ASTM C-39**

INFORME No. S. C. - 249

O.T. No. 23004

**HOJA 1/1**

INTERESADO: Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Díaz Montes de Oca  
ASUNTO: Muestra de Concreto Fluido  
PROYECTO: Trabajo de Graduación "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL"  
DIRECCION: 4a. Calle y 4a. Avenida zona 6, ciudad de Guatemala  
FECHA: 13 de marzo de 2008

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DÍAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
195	82-4	14/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	8,684	15,080	13,21	187,84
196	83-4	14/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	8,819	15,230	13,94	198,32
197	84-4	14/02/2008	14	Relleno, hundimiento Zona 6	8,205	15,173	21,07	299,70
198	85-4	14/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,707	15,140	26,08	370,91
199	86-4	14/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,762	15,137	26,22	372,86

Camion No. 32 del día 14/02/2008
Asentamiento 9,25"
Fluidez 14,75"
Peso Unitario 1,676,57 kg/m3
Contenido de Aire de 4,0 %

**OBSERVACIONES :**

Muestra elaborada por laboratoristas. (IN SITU)

El interesado Proporciono:

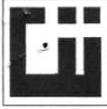
- No. De cilindro en obra.
- Fecha de hechura.
- Edad de ensayo.
- El representativo de la fundición.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
Director CH/USAC





**RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO**

**NORMA ASTM C-39**

INFORME No. S. C. - 250

O.T. No. 23005

HOJA 1/1

INTERESADO: Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Díaz Montes de Oca

ASUNTO: Muestra de Concreto Fluido

PROYECTO: Trabajo de Graduacion "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL"

DIRECCION: 4a. Calle y 4a. Avenida zona 6, ciudad de Guatemala

FECHA: 14 de marzo de 2008

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
200	87-4	15/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	8,392	15,060	10,69	152,12
201	88-4	15/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	8,426	15,080	10,16	144,49
202	89-4	15/02/2008	14	Relleno, hundimiento Zona 6	8	15,113	15,17	215,78
203	90-4	15/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,798	14,910	18,96	269,74
204	91-4	15/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,775	15,093	21,68	308,30

Camion No. 31 del día 15/02/2008
Asentamiento 9,75"
Fluidez 18,55"
Peso Unitario 1,627.15 kg/m3
Contenido de Aire de 3,5 %

OBSERVACIONES :

Muestra elaborada por laboratoristas. (IN SITU)

El interesado Proporciona:

- No. De cilindro en obra.
- Fecha de hechura.
- Edad de ensayo.
- El representativo de la fundición.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
Director CI/USAC

Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jor  
Jefa Sección de Concretos





**RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO**

**NORMA ASTM C-39**

INFORME No. S. C. - 251

O.T. No. 23006

HOJA 1/1

INTERESADO: Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Díaz Montes de Oca  
ASUNTO: Muestra de Concreto Fluido  
PROYECTO: Trabajo de Graduación "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL"  
DIRECCION: 4a. Calle y 4a. Avenida zona 6, ciudad de Guatemala  
FECHA: 17 de marzo de 2008

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DÍAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
210	92-4	18/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	7,388	15,137	2,72	38,72
211	93-4	18/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	7,933	15,060	5,09	72,44
212	94-4	18/02/2008	14	Relleno, hundimiento Zona 6	7,755	15,110	9,99	142,12
213	95-4	18/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,114	15,210	20,72	294,71
214	96-4	18/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,212	14,967	15,47	220,03

Camion No. 38 del día 18/02/2008
Asentamiento 11"
Fluidez 20,5"
Peso Unitario 1,518,3 kg/m3
Contenido de Aire de 3,75 %

OBSERVACIONES : Muestra elaborada por laboratoristas. (IN SITU)

El interesado Proporciona:

- No. De cilindro en obra.
- Fecha de hechura.
- Edad de ensayo.
- El representativo de la fundición.

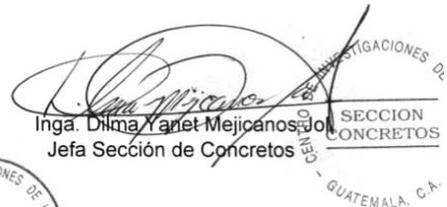
ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

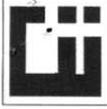
Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
Director CII/USAC



Ing. Dilma Yaret Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos



E.D.



**RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO**

**NORMA ASTM C-39**

INFORME No. S. C. - 253

O.T. No. 23008

HOJA 1/1

INTERESADO: Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Díaz Montes de Oca

ASUNTO: Muestra de Concreto Fluido

PROYECTO: Trabajo de Graduacion "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL"

DIRECCION: 4a. Calle y 4a. Avenida zona 6, ciudad de Guatemala

FECHA: 19 de marzo de 2008

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA Kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
220	102-4	20/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	7,491	15,080	9,14	130,04
221	103-4	20/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	7,568	15,240	8,70	123,79
222	104-4	20/02/2008	14	Relleno, hundimiento Zona 6	7,117	15,137	13,36	190,02
223	105-4	20/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	6,658	15,133	16,39	233,14
224	106-4	20/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	6,858	15,050	19,76	281,06

Camion No. 38 del día 20/02/2008

Asentamiento 8,5"

Fluidez 13,75"

Peso Unitario 1,509,86 kg/m3

Contenido de Aire de 4,5 %

OBSERVACIONES: Muestra elaborada por laboratoristas. (IN SITU)

El interesado Proporciona:

- No. De cilindro en obra.
- Fecha de hechura.
- Edad de ensayo.
- El representativo de la fundición.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

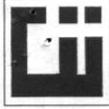
Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez

Director CII/USAC

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos



E.D.



**RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO**

**NORMA ASTM C-39**

INFORME No. S. C. - 254

O.T. No. 23009

HOJA 1/1

INTERESADO: Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Díaz Montes de Oca  
 ASUNTO: Muestra de Concreto Fluido  
 PROYECTO: Trabajo de Graduación "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL"  
 DIRECCION: 4a. Calle y 4a. Avenida zona 6, ciudad de Guatemala  
 FECHA: 20 de marzo de 2008

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DÍAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
225	107-4	21/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	8,045	15,180	12,41	176,46
226	108-4	21/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	8,098	15,177	12,16	172,97
227	109-4	21/02/2008	14	Relleno, hundimiento Zona 6	7,525	15,273	18,07	257,06
228	110-4	21/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,348	15,007	24,36	346,52
229	111-4	21/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,346	15,030	24,80	352,72

Camion No. 24 del día 21/02/2008
Asentamiento 8,75"
Fluidez 12,5"
Peso Unitario 1,606,87 kg/m3
Contenido de Aire de 5,0 %

OBSERVACIONES : Muestra elaborada por laboratoristas. (IN SITU)

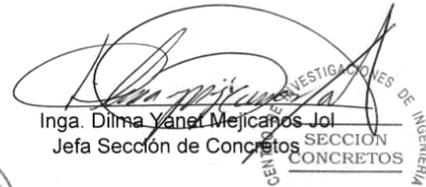
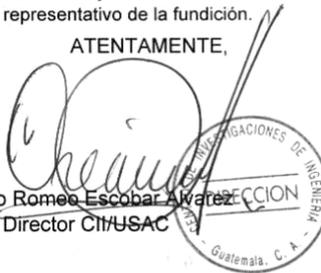
El interesado Proporciona:

- No. De cilindro en obra.
- Fecha de hechura.
- Edad de ensayo.
- El representativo de la fundición.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarado  
 Director CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
 Jefa Sección de Concretos

E.D.



**RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO**

**NORMA ASTM C-39**

INFORME No. S. C. - 255

O.T. No. 23015

HOJA 1/1

INTERESADO: Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Díaz Montes de Oca

ASUNTO: Muestra de Concreto Fluido

PROYECTO: Trabajo de Graduacion "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL"

DIRECCION: 4a. Calle y 4a. Avenida zona 6, ciudad de Guatemala

FECHA: 21 de marzo de 2008

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA lb/plg <sup>2</sup>
230	112-4	22/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	7,773	15,100	9,37	133,30
231	113-4	22/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	7,778	15,143	10,33	146,86
232	114-4	22/02/2008	14	Relleno, hundimiento Zona 6	7,26	15,183	15,41	219,14
233	115-4	22/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,177	15,110	23,02	327,41
234	116-4	22/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,263	15,220	21,44	304,96

Camion No. 38 del día 22/02/2008
Asentamiento 9,75"
Fluidez 22"
Peso Unitario 1,559.7 kg/m <sup>3</sup>
Contenido de Aire de 5,0 %

OBSERVACIONES : Muestra elaborada por laboratoristas. (IN SITU)

El interesado Proporciona:

- No. De cilindro en obra.
- Fecha de hechura.
- Edad de ensayo.
- El representativo de la fundición.

ATENTAMENTE,

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
Director CII/USAC

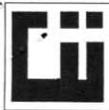


Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos



Vo.Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
Director CII/USAC



**RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO**

**NORMA ASTM C-39**

INFORME No. S. C. - 256

O.T. No. 23016

**HOJA 1/1**

INTERESADO: Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Díaz Montes de Oca

ASUNTO: Muestra de Concreto Fluido

PROYECTO: Trabajo de Graduación "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL"

DIRECCION: 4a. Calle y 4a. Avenida zona 6, ciudad de Guatemala

FECHA: 25 de marzo de 2008

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
240	117-4	26/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	7,88	15,197	11,25	160,06
241	118-4	26/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	8,378	15,143	9,07	128,95
242	119-4	26/02/2008	14	Relleno, hundimiento Zona 6	8,009	15,177	16,30	231,81
243	120-4	26/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,463	15,193	23,52	334,50
244	121-4	26/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,242	15,157	25,64	364,73

Camion No. 44 del día 26/02/2008
Asentamiento 6,75"
Fluidez 10,25"
Peso Unitario 1,592.51 kg/m3
Contenido de Aire de 3,5 %

**OBSERVACIONES :**

Muestra elaborada por laboratoristas. (IN SITU)

El interesado Proporciona:

- No. De cilindro en obra.
- Fecha de hechura.
- Edad de ensayo.
- El representativo de la fundición.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

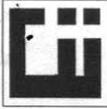
Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
Director CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos



E.D.



**RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO**

**NORMA ASTM C-39**

INFORME No. S. C. - 257

O.T. No. 23017

HOJA 1/1

INTERESADO: Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Diaz Montes de Oca

ASUNTO: Muestra de Concreto Fluido

PROYECTO: Trabajo de Graduacion "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL"

DIRECCION: 4a. Calle y 4a. Avenida zona 6, ciudad de Guatemala

FECHA: 28 de marzo de 2008

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
255	122-4	29/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	8,293	15,227	10,34	147,03
256	123-4	29/02/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	7,62	15,120	11,37	161,69
257	124-4	29/02/2008	14	Relleno, hundimiento Zona 6	7,202	15,103	22,79	324,10
258	125-4	29/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7,25	15,143	28,84	410,15
259	126-4	29/02/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	6,998	15,160	27,01	384,23

Camion No. 33 del día 29/02/2008
Asentamiento 9,0"
Fluidez 12,7"
Peso Unitario 1,581.53 kg/m3
Contenido de Aire de 4,0 %

OBSERVACIONES :

Muestra elaborada por laboratoristas. (IN SITU)

Ei interesado Proporciono:

- No. De cilindro en obra.
- Fecha de hechura.
- Edad de ensayo.
- El representativo de la fundición.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
Director CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos





**RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO**

**NORMA ASTM C-39**

INFORME No. S. C. - 258

O.T. No. 23018

HOJA 1/1

INTERESADO: Mildred Aminta Meza Monroy y Erick Oswaldo Díaz Montes de Oca

ASUNTO: Muestra de Concreto Fluido

PROYECTO: Trabajo de Graduación "CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FLUIDO PARA RELLENO ESTRUCTURAL"

DIRECCION: 4a. Calle y 4a. Avenida zona 6, ciudad de Guatemala

FECHA: 7 de abril de 2008

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
275	127-4	10/03/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	7.968	15.147	13.34	189.77
276	128-7	10/03/2008	7	Relleno, hundimiento Zona 6	8.117	15.073	13.73	195.23
277	129-4	10/03/2008	14	Relleno, hundimiento Zona 6	8.121	15.137	14.62	207.94
278	130-4	10/03/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7.209	15.253	15.89	225.96
279	131-4	10/03/2008	28	Relleno, hundimiento Zona 6	7.105	15.183	17.29	245.86

Camion No. 38 del día 10/03/2008
Asentamiento 8,0"
Fluidez 12,5"
Peso Unitario 1,553,08 kg/m3
Contenido de Aire de 5,0 %

OBSERVACIONES :

Muestra elaborada por laboratoristas.(IN SITU)

El interesado Proporciono:

- No. De cilindro en obra.
- Fecha de hechura.
- Edad de ensayo.
- El representativo de la fundición.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
Director CII/USAC



Inga. Dilma Yaret Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos



E.D.