

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**“ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL  
CONCRETO PROYECTADO A TEMPRANA EDAD, UTILIZADO  
COMO REVESTIMIENTO DEFINITIVO EN EL FOSO NORTE Y SUR  
DE LA ESTACIÓN UNEFA”.**

Presentado ante la Ilustre Universidad

Central de Venezuela

Por la T.S.U. Cuberos P., Marlys E.

y la Br. Delfín G., Maryvic C.

Para optar al título

de Ingeniero Civil

Caracas, 2009

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **“ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PROYECTADO A TEMPRANA EDAD, UTILIZADO COMO REVESTIMIENTO DEFINITIVO EN EL FOSO NORTE Y SUR DE LA ESTACIÓN UNEFA”.**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Cesar Peñuela

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Edgar Linares

Presentado ante la Ilustre Universidad  
Central de Venezuela  
Por la T.S.U. Cuberos P., Marlys E.  
y la Br. Delfín G., Maryvic C.  
Para optar al título  
de Ingeniero Civil

Caracas, 2009

**ACTA**

El día **11/05/09** se reunió el jurado formado por los profesores:

César Peñuela

Alba López

Nelson Camacho

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: **"ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PROYECTADO A TEMPRANA EDAD, UTILIZADO COMO REVESTIMIENTO DEFINITIVO EN EL FOSO NORTE Y SUR DE LA ESTACIÓN UNEFA"**. Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**.

Una vez oída la defensa oral que la T.S.U. y la bachiller hicieron de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
T.S.U. Cuberos P., Marlys E.		
Br. Delfín G., Maryvic C.		

Recomendaciones:

---

---

---

FIRMAS DEL JURADO



Caracas, 11 de mayo de 2009

**DEDICATORIA**

*A Dios,  
A mis Padres,  
A mi Hermano,  
A mi Abuela (Mi Nana),  
A mi Sobrinito,  
Por se lo más importante de mi vida,  
A todos los Amo!!!  
**Maryvic Delfín***

A Dios Todopoderoso, que con su luz y sabiduría divina dirige mi vida hacia un ideal cada vez más grande y me da la energía suficiente para irradiar su amor.

A la memoria de mi padre Ali Cuberos, que desde el cielo me cuidas y me proteges, y que estoy segura de que se enorgullece de ver que su hija alcanzó uno de sus sueños, siendo mi padre mi guía y mi luz en todas mis acciones a lo largo del camino de la vida. Te Amo y te Extraño Mucho Papi.

A mis hermanos, Ali y Marvys mis compañeros de siempre, quienes comparten conmigo esperanzas y desafíos que me sirven de estímulo para asumir el reto contraído.

A mis tías y tíos, a mis primos y primas, que comparten los más grandes momentos de mi vida y me apoyan en la hermosa experiencia de crecer.

A la vida, que me da la oportunidad de seguir emprendiendo mis propios vuelos.

Finalmente con especial amor para ti Mami Linda, compañera, tutora, amiga inseparable, que me estimulaste para enfrentar este reto, que con tu apoyo y orientaciones constantes han contribuido en esta importante etapa de mi formación personal y profesional.

***Cuberos, Marlys***

## AGRADECIMIENTOS

Al culminar nuestro Trabajo Especial de Grado queremos tributarle, nuestro más sincero agradecimiento a la Ilustre Universidad Central de Venezuela, por darnos la oportunidad de ser ucevistas, pertenecer a la más admirable casa de estudios y por habernos permitido alcanzar uno de nuestros mejores anhelos.

A la Facultad de Ingeniería y la Escuela de Ingeniería Civil por recibirnos en sus instalaciones para poder formarnos como ingenieros.

A todos los profesores y facilitadores que trabajan en esta casa de estudio, quienes contribuyeron a enriquecer nuestros conocimientos que luego serian aplicados en pro de la realización de este trabajo y en nuestra vida futura.

A nuestro tutor Académico el Prof. César Peñuela por apoyarnos y ser consecutivo con nosotras; brindándonos la ayuda necesaria para la elaboración de este trabajo.

A nuestro tutor Industrial el Ing. Edgar Linares, a los T.S.U Edgar Delgado, Mabel Ortega y César Millán, por darnos la oportunidad de realizar este trabajo y por prestarnos su colaboración en todo momento.

A la Constructora Norberto Odebrecht C.A., por permitirnos realizar nuestro Trabajo Especial de Grado y a todo el personal que labora en esta Constructora por su valiosa colaboración para la realizar este trabajo.

A nuestros amigos y compañeros de clases, por compartir momentos agradables y experiencias enriquecedoras.

A todas aquellas personas que de alguna u otra manera contribuyeron a nuestra formación profesional y personal.

**A todos mil gracias!!!**

***Maryvic Delfín:***

Principalmente a Dios por darme la oportunidad de vivir esta experiencia y lograr una de las metas más importantes en mi vida, por ser mi guía e iluminar mi camino...

A ti Papi y a ti Mami, mi mayor inspiración, por ser mis guías, por enseñarme a luchar por mis metas y no caer en ningún momento, por su ayuda y comprensión incondicional, por ser lo mejor y darme lo mejor de ustedes. Felicidades, lo logramos juntos...

A ti mi Nana, se que estas a mi lado iluminando mi vida, sé que no querías irte sin verme como ingeniero, pero también sé que estas orgullosa de mi... Te Amo...

A mi hermano, por ser un ejemplo a seguir, por esforzarte y darme la oportunidad de desempeñar, junto a ti, tantas cosas para poder lograr esta meta. Nos vemos colega...

A Taty, por tus palabras de aliento, tus consejos, por estas allí siempre que te necesito y por tú apoyo incondicional. Gracias Tía Bella...

A mi familia, Emy, Abuela Yudith, Cristy, Susy, Rosita, Edily, por su apoyo incondicional en todo momento, gracias por poner su granito de arena para que esto fuera posible...

A Luis Figueroa, gracias por llegar en esta etapa de mi vida y darme tu apoyo para salir adelante, formas parte de esto, sin ti no fue posible...

A mis grandes Amigos principalmente Joel y Chiro. A Sina, Luismi, Jorge, Fava, Jesús, Dasva, Ricardo, Elvis, Guarapo, Jean, gracias muchachos por haber estado allí haciendo de este camino lo máximo... los quiero mucho...

A mis amigos y compañeros de estudio, Mary, Abu, Chino, Ramón, Juanjo, sin ustedes sé que no lo hubiese logrado, de verdad gracias...

Por supuesto a la Escuela de Ingeniería Mecánica y su gente, en ella pase los momentos más felices de toda mi carrera...

Y a todas aquellas personas que no nombro, pero sé que ayudaron en este sueño hecho realidad...

**Los quiero mucho, mil gracias!!!**

**Cuberos P., Marlys E.**

**Delfín G., Maryvic C.**

**ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN  
DEL CONCRETO PROYECTADO A TEMPRANA EDAD,  
UTILIZADO COMO REVESTIMIENTO DEFINITIVO EN EL  
FOSO NORTE Y SUR DE LA ESTACIÓN UNEFA**

**Tutor Académico: Prof. Ing. Cesar Peñuela.**

**Tutor Industrial: Ing. Edgar Linares.**

**Trabajo Especial de Grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.**

**Escuela de Ingeniería**

**Civil. 2009, 237 p.**

**Palabras Claves:** Concreto, Concreto Proyectado, Resistencia a la Penetración, Resistencia a Compresión Simple.

**Resumen.** El presente trabajo especial de grado consistió en realizar ensayos para evaluar la resistencia a compresión a una edad temprana del concreto proyectado utilizado en la construcción de los fosos norte y sur de la estación UNEFA de la línea 5 del Metro de Caracas, llevado a cabo por la Constructora Norberto Odebrcht, C.A. para ello, se realizaron 30 ensayos de resistencia a la penetración para determinar el tiempo de fraguado junto con ensayos de resistencia compresión simple a edades tempranas antes de las 24 horas, siguiendo los requerimientos de las normas respectivas. Luego se representaron los resultados por medio de graficas de tiempo de fraguado y resistencia a compresión y se calcularon rangos de resistencia y la resistencia a compresión media requerida a las 10 horas de la población de muestras ensayadas por medio de principios estadísticos. El estudio se realizó con el fin de

verificar el valor de la resistencia a las 10 horas del concreto proyectado, dicho resultado esta requerido en el proyecto de construcción de los fosos el cual debe ser mayor o igual a  $70 \text{ Kg/cm}^2$ , para poder realizar la excavación del paño inferior para la construcción del siguiente anillo, con esta resistencia se garantiza una rapidez en la ejecución de todas obras preliminares del Metro de Caracas.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xviii
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	xxiii
SIMBOLOGÍA .....	xxiv
INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
OBJETIVOS.....	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.....	5
APORTES.....	6
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
1.1. Antecedentes.....	7
1.2. Aspectos Fundamentales.....	8
1.2.1. Fosos.....	8
1.2.1.1. Principales usos de los Fosos NATM.....	8
1.2.1.2. Principales elementos constructivos de Fosos NATM.....	9
1.2.2 Metodología de construcción de Fosos UNEFA.....	12
1.2.2.1. Foso Norte.....	12
1.2.2.1.1. Ubicación del Foso Norte .....	13
1.2.2.1.2. Geometría del Foso Norte.....	14
1.2.2.1.3. Geología local donde el Foso será construido.....	16
1.2.2.1.3.1. Perfil Geológico.....	16
1.2.2.1.4. Parámetros Considerados.....	17
1.2.2.2. Foso Sur.....	20
1.2.2.2.1. Ubicación del Foso Sur.....	20
1.2.2.2.2. Geometría del Foso Sur.....	21
1.2.2.2.3. Geología local donde el Foso será construido.....	23

1.2.2.2.3.1. Perfil Geológico.....	23
1.2.2.2.4. Parametros de Diseño.....	24
1.2.3. Concreto.....	26
1.2.3.1 Definición.....	26
1.2.3.1.Características Principales.....	26
1.2.3.1. Resistencia a Compresión.....	26
1.2.4. Concreto Proyectado.....	29
1.2.4.1. Definición.....	29
1.2.4.2. Métodos de Proyección.....	30
1.2.4.3. Materiales y Componentes.....	30
1.2.4.4. Características.....	31
1.2.4.5. Diseño de la Mezcla.....	31
1.2.4.6. Colocación.....	32
1.2.4.7. Control de Calidad.....	32
1.2.5. Aditivos.....	33
1.2.5.3.Efectos de los Aditivos.....	35
1.2.5.2.2. Aditivos Modificadores de los Tiempos de Fraguado.....	36
1.2.5.2.1. Aditivos Aceleradores.....	37
1.2.5.2.1.1.Acelerante de Shotcrete libres de álcalis...	37
1.2.5.2.2. Aditivos Retardadores.....	39
1.2.6. Tiempo de Fraguado.....	40
2.6.1. Estimación de Tiempo de Fraguado.....	41
1.2.6.1. Tiempo de Fraguado Inicial.....	41
1.2.6.1.2. Tiempo de Fraguado Final.....	41
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....</b>	<b>42</b>
2.1. Tipo de Investigación.....	42
2.2. Diseño de la Investigación.....	42
2.3. Recopilación de Información.....	42
2.3.1. Diseño de Tablas.....	42
2.3.2. Documentación del proceso de elaboración de la mezcla de Concreto Proyecto.....	44
2.4. Tomas de muestras.....	45
2.5. Ensayos.....	47
2.5.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	47
2.5.1.1. Aplicación de carga y espaciamiento entre penetración.....	48
2.5.1.2. Expresión de los Resultados.....	49
2.5.2. Ensayo de Penetración a Compresión Simple.....	40
2.5.2.1. Preparación de las Probetas.....	50
2.5.2.2. Aplicación de la Carga.....	52
2.5.2.3. Expresión de los Resultados.....	55

2.6. Elaboración de Curvas.....	54
2.6.1. Elaboración de Curvas Completas de cada Ensayo.....	54
2.6.2. Estimación del Rango de Valores.....	55
2.6.3. Elaboración de la Curva de Calibración Promedio.....	55
2.6.4. Estimación de la Resistencia a Compresión a las 10 Horas.....	57
<b>CAPÍTULO III: CÁLCULOS.....</b>	<b>57</b>
3.1. Cálculos Tipo.....	57
3.1.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	60
3.1.2. Ensayo de Resistencia a Compresión Simple.....	62
3.1.3. Resistencia promedio a las 10 Horas.....	63
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>63</b>
4.1. Ensayo Realizado el día 21/10/08.....	63
4.1.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	63
4.1.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	64
4.1.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	65
4.1.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	65
4.1.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	66
4.1.4. Análisis de Resultados.....	67
4.2. Ensayo Realizado el día 22/10/08.....	68
4.2.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	68
4.2.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	69
4.2.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	70
4.2.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	70
4.2.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	71
4.2.4. Análisis de Resultados.....	72
4.3. Ensayo Realizado el día 23/10/08.....	74
4.3.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	74
4.3.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	75
4.3.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	76
4.3.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	76
4.3.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	77
4.3.4. Análisis de Resultados.....	78
4.4. Ensayo Realizado el día 29/10/08.....	79
4.4.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	79
4.4.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	80
4.4.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	81
4.4.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	81
4.4.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	82

4.4.4. Análisis de Resultados.....	83
4.5. Ensayo Realizado el día 30/10/08.....	84
4.5.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	84
4.5.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	85
4.5.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	86
4.5.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	86
4.5.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	87
4.5.4. Análisis de Resultados.....	88
4.6. Ensayo Realizado el día 17/11/08.....	89
4.6.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	89
4.6.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	90
4.6.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	91
4.6.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	91
4.6.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	92
4.6.4. Análisis de Resultados.....	93
4.7. Ensayo Realizado el día 19/11/08.....	94
4.7.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	94
4.7.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	95
4.7.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	96
4.7.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	96
4.7.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	97
4.7.4. Análisis de Resultados.....	98
4.8. Ensayo Realizado el día 20/11/08.....	99
4.8.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	99
4.8.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	100
4.8.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	101
4.8.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	101
4.8.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	102
4.8.4. Análisis de Resultados.....	103
4.9. Ensayo Realizado el día 24/11/08.....	104
4.9.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	104
4.9.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	105
4.9.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	106
4.9.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	106
4.9.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	107
4.9.4. Análisis de Resultados.....	108
4.10. Ensayo Realizado el día 25/11/08.....	109
4.10.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	109
4.10.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	110
4.10.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	111
4.10.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	111
4.10.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	112

4.10.4. Análisis de Resultados.....	113
4.11. Ensayo Realizado el día 26/11/08.....	114
4.11.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	114
4.11.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	115
4.11.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	116
4.11.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	116
4.11.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	117
4.11.4. Análisis de Resultados.....	118
4.12. Ensayo Realizado el día 27/11/08.....	119
4.12.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	119
4.12.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	120
4.12.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	121
4.12.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	121
4.12.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	122
4.12.4. Análisis de Resultados.....	123
4.13. Ensayo Realizado el día 01/12/08.....	124
4.13.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	124
4.13.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	125
4.13.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	126
4.13.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	126
4.13.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	127
4.13.4. Análisis de Resultados.....	128
4.14. Ensayo Realizado el día 02/12/08.....	129
4.14.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	129
4.14.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	130
4.14.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	131
4.14.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	131
4.14.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	132
4.14.4. Análisis de Resultados.....	133
4.15. Ensayo Realizado el día 03/12/08.....	134
4.15.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	134
4.15.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	135
4.15.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	136
4.15.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	136
4.15.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	137
4.15.4. Análisis de Resultados.....	138
4.16. Ensayo Realizado el día 08/12/08.....	139
4.16.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	139
4.16.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	140
4.15.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	141
4.16.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	141
4.16.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	142

4.16.4. Análisis de Resultados.....	143
4.17. Ensayo Realizado el día 09/12/08.....	144
4.17.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	144
4.17.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	145
4.17.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	146
4.17.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	146
4.17.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	147
4.17.4. Análisis de Resultados.....	148
4.18. Ensayo Realizado el día 10/12/08.....	149
4.18.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	149
4.18.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	150
4.18.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	151
4.18.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	151
4.18.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	152
4.18.4. Análisis de Resultados.....	153
4.19. Ensayo Realizado el día 12/01/09.....	154
4.19.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	154
4.19.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	155
4.19.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	156
4.19.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	156
4.19.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	157
4.19.4. Análisis de Resultados.....	158
4.20. Ensayo Realizado el día 14/01/09.....	159
4.20.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	159
4.20.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	160
4.20.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	161
4.20.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	161
4.20.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	162
4.20.4. Análisis de Resultados.....	163
4.21. Ensayo Realizado el día 15/01/09.....	164
4.21.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	164
4.21.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	165
4.21.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	166
4.21.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	166
4.21.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	167
4.21.4. Análisis de Resultados.....	168
4.22. Ensayo Realizado el día 10/02/09.....	169
4.22.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	169
4.22.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	170
4.22.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	171
4.22.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	171
4.22.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	172

4.22.4. Análisis de Resultados.....	173
4.23. Ensayo Realizado el día 11/02/09.....	174
4.23.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	174
4.23.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	175
4.23.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	176
4.23.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	176
4.23.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	177
4.23.4. Análisis de Resultados.....	178
4.24. Ensayo Realizado el día 12/02/09.....	179
4.24.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	179
4.24.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	180
4.24.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	181
4.24.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	181
4.24.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	182
4.24.4. Análisis de Resultados.....	183
4.25. Ensayo Realizado el día 16/02/09.....	184
4.25.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	184
4.25.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	185
4.25.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	186
4.25.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	186
4.25.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	187
4.25.4. Análisis de Resultados.....	188
4.26. Ensayo Realizado el día 18/02/09.....	189
4.26.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	189
4.26.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	190
4.26.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	191
4.26.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	191
4.26.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	192
4.26.4. Análisis de Resultados.....	193
4.27. Ensayo Realizado el día 19/02/09.....	194
4.27.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	194
4.27.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	195
4.27.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	196
4.27.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	196
4.27.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	197
4.27.4. Análisis de Resultados.....	198
4.28. Ensayo Realizado el día 25/02/09.....	199
4.28.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	199
4.28.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	201
4.28.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	202
4.28.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	202
4.28.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	203

4.28.4. Análisis de Resultados.....	204
4.29. Ensayo Realizado el día 26/02/09.....	205
4.29.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	205
4.29.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	206
4.29.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	207
4.29.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	207
4.29.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	208
4.29.4. Análisis de Resultados.....	209
4.30. Ensayo Realizado el día 02/03/09.....	210
4.30.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	210
4.30.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	211
4.30.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.....	212
4.30.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	212
4.30.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.....	213
4.30.4. Análisis de Resultados.....	214
4.31. Análisis General.....	215
4.32. Rango de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	216
4.32.1. Resultados de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	216
4.32.1.2. Estimación del Rango de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	216
4.32.2. Gráfica del Rango de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	217
4.32.3. Análisis de Resultados.....	218
4.33. Curva Promedio de Resistencia a Temprana Edad.....	219
4.33.1. Resultados de los Ensayos de Resistencia a la Penetración. ....	219
4.33.1. Tiempo de Fraguado Promedio.....	223
4.33.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.....	223
4.33.2. Resultados de los Ensayos de Resistencia a Compresión. Promedio....	224
4.33.3. Curva de Calibración Promedio de la Resistencia a Temprana Edad del Concreto Proyectado.....	225
4.33.4. Análisis de Resultados.....	226
4.34. Resistencia a la Compresión a las 10 horas .....	227
4.34.1. Resultados de la Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	227
4.34.2. Análisis de Resultados.....	228
CONCLUSIONES.....	229
RECOMENDACIONES.....	231
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	233
ANEXOS.....	235

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pàg
Figura 1.1. Ilustración de la Ubicación del Foso Norte.....	13
Figura 1.2. Perfil Longitudinal del Foso Norte.....	14
Figura 1.3. Perfil Transversal del Foso Norte.....	15
Figura 1.4. Perfil Transversal del Foso Norte.....	15
Figura 1.5. Perfil Geológico del lugar donde será construido el Foso Norte de la UNEFA.....	16
Figura 1.6. Ilustración de la Ubicación del Foso Sur.....	20
Figura 1.7. Perfil Longitudinal del Foso Sur .....	21
Figura 1.8. Perfil Transversal del Foso Norte.....	22
Figura 1.9. Perfil Transversal del Foso Sur .....	22
Figura 1.10. Perfil Geológico del lugar donde será construido el Foso Sur de la UNEFA.....	23
Figura 1.11. Crecimiento de Resistencia.....	29
Figura 1.12. Principales Estados por los que pasa el Concreto en el Desarrollo de su Resistencia.....	36
Figura 1.13. Doble efecto de Plastificación y Retardo de Fraguado en un Aditivo.....	40
Figura 2.1. Viguetas metálicas de 15*15*30 cm.....	46
Figura 2.2. Toma de las Muestras.....	46
Figura 2.3. Penetrómetro.....	47
Figura 2.4. Aplicación de la Carga. Ensayo de Resistencia a la Penetración.....	48
Figura 2.5. Prensa Hidráulica del Laboratorio de Concreto Tecnológico Odebrecht.....	50
Figura 2.6. Cortadora de Viguetas Endurecidas.....	51
Figura 2.7. Medición. Peso de la Probeta N° 1.....	52
Figura 2.8. Aplicación de la Carga de Ensayo de Resistencia a Compresión.....	53
Figura 2.9. Probeta comprimida.....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pàg
Tabla 2.1. Planilla para ensayo de Resistencia a la Penetración.....	43
Tabla 2.2. Planilla para Determinar la Resistencia a Compresión Simple a Temprana Edad.....	44
Tabla 2.3. Diseño de Mezcla del Concreto Utilizado.....	45
Tabla 2.4. Factores de Corrección por tipo de Probeta.....	54
Tabla 4.1. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 21/10/08.....	64
Tabla 4.2. Estimación del Tiempo de Fraguado 21/10/08.....	64
Tabla 4.3. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 21/10/08.....	65
Tabla 4.4. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 21/10/08.....	65
Tabla 4.5. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 21/10/08.....	65
Tabla 4.6. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 22/10/08.....	69
Tabla 4.7. Estimación del Tiempo de Fraguado 22/10/08.....	69
Tabla 4.8. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 22/10/08.....	70
Tabla 4.9. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 22/10/08.....	70
Tabla 4.10. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 22/10/08.....	70
Tabla 4.11. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 23/10/08.....	75
Tabla 4.12. Estimación del Tiempo de Fraguado 23/10/08.....	75
Tabla 4.13. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 23/10/08.....	76
Tabla 4.14. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 23/10/08.....	76
Tabla 4.15. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 23/10/08.....	76
Tabla 4.16. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 29/10/08.....	80
Tabla 4.17. Estimación del Tiempo de Fraguado 29/10/08.....	80
Tabla 4.18. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 29/10/08.....	81
Tabla 4.19. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 29/10/08.....	81
Tabla 4.20. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 29/10/08.....	81
Tabla 4.21. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 30/10/08.....	85
Tabla 4.22. Estimación del Tiempo de Fraguado 30/10/08.....	85
Tabla 4.23. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 30/10/08.....	86
Tabla 4.24. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 30/10/09.....	86
Tabla 4.25. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 30/10/08.....	86
Tabla 4.26. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 17/11/08.....	90
Tabla 4.27. Estimación del Tiempo de Fraguado 17/11/08.....	90
Tabla 4.28. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 17/11/08.....	91
Tabla 4.29. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 17/11/08.....	91

Tabla 4.30. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 17/11/08.....	91
Tabla 4.31. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 19/11/08.....	95
Tabla 4.32. Estimación del Tiempo de Fraguado 19/11/08.....	95
Tabla 4.33. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 19/11/08.....	96
Tabla 4.34. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 19/11/08.....	96
Tabla 4.35. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 19/11/08....	96
Tabla 4.36. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 20/11/08.....	100
Tabla 4.37. Estimación del Tiempo de Fraguado 20/11/08.....	100
Tabla 4.38. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 20/11/08.....	101
Tabla 4.39. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 20/11/08.....	101
Tabla 4.40. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 20/11/08.....	101
Tabla 4.41. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 24/11/08.....	105
Tabla 4.42. Estimación del Tiempo de Fraguado 24/11/08.....	105
Tabla 4.43. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 24/11/08.....	106
Tabla 4.44. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 24/11/08.....	106
Tabla 4.45. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 24/11/08.....	106
Tabla 4.46. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 25/11/08.....	110
Tabla 4.47. Estimación del Tiempo de Fraguado 25/11/08.....	110
Tabla 4.48. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 25/11/08.....	111
Tabla 4.49. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 25/11/08.....	111
Tabla 4.50. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 25/11/08.....	111
Tabla 4.51. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 26/11/08.....	115
Tabla 4.52. Estimación del Tiempo de Fraguado 26/11/08.....	115
Tabla 4.53. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 26/11/08.....	116
Tabla 4.54. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 26/11/08.....	116
Tabla 4.55. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 26/11/08.....	116
Tabla 4.56. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 27/11/08.....	120
Tabla 4.57. Estimación del Tiempo de Fraguado 27/11/08.....	120
Tabla 4.58. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 27/11/08.....	121
Tabla 4.59. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 27/11/08.....	121
Tabla 4.60. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 27/11/08.....	121
Tabla 4.61. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 01/12/08.....	125
Tabla 4.62. Estimación del Tiempo de Fraguado 01/12/08.....	125
Tabla 4.63. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 01/12/08.....	126
Tabla 4.64. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 01/12/08.....	126

Tabla 4.65. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 01/12/08.....	126
Tabla 4.66. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 02/12/08.....	130
Tabla 4.67. Estimación del Tiempo de Fraguado 02/12/08.....	130
Tabla 4.68. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 02/12/08.....	131
Tabla 4.69. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 02/12/08.....	131
Tabla 4.70. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 02/12/08.....	131
Tabla 4.71. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 03/12/08.....	135
Tabla 4.72. Estimación del Tiempo de Fraguado 03/12/08.....	135
Tabla 4.73. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 03/12/08.....	136
Tabla 4.74. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 03/12/08.....	136
Tabla 4.75. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 03/12/08.....	136
Tabla 4.76. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 08/12/08.....	140
Tabla 4.77. Estimación del Tiempo de Fraguado 08/12/08.....	140
Tabla 4.78. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 08/12/08.....	141
Tabla 4.79. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 08/12/08.....	141
Tabla 4.80. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 08/12/08.....	141
Tabla 4.81. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 09/12/08.....	145
Tabla 4.82. Estimación del Tiempo de Fraguado 09/12/08.....	145
Tabla 4.83. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 09/12/08.....	146
Tabla 4.84. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 09/12/08.....	146
Tabla 4.85. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 09/12/08.....	146
Tabla 4.86. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 10/12/08.....	150
Tabla 4.87. Estimación del Tiempo de Fraguado 10/12/08.....	150
Tabla 4.88. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 10/12/08.....	151
Tabla 4.89. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 10/12/08.....	151
Tabla 4.90. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 10/12/08.....	151
Tabla 4.91. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 12/01/09.....	155
Tabla 4.92. Estimación del Tiempo de Fraguado 12/01/09 .....	155
Tabla 4.93. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 12/01/09.....	156
Tabla 4.94. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 12/01/09.....	156
Tabla 4.95. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 12/01/09.....	156
Tabla 4.96. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 14/01/09.....	160
Tabla 4.97. Estimación del Tiempo de Fraguado 14/01/09.....	160
Tabla 4.98. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 14/01/09.....	161
Tabla 4.99. Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 14/01/09.....	161

Tabla 4.100.	Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 14/01/09...	161
Tabla 4.101.	Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 15/01/09.....	165
Tabla 4.102.	Estimación del Tiempo de Fraguado 15/01/09.....	165
Tabla 4.103.	Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 15/01/09.....	166
Tabla 4.104.	Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 15/01/09.....	166
Tabla 4.105.	Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 15/01/09...	166
Tabla 4.106.	Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 10/02/09.....	170
Tabla 4.107.	Estimación del Tiempo de Fraguado 10/02/09.....	170
Tabla 4.108.	Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 10/02/09.....	171
Tabla 4.109.	Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 10/02/09.....	171
Tabla 4.110.	Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 10/02/09...	171
Tabla 4.111.	Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 11/02/09.....	175
Tabla 4.112.	Estimación del Tiempo de Fraguado 11/02/09.....	175
Tabla 4.113.	Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 11/02/09.....	176
Tabla 4.114.	Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 11/02/09.....	176
Tabla 4.115.	Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 11/02/09...	176
Tabla 4.116.	Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 12/02/09.....	180
Tabla 4.117.	Estimación del Tiempo de Fraguado 12/02/09.....	180
Tabla 4.118.	Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 12/02/09.....	181
Tabla 4.119.	Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 12/02/09.....	181
Tabla 4.120.	Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 12/02/09...	181
Tabla 4.121.	Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 16/02/09.....	185
Tabla 4.122.	Estimación del Tiempo de Fraguado 16/02/09.....	185
Tabla 4.123.	Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 16/02/09.....	186
Tabla 4.124.	Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 16/02/09.....	186
Tabla 4.125.	Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 16/02/09...	186
Tabla 4.126.	Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 18/02/09.....	190
Tabla 4.127.	Estimación del Tiempo de Fraguado 18/02/09.....	190
Tabla 4.128.	Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 18/02/09.....	191
Tabla 4.129.	Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 18/02/09.....	191
Tabla 4.130.	Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 18/02/09...	191
Tabla 4.131.	Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 19/02/09.....	195
Tabla 4.132.	Estimación del Tiempo de Fraguado 19/02/09.....	195
Tabla 4.133.	Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 19/02/09.....	196
Tabla 4.134.	Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 19/02/09.....	196

Tabla 4.135.	Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 19/02/09...	196
Tabla 4.136.	Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 25/02/09.....	201
Tabla 4.137.	Estimación del Tiempo de Fraguado 25/02/09.....	201
Tabla 4.138.	Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 25/02/09.....	202
Tabla 4.139.	Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 25/02/09.....	202
Tabla 4.140.	Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 25/02/09...	202
Tabla 4.141.	Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 26/02/09.....	206
Tabla 4.142.	Estimación del Tiempo de Fraguado 26/02/09.....	206
Tabla 4.143.	Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 26/02/09.....	207
Tabla 4.144.	Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 26/02/09.....	207
Tabla 4.145.	Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 26/02/09...	207
Tabla 4.146.	Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración 2/03/09.....	211
Tabla 4.147.	Estimación del Tiempo de Fraguado 2/03/09.....	211
Tabla 4.148.	Ensayo de Resistencia a Temprana Edad 2/03/09.....	212
Tabla 4.149.	Representación de las Resistencias a las Edades del Ensayo 2/03/09.....	212
Tabla 4.150.	Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas 2/03/09...	212
Tabla 4.151.	Resultados de la Resistencia a Compresión a Temprana Edad.....	216
Tabla 4.152.	Rango de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.....	216
Tabla 4.153.	Promedio del Tiempo de fraguado.....	219
Tabla 4.154.	Estimación del Tiempo Inicial y Final de Fraguado Promedio.....	223
Tabla 4.155.	Promedio de la Resistencia a Compresión a Temprana Edad.....	224
Tabla 4.156.	Resistencia a Compresión a las 10 Horas.....	227
Tabla 4.157.	Resistencia Característica.....	228

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág
Gráfico 4.1. Ensayo realizado el día 21/10/08.....	66
Gráfico 4.2. Ensayo realizado el día 22/10/08.....	71
Gráfico 4.3. Ensayo realizado el día 23/10/08.....	77
Gráfico 4.4. Ensayo realizado el día 29/10/08.....	82
Gráfico 4.5. Ensayo realizado el día 30/10/08.....	87
Gráfico 4.6. Ensayo realizado el día 17/11/08.....	92
Gráfico 4.7. Ensayo realizado el día 19/11/08.....	97
Gráfico 4.8. Ensayo realizado el día 20/11/08.....	102
Gráfico 4.9. Ensayo realizado el día 24/11/08.....	107
Gráfico 4.10. Ensayo realizado el día 25/11/08.....	112
Gráfico 4.11. Ensayo realizado el día 26/11/08.....	117
Gráfico 4.12. Ensayo realizado el día 27/11/08.....	122
Gráfico 4.13. Ensayo realizado el día 01/12/08.....	127
Gráfico 4.14. Ensayo realizado el día 02/12/08.....	132
Gráfico 4.15. Ensayo realizado el día 03/12/08.....	137
Gráfico 4.16. Ensayo realizado el día 08/12/08.....	142
Gráfico 4.17. Ensayo realizado el día 09/12/08.....	147
Gráfico 4.18. Ensayo realizado el día 10/12/08.....	152
Gráfico 4.19. Ensayo realizado el día 12/01/09.....	157
Gráfico 4.20. Ensayo realizado el día 14/01/09.....	162
Gráfico 4.21. Ensayo realizado el día 15/01/09.....	167
Gráfico 4.22. Ensayo realizado el día 10/02/09.....	172
Gráfico 4.23. Ensayo realizado el día 11/02/09.....	177
Gráfico 4.24. Ensayo realizado el día 12/02/09.....	182
Gráfico 4.25. Ensayo realizado el día 16/02/09.....	187
Gráfico 4.26. Ensayo realizado el día 18/02/09.....	192
Gráfico 4.27. Ensayo realizado el día 19/02/09.....	197
Gráfico 4.28. Ensayo realizado el día 25/02/09.....	203
Gráfico 4.29. Ensayo realizado el día 26/02/09.....	208
Gráfico 4.30. Ensayo realizado el día 02/03/09.....	213
Gráfico 4.31. Rango de Resistencia a Compresión a las 10 horas.....	217
Gráfico 4.32. Curva de Calibración Promedio de la Resistencia a Compresión a Temprana Edad del Concreto Proyectado.....	225

## SIMBOLOGÍA

- A: Área transversal de cubo. ( $\text{cm}^2$ ).
- Bp: Área de la superficie de la aguja. ( $\text{cm}^2$ ).
- C: Dosis de cemento ( $\text{Kgf}/\text{cm}^3$ ).
- E: Módulo de deformabilidad. ( $\text{Kgf}/\text{cm}^2$ ).
- Fc: Resistencia a compresión de diseño del concreto. ( $\text{Kgf}/\text{cm}^2$ ).
- Fcr: Resistencia a compresión media requerida del concreto. ( $\text{Kgf}/\text{cm}^2$ ).
- K: Coeficiente de correlación por tipo de probeta.
- P: Carga máxima aplicada. (Kgf).
- Pp: Fuerza requerida para alcanzar una profundidad de 2,5 cm. (Kgf)
- Rc: Resistencia a compresión. ( $\text{Kgf}/\text{cm}^2$ ).
- Rj: Resistencia alcanzada en días. ( $\text{Kgf}/\text{cm}^2$ ).
- R<sub>N</sub>: Resistencia de probetas cilíndricas normalizadas. ( $\text{Kgf}/\text{cm}^2$ ).
- Rp: Resistencia a la penetración. ( $\text{Kgf}/\text{cm}^2$ ).
- R<sub>28</sub>: Resistencia media normativa. ( $\text{Kgf}/\text{cm}^2$ ).
- $\bar{X}$ : Media muestral de cualquier parámetro variable.
- Xi: Valor individual de una muestra cualquiera.
- b: Ancho de una sección rectangular. (cm)
- c: Cohesión. ( $\text{tf}/\text{m}^2$ ).
- ko: Coeficiente de empuje en reposo.
- m y n: Variables auxiliares.
- n: Población.

- z: Variable tipificada de la distribución normal.
- $\Delta$ : Diferencial del rango de valores.
- $\gamma$ : Densidad. (tf/m<sup>3</sup>).
- $\mu$ : Coeficiente de Poisson. (tf/m<sup>2</sup>).
- $\sigma$ : Desviación estándar del universo.
- $\Phi$ : Dilatancia. (°)
- $\phi$ : Ángulo de fricción. (°)

## **INTRODUCCIÓN**

La resistencia a compresión del concreto es un requerimiento fundamental en la construcción de todo tipo de estructuras de concreto. La misma puede depender de varios parámetros como, los agregados, el asentamiento, el tipo de preparación, la colocación, el uso de aditivos, entre otros. Es por esto que a cada uno de ellos se le realiza un estudio independiente, para determinar que realmente son materiales de calidad y que cumplen con los requisitos normativos.

Actualmente, en Venezuela se están realizando las obras del proyecto de ampliación del Metro de Caracas C.A., donde se están ejecutando las obras preliminares para la posterior construcción de los túneles. Dichas obras constan de la construcción de fosos, los cuales son realizados mediante la técnica de proyección del concreto.

Para este tipo de concreto se requiere el uso de aditivos, plastificantes, retardadores y aceleradores de fraguado que hacen que el comportamiento del mismo cambie en su totalidad, y así poder realizar de forma práctica, segura y rápida dicha fabricación. Uno de los factores más importantes es la determinación del tiempo de fraguado ya que con el conocemos el tiempo inicial en que el concreto pasó de su estado plástico (tiempo inicial de fraguado) a su estado endurecido (tiempo final de fraguado) siendo en este instante cuando el concreto comienza a adquirir su resistencia.

El presente trabajo plantea la estimación de la resistencia a compresión del concreto proyectado a edades tempranas, para ello se realizó una investigación de tipo experimental, la cual incluyó ensayos de resistencia a la penetración; para determinar el tiempo de fraguado de dicho concreto y ensayos de resistencia a compresión simple; en donde se obtuvo la resistencia a compresión del concreto entre 0 – 24 horas.

Dicho trabajo se realizó con el fin de verificar la resistencia a compresión del concreto proyectado a las 10 horas; para realizar las excavación y construcciones de los anillos inferiores de una manera rápida, dicha resistencia es  $70 \text{ Kg/cm}^2$  exigida por el proyecto.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la línea 5 del Metro de Caracas c.a., específicamente en el tramo estación Zona Rental – Parque del Este, se están realizando las obras preliminares para la ejecución del túnel. La Constructora Norberto Odebrecht c.a., propuso una nueva metodología de construcción la cual presenta una notable diferencia con las demás líneas del Metro de Caracas que atraviesan la ciudad, esta vez se está utilizando la técnica del túnel minero para evitar la elaboración de trincheras y así no obstaculizar el tráfico o interrumpir los servicios públicos de las zonas afectadas. Sin embargo en la zona UNEFA se necesitará de la construcción de una trinchera la cual consta de la fabricación de fosos de donde se comenzará la perforación, armadura y construcción de dicho túnel. Este tipo de obra resulta una operación muy difícil, ya que constituye a una excavación profunda la cual es fijada y protegida por medio de proyección del concreto, para cumplir con todas las especificaciones de proyecto, es necesario entre otras cosas, conocer los resultados de la resistencia a compresión del concreto proyectado a una edad temprana, especialmente entre 0hr - 10 hrs.

Para identificar la resistencia a compresión de un concreto proyectado se requiere realizar ensayos que permitan definir una curva de calibración más amplia y así conocer el comportamiento del concreto proyectado en cada instante de tiempo en un período comprendido entre 0 hr. a 10 horas. Dichos ensayos serán: establecer el tiempo de fraguado mediante la resistencia a la penetración, utilizando como equipo el penetrómetro; según establece la Norma COVENIN 352-79, y realizar ensayos a compresión antes las 24 hrs., dependiendo del rango de dureza que posea la vigueta; una vez obtenidos estos resultados se podrá obtener gráficamente por medio de interpolación de la curva la resistencia a edad temprana (10 hrs).

Las interrogantes que se desea responder en el marco de esta propuesta de Trabajo Especial de Grado son:

1. Para definir la curva de fraguado de concreto proyectado a una edad temprana (0 hr – 10 hr) se debe tener el fraguado completo del mismo. ¿Cómo hacer para obtener el proceso de fraguado en una edad temprana (0 hr – 10 hr)?
2. ¿Con el aditivo utilizado se podrá alcanzar el fraguado en el tiempo deseado de evaluación entre 0 hr y 10 hr?
3. ¿Cómo será el comportamiento físico que tendrá la mezcla de concreto proyectado gracias a la aplicación de aditivo?
4. ¿Qué cambios se producirán en la preparación y dosificación de la mezcla al agregar el aditivo?
5. ¿Qué otros ensayos se podrán utilizar para definir la resistencia a compresión del concreto proyectado a una edad temprana (0 hr. – 10 hrs.)?
6. ¿Se podrá estimar una resistencia a compresión del concreto proyectado a una edad temprana, (0 hr. - 10 hrs.)?

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Realizar una curva completa promedio de resistencia a compresión del concreto proyectado a temprana edad (0hr – 24hrs).

### **Objetivos Específicos**

1. Diseñar tablas que muestren los resultados de los ensayos de resistencia a la penetración y resistencia a compresión realizados.
2. Documentar el proceso de elaboración de la mezcla de concreto proyectado.
3. Prever el tiempo de fraguado del concreto proyectado mediante el ensayo de penetración.
4. Documentar el proceso del ensayo de compresión entre 0hr y 24hrs. Utilizando probetas de (10 X 10 X 10cm).
5. Estimar rangos de resistencia a compresión en edades entre (0 hr - 10hrs).
6. Estimar la Resistencia a Compresión a las 10hrs. por proyección del tiempo obtenido para el fraguado final, utilizando el método de interpolación de una curva.

## **APORTES**

El objetivo de un diseño de hormigones es el de obtener una mezcla que posea un mínimo de determinadas propiedades tanto en estado fresco como endurecido, al menor costo de producción posible.

Las propiedades del concreto endurecido son especificadas por el proyectista de la estructura, y las propiedades del concreto fresco están definidas básicamente por el tipo de construcción, técnicas de colocación y transporte.

El costo de elaboración del concreto depende de los materiales, equipos y la mano de obra. Dentro de los materiales, es la cantidad de cemento la que normalmente define el costo final, aunque el uso de aditivos especiales puede tener una incidencia importante.

Por su parte la resistencia a la compresión normalmente se cuantifica a los 28 días de colocado el concreto, sin embargo, en estructuras especiales como túneles y presas, pueden especificarse en edades menores o mayores. En túneles es bastante frecuente evaluar dicha resistencia a los 7 días o a menor edad (es el caso a estudiar), mientras que en presas se suele utilizar como referencia la resistencia a los 56 días o más.

El trabajo especial de grado tiene un aporte significativo para la ingeniería y la institución, pues la importancia de conocer la resistencia a temprana edad del concreto proyectado, ayudará a tener un mejor control sobre su comportamiento. Hoy en día no se conoce el proceso de desarrollo de resistencia de este tipo de concreto a edades tempranas, ya que la elaboración requiere de aditivos retardadores, aceleradores de fraguado y la propia dinámica de obra hace que el comportamiento se vea alterado. En la investigación se estudiará detalladamente dicho desarrollo, así como también se propondrá un rango de valores y curvas de resistencia que servirán como guía para la construcción de futuros fosos y distintas obras en el país.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Antecedentes.

El presente proyecto no posee ningún tipo de antecedentes o trabajos previos que hayan sido realizados dentro de la empresa, dicha empresa se ha visto en la necesidad de realizar tal estudio ya que el tipo de construcción requiere del conocimiento completo del desarrollo de la resistencia y así verificar que se cumplen con todas las premisas de diseño.

Sin embargo se consulto un trabajo relacionado como el señalado a continuación:

En el año 2004, Bautista, Díaz, Ruiz y Sánchez, publicaron un artículo en la revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes titulado “*Caracterización de mezclas de concreto utilizadas en sistemas industrializados de construcción de edificaciones*”. En el cual uno de sus planteamientos es que mediante ensayos de laboratorio se llevó a cabo una caracterización de físico- mecánica de los diferentes concretos que se utilizan en los sistemas industrializados de construcción de edificaciones, haciendo un análisis comparativo de este tipo de mezclas a diferentes edades (horas y días) ; adicionalmente se contrastaron las principales propiedades mecánicas de estos concretos especiales con los del concreto convencional bombeable usado en la construcción de placas en sistemas tradicionales., el concreto utilizado para este tipo de sistemas debe tener características especiales de resistencia en edades tempranas comparadas con las resistencias máximas de concretos convencionales bombeables, ya que los sistemas estructurales deben ser capaces de soportar cargas sobre impuestas a edades tempranas de su proceso de fraguado.

## 1.2. Aspectos Fundamentales.

### 1.2.1. Fosos.

Los fosos de gran diámetro también son conocidos como fosos NATM, esencialmente ejecutados con malla metálica y concreto proyectado. Se entiende por fosos de gran diámetro, fosos que no pueden ser ejecutados por equipos de perforación convencionales como perforadores o jet-crouting (que usualmente son empleados en la elaboración de pequeños fosos con diámetros no mayores a 1m). Los fosos de gran diámetro pueden tener diámetros de excavación en el orden de decenas de metros, teniendo hoy en día fosos de hasta 40m.

En función de su simplicidad de ejecución y costo altamente competitivo en relación a obras de igual función, como zanjas a cielo abierto apuntalada (o atirantadas), la utilización de los fosos de gran diámetro se da en los diversos campos de la ingeniería, como en metros, ferrovías, carreteras, transporte de energía, obras de saneamiento, entre otras.

Por estar fuertemente basados en los principios básicos de NATM (New Austriac Tunneling Method) que son la utilización del propio terreno a excavar como parte del sistema de soporte (el terreno no actúa solamente como carga) de la intensa instrumentación del terreno durante el proceso ejecutivo (para contrastar la metodología constructiva y el sistema de soporte empleado), los fosos circulares de gran diámetro son también tratados como fosos NATM, además se observará a lo largo del trabajo que son varias las similitudes entre los fosos circulares de gran diámetro y los túneles NATM.

#### 1.2.1.1.Principales usos de los Fosos NATM.

Como se mencionó anteriormente son diversas las utilidades de los fosos NATM en obras de ingeniería. Los fosos NATM en la *fase útil de la obra*, servirán como abrigo para salas técnicas, equipos de ventilación, equipos de bombeo, salidas de emergencia, accesos para usuarios de estaciones de metro, entre otros, *en la fase*

*de construcción de la obra*, son muchas veces utilizados como acceso para la llegada a otros frentes de excavación de obras subterráneas. En Brasil, se encuentra el Foso Mackenzie, el mismo funciona como frente de ataque para las diversas obras subterráneas que componen la estación Higinópolis, que son el Túnel de Comunicación y el Túnel del Cuerpo de la Estación (que comprenderá las plataformas de embarque); en la fase definitiva el Foso Mackenzie abrigará las salas técnicas y el sistema de ventilación de la estación. El Foso posee 20m de diámetro y 35m de profundidad.

#### **1.2.1.2.Principales elementos constructivos de Fosos NATM.**

Los principales elementos constructivos de un foso NATM son (en orden de secuencia para la ejecución): viga cabezal o viga de borde, revestimiento primario, losa del fondo del foso, foso de bombeo provisional, losa de trabajo de fondo, losa estructural de fondo, sistema de impermeabilización, revestimiento secundario, estructuras internas (si las hay).

La principal función de la viga cabezal o de borde es garantizar la rigidez en la parte superior del foso y resistir las sobrecargas de superficie originadas principalmente por la grúa, pórticos, y tránsito de equipos en las proximidades del foso. La viga cabezal es en concreto vaciado, armada con barras de acero (cabillas). Las dimensiones típicas de las vigas cabezal están en el orden de 0.50m x 0.50m, variando en función de las dimensiones del foso, de la calidad del terreno y del tipo de equipos que se utilicen en la obra.

La principal función del revestimiento primario es la de garantizar la estabilidad del foso durante la fase de construcción del mismo. El revestimiento primario mantiene el foso abierto hasta que el revestimiento final (definitivo) sea ejecutado. El revestimiento primario es ejecutado con concreto proyectado y malla de acero electrosoldada. Los espesores de concreto proyectado varían de 20cm a 60cm (en terrenos muy suelto) y de 5cm a 20cm (en terrenos rocosos). Debido a la

geometría circular (o muy próxima a la circular), los esfuerzos solicitantes en la estructura de revestimiento primario son principalmente de compresión, siendo los momentos flectores y los esfuerzos cortantes algo bajos. Normalmente la excavación de fosos se da con el terreno drenado (a través de pozos auxiliares de abatimiento del nivel freático) o con la presión hidráulica aliviada en el contorno (a través de geodrenes radiales), en función de esto es común que el revestimiento sea diseñado y dimensionado para solicitaciones de empuje del terreno e sobrecargas en la superficie. No es común dimensionar el revestimiento primario para solicitaciones de empuje de agua. En algunas situaciones especiales, donde no es posible el abatimiento del nivel freático (por ejemplo, por estar el foso inmerso en un área con el nivel freático contaminado junto a la superficie, o por estar el foso inmerso en un terreno que sufre grandes resaltes o si fuese más pequeños) el revestimiento primario es también diseñado para resistir solicitaciones hidrostáticas. En estos casos, mas allá de dimensionar el revestimiento primario para resistir empujes de agua, también se emplean tratamientos de terreno junto al contorno de foso para garantizar la estabilidad durante el proceso de excavación.

La función principal de la losa de piedra de fondo es posibilitar una primera regularización del fondo del foso (es la regularización más grande) y funciona como colchón de drenaje para las aguas que entran al foso (por filtración de las paredes, por los drenajes colocados, y por el propio fondo de excavación) durante la etapa constructiva de la obra estas aguas son captadas hasta el foso provisional de bombeo. El espesor de la losa de piedra del fondo usualmente varía entre 5 cm y 15 cm.

La principal función del foso provisional de bombeo es almacenar (pequeño volumen) y bombear para la superficie el agua que entra al foso durante la etapa constructiva de la obra.

La principal función de la losa de trabajo de fondo; es posibilitar mejor la regularización del fondo del foso y mejorar las condiciones de trabajo, en cuanto al

tráfico de personas y equipos durante la etapa constructiva de la obra. El espesor de la losa base varía entre 10cm y 20cm.

La losa base estructural tiene como función posibilitar el cerramiento interior del foso e servir como base de apoyo para las diversas estructuras internas que componen la arquitectura del foso (pilotes, escaleras, paredes, entre otros). La losa base debe ser diseñada para resistir las solicitaciones hidrostáticas (sub-presión de agua). El espesor de la losa varía de acuerdo con las dimensiones del foso y de la magnitud de las solicitaciones hidrostáticas; usualmente el espesor varía desde 50cm a más de 3m.

Un problema que debe ser solucionado en fosos de gran diámetro es la fluctuación del foso. La fluctuación ocurre cuando la sub-presión (empuje de agua de abajo hacia arriba) actuante en la losa base es mayor que el peso propio de la estructura del foso. Normalmente durante la fase constructiva el foso es drenado, por tanto, el problema de fluctuación es inerte a la fase definitiva de la obra (aun cuando el sistema de abatimiento es paralizado/desconectado). Una manera de evitar ese problema es ejecutar una losa base con un espesor suficiente para solucionar la sub-presión con su propio peso-propio. Esa solución acarrea muchas veces un espesor de losa muy grande aumentando el costo de la obra (con servicios de excavación e concreto adicional). Otra forma de resolver este problema es a través de la ejecución de un anclaje para losa base en la parte inferior del revestimiento primario, de tal forma que los esfuerzos en la losa son transmitidos al revestimiento primario y a través de este, transmitidos al terreno, movilizándolo en el contacto revestimiento-primario/terreno.

La principal función del sistema de impermeabilización es minimizar las filtraciones en la estructura final del foso. Normalmente la impermeabilización es realizada con manto PVC flexible con espesor de 2 a 3mm, instalado entre el revestimiento primario y el revestimiento secundario. Detrás de la manta, junto al revestimiento primario se aplica un geotextil para dar protección mecánica al manto

PVC. Actualmente se emplea impermeabilización proyectada, directamente sobre el revestimiento primario.

La principal función del revestimiento secundario es garantizar la estabilidad del foso durante la vida útil de la obra (50, 100 años). El revestimiento secundario (o definitivo) es dimensionado para resistir los esfuerzos del suelo, sobrecargas y solicitaciones hidrostáticas relativas al posicionamiento del nivel freático en su cota original (o el previsto con la cota máxima para la vida útil de la obra). Normalmente el revestimiento secundario es en concreto moldeado reforzado con acero y en su dimensionamiento no se considera la atribución del revestimiento primario. El espesor del revestimiento primario varía de acuerdo con las dimensiones del foso y la magnitud de la sollicitación del suelo y la hidrostática que actúa en las paredes del foso; usualmente el espesor varía de 30 cm a 80 cm. En países con actividades sísmicas, el revestimiento secundario también es dimensionado para resistir las sollicitaciones del sismo.

### **1.2.2. Metodología de construcción de Fosos UNEFA.**

#### **1.2.2.1. Foso Norte.**

El Foso UNEFA Norte, pertenece a la unidad constructiva Foso UNEFA de partida de los escudos, Línea 5 del Metropolitano de Caracas, Venezuela. Dicho Foso UNEFA está situado entre las estaciones Tamanaco y Chuao, futuras estaciones de la Línea 5.

El foso posee sección transversal circular con cerca de 28m de diámetro y 27.43m de profundidad. Juntamente con el túnel de conexión (Túnel UNEFA, que interconectará un foso al otro), servirán como área para montaje del escudo y como área de ataque de las excavaciones de los túneles de vía de la Línea 5 (que serán excavados con auxilio del escudo).

1.2.2.1.1. Ubicación del Foso Norte.

Se presenta a continuación en la figura 1.1 la ubicación del Foso Norte.

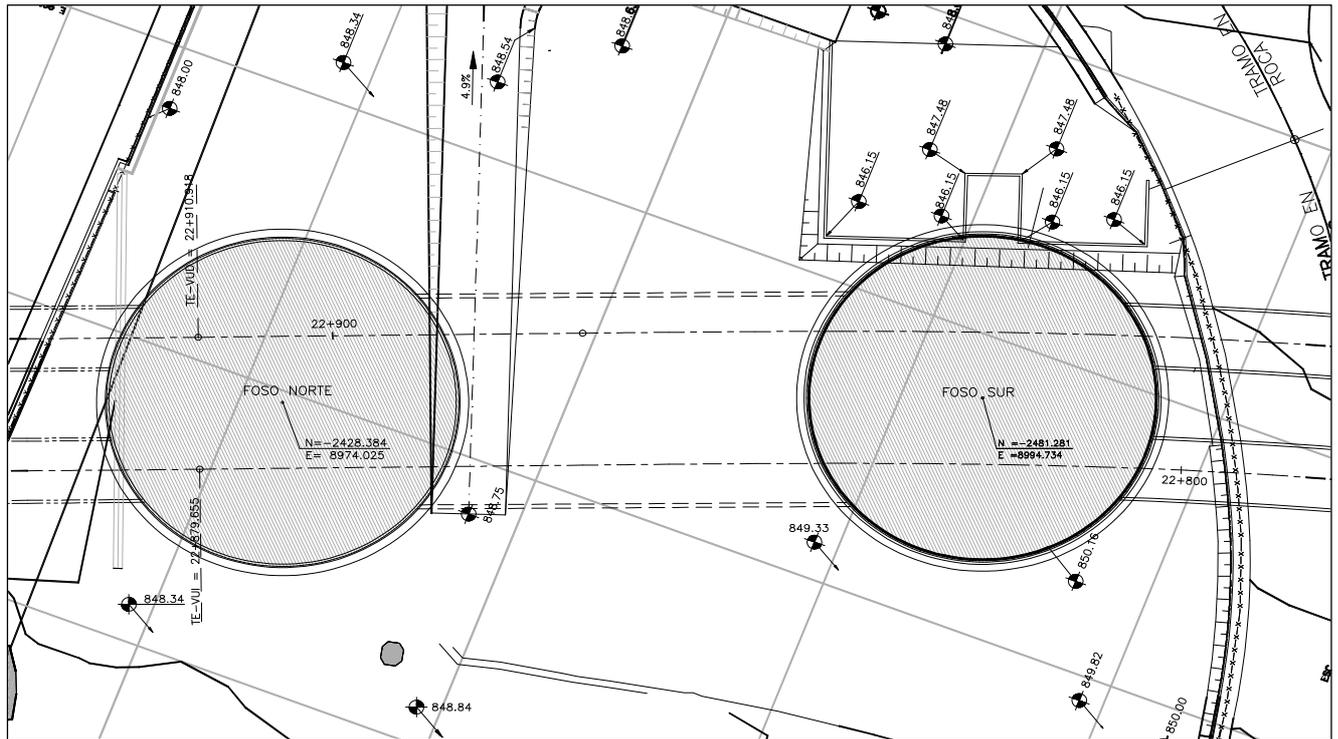
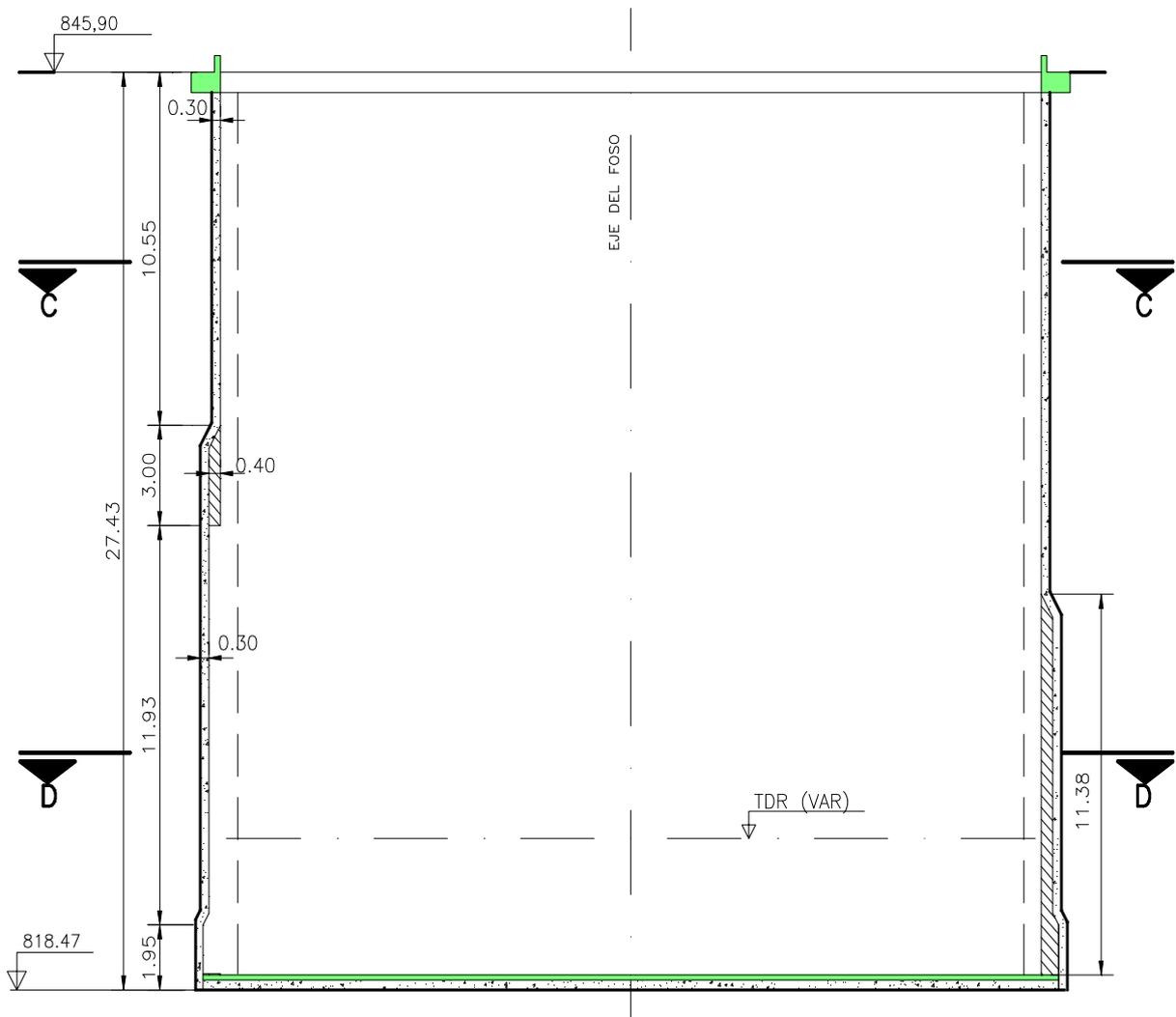


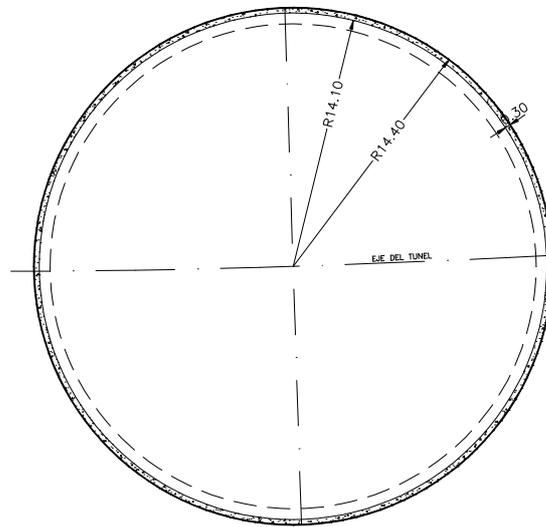
Figura 1.1. Ilustración de la ubicación del Foso Norte.

**1.2.2.1.2. Geometría del Foso Norte.**

A continuación se presentan en las figuras 1.2., 1.3., 1.4. la geometría del foso UNEFA Norte de partida de los escudos, Línea 5 del Metropolitano de Caracas.

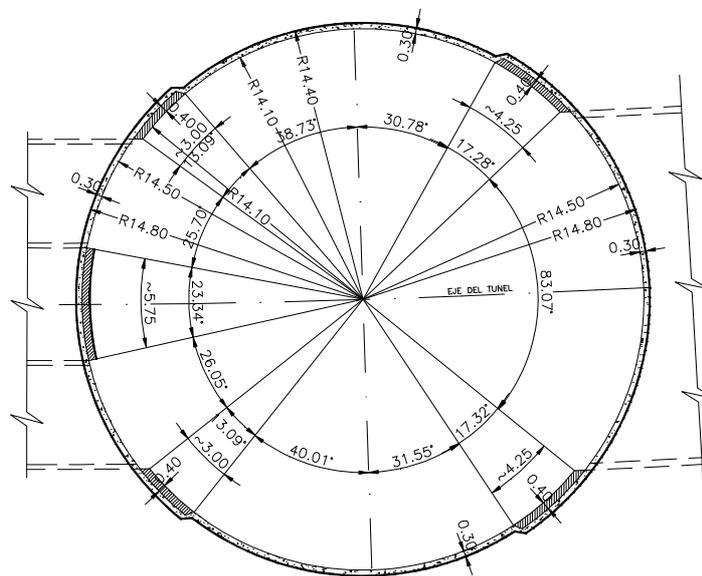


**Figura 1.2. Perfil longitudinal del Foso Norte.**



SECCION C-C

**Figura 1.3.** Perfil transversal del Foso Norte.



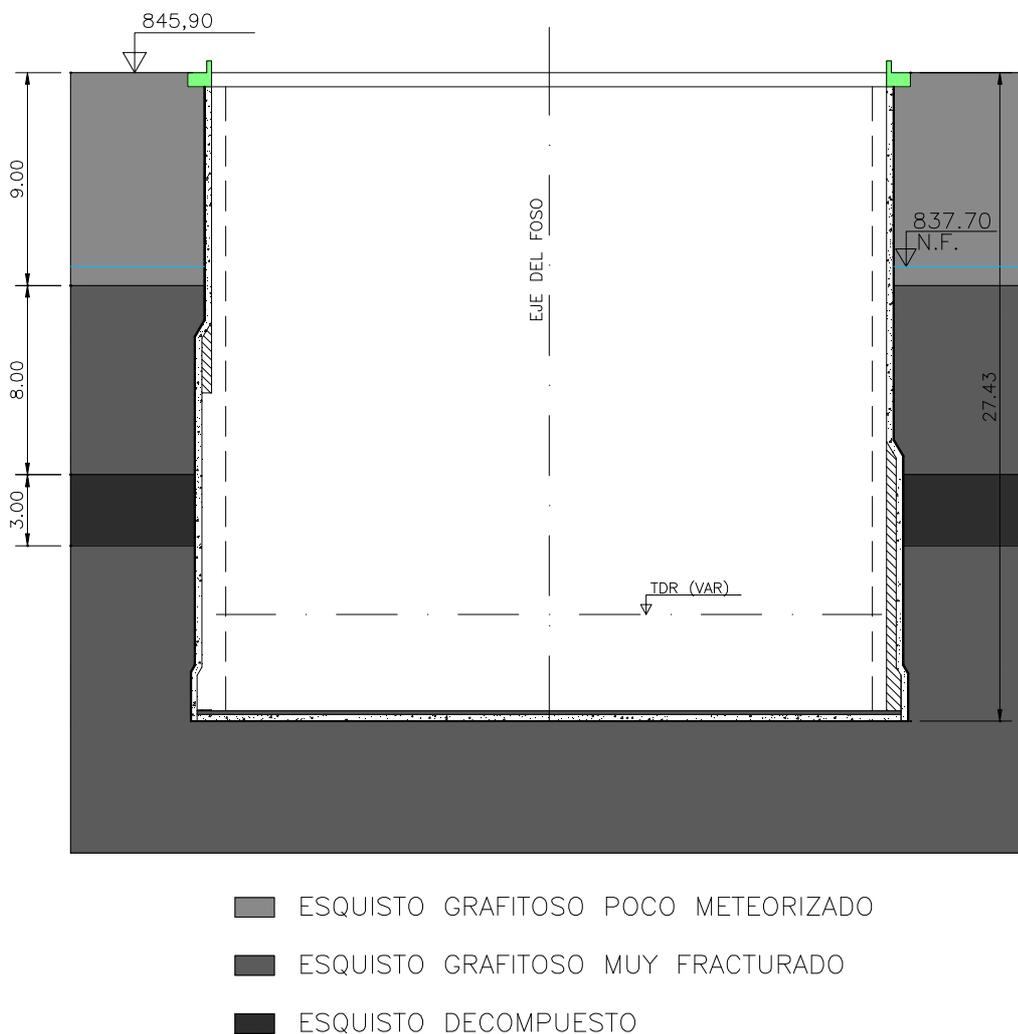
SECCION D-D

**Figura 1.4.** Perfil transversal del Foso Norte.

### 1.2.2.1.3. Geología local donde el foso será construido.

#### 1.2.2.1.3.1. Perfil Geológico.

Se presenta a continuación en la figura 1.5. la estratificación considerada en el análisis realizado. El nivel freático fue considerado en la cota 837.70 aproximadamente a 8.20m de profundidad.



**Figura 1.5.** Perfil Geológico del lugar donde será Construido el Foso UNEFA Norte.

**1.2.2.1.4. Parámetros Considerados.**

Se presentan a continuación los parámetros geotécnicos (y parámetros del modelo constitutivo utilizado) considerados para cada estrato. Estos parámetros geotécnicos están basados en el sondeo PF-1.

**• Esquisto Grafítico poco Meteorizado.**

Módulo de Deformabilidad (E): 244 000 tf/m<sup>2</sup>

Cohesión (c): 21.8 tf/m<sup>2</sup>

Ángulo de Fricción ( $\phi$ ): 47°

Dilatancia ( $\varphi$ ): 0°

Densidad ( $\gamma$ ): 2.5 tf/m<sup>3</sup>

Coefficiente de Poisson ( $\mu$ ): 0.25

Coefficiente de empuje en reposo ( $k_0$ )=0.50

**• Esquisto Grafítico muy Fracturado.**

Módulo de Deformabilidad (E): 116 900 tf/m<sup>2</sup>

Cohesión (c): 16.0 tf/m<sup>2</sup>

Ángulo de Fricción ( $\phi$ ): 43°

Dilatancia ( $\varphi$ ): 0°

Densidad ( $\gamma$ ): 2.5 tf/m<sup>3</sup>

Coefficiente de Poisson ( $\mu$ ): 0.25

Coefficiente de empuje en reposo ( $k_0$ )=0.50

- **Esquisto Decompuesto.**

Módulo de Deformabilidad (E): 4 200 tf/m<sup>2</sup>

Cohesión (c): 4.1 tf/m<sup>2</sup>

Ángulo de Fricción (φ): 21°

Dilatancia (φ): 0°

Densidad (γ): 2.4 tf/m<sup>3</sup>

Coefficiente de Poisson (μ): 0.30

Coefficiente de empuje en reposo (ko)=0.50

- **Parametros para el concreto.**

El concreto proyectado del Foso Sur, debe presentar los siguientes parámetros:

- **fc`:**

Concreto Proyectado: 10 horas → 70 kgf/cm<sup>2</sup>

28 días → 300 kgf/cm<sup>2</sup>

Concreto Encofrado en Sitio: 28 días → 300 kgf/cm<sup>2</sup>

- **Módulo de Deformabilidad (E = 15100 (fc`)<sup>1/2</sup>):**

Concreto Proyectado: 8 horas → E≈135000 kgf/cm<sup>2</sup>

Concreto Encofrado en Sitio: 28 días → E≈261000 kgf/cm<sup>2</sup>

- **Densidad (γ):**

Concreto Proyectado: 2.5tf/m<sup>3</sup>

Concreto Encofrado en Sitio: 2.5tf/m<sup>3</sup>

- **Coefficiente Poisson ( $\mu$ ):**

Concreto Proyectado: 0.25

Concreto Encofrado en Sitio: 0.25

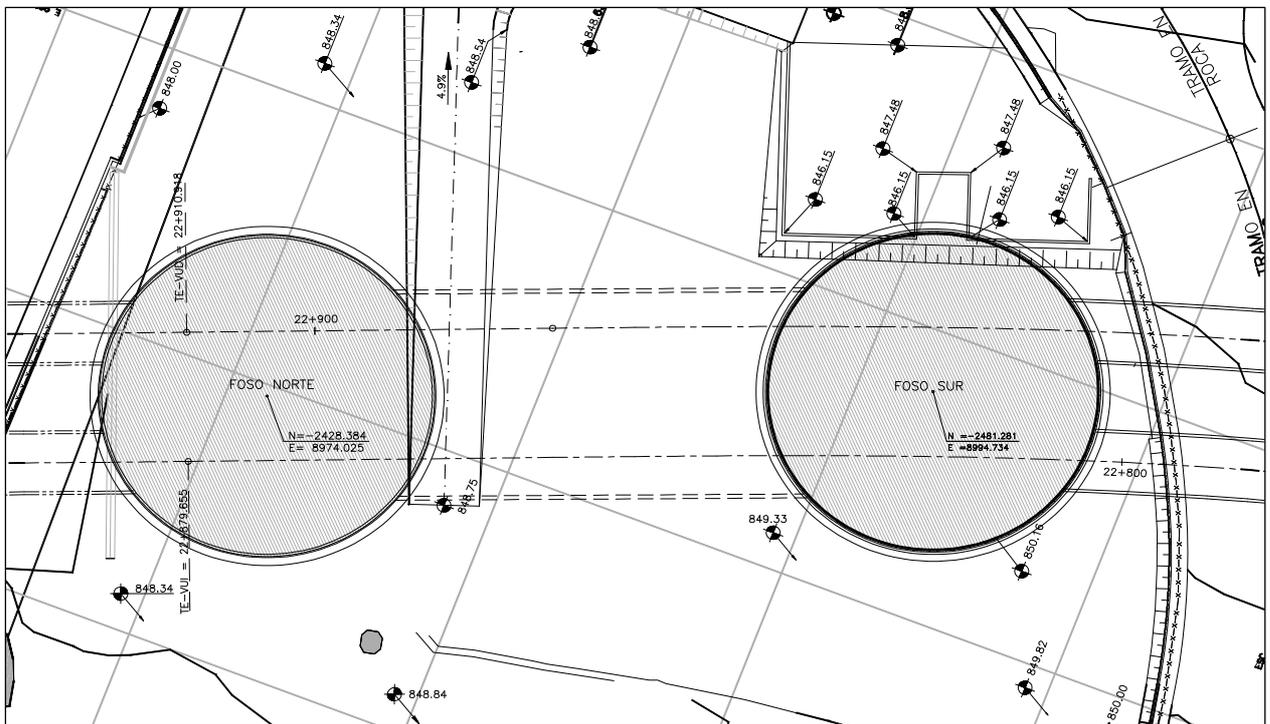
### 1.2.2.2. Foso Sur.

El Foso UNEFA Sur, pertenece a la unidad constructiva Foso UNEFA de partida de los escudos, Línea 5 del Metro de Caracas, Venezuela. El Foso UNEFA está situada entre las estaciones Tamanaco y Chuao, futuras estaciones de la Línea 5.

Los fosos poseen sección transversal circular con cerca de 28 m de diámetro y aproximadamente 28.73m de profundidad. Juntamente con el túnel de conexión (Túnel UNEFA, que interconectará un foso al otro), servirán como área para montaje del escudo y como área de ataque de las excavaciones de los túneles de vía de la Línea 5 (que serán excavados con auxilio del escudo).

#### 1.2.2.2.1. Ubicación del Foso Sur.

Se presenta a continuación en la figura 1.6. la ubicación del foso sur.



**Figura 1.6. Ilustración de la ubicación del Foso Sur.**

1.2.2.2.2. Geometría del Foso Sur.

A continuación se presentan en las figuras 1.7., 1.8.y 1.9. la geometría del foso UNEFA Sur de partida de los escudos, Línea 5 del Metropolitano de Caracas.

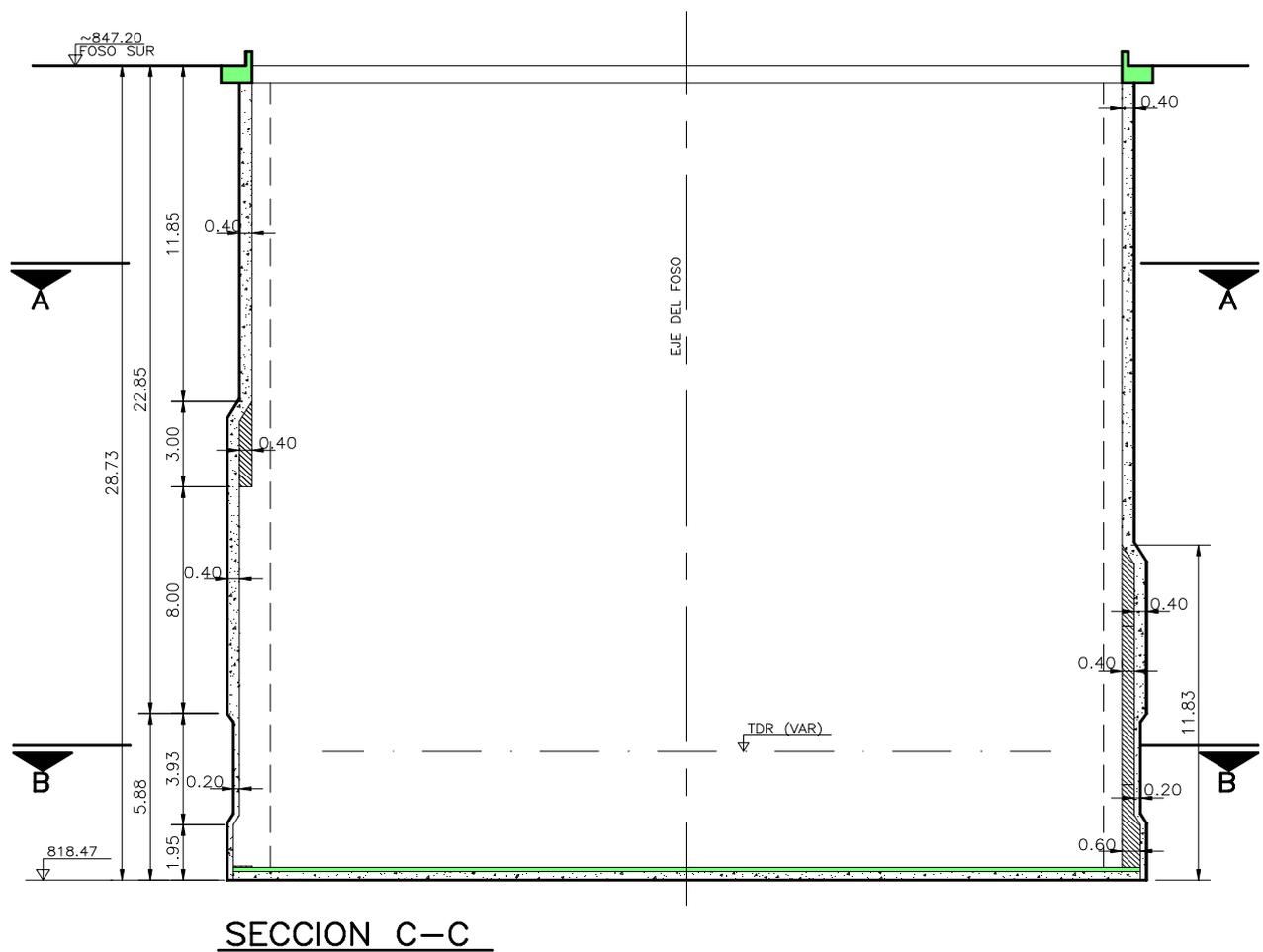
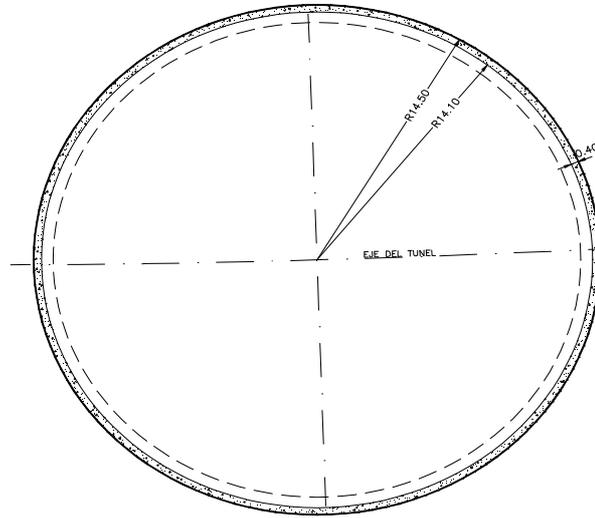
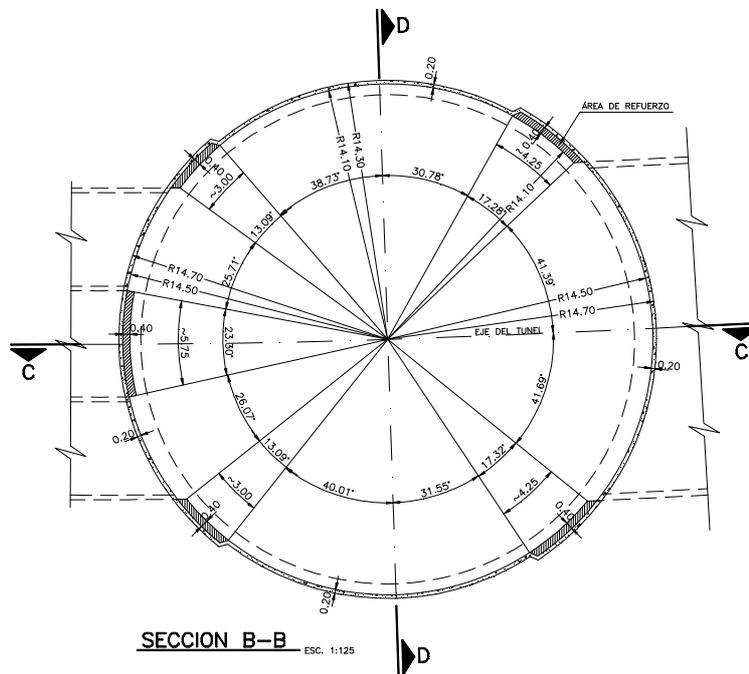


Figura 1.7. Perfil longitudinal del Foso Sur.



SECCION A-A

Figura 1.8. Perfil transversal del Foso Sur.



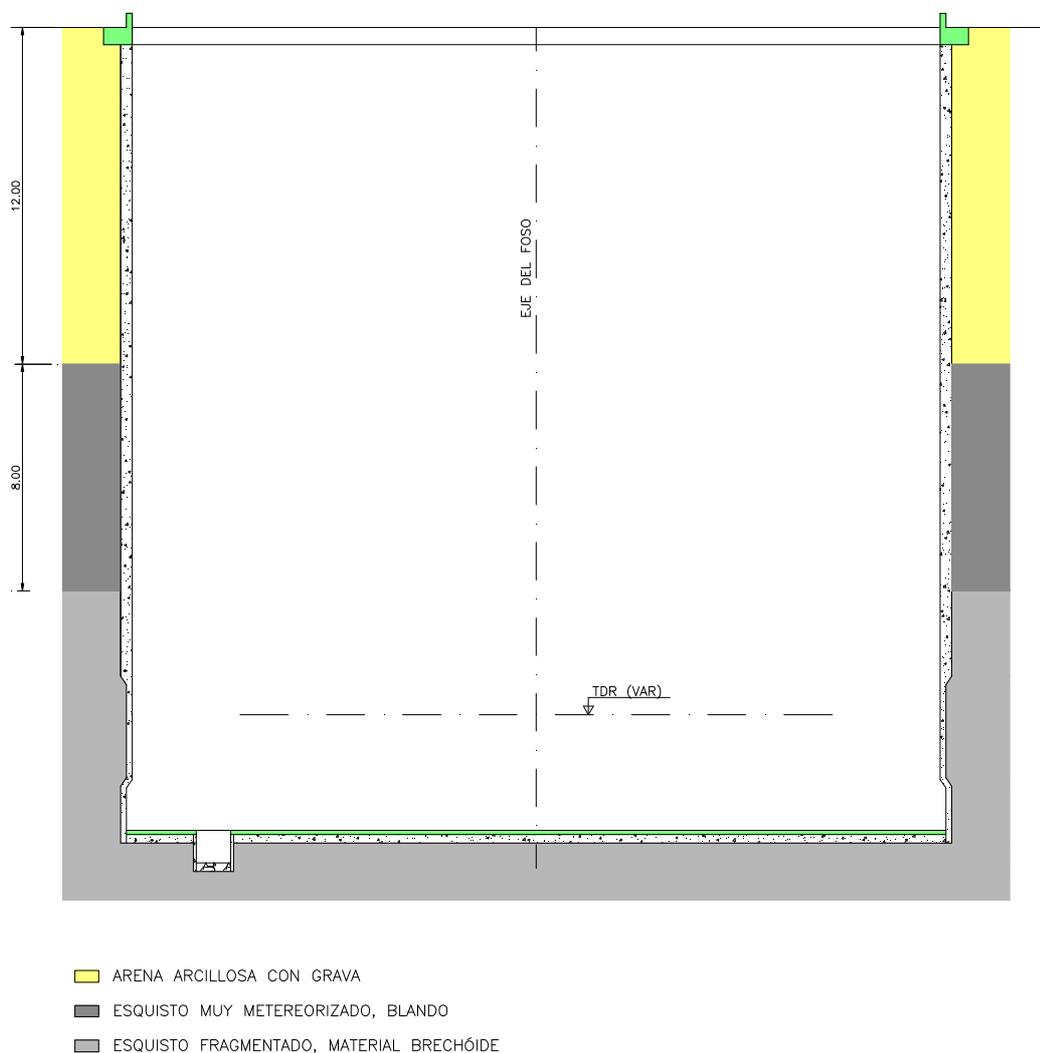
SECCION B-B ESC. 1:125

Figura 1.9. Perfil transversal del Foso Sur.

### 1.2.2.2.3. Geología local donde el Foso será construido.

#### 1.2.2.2.3.1. Perfil Geológico.

Se presenta a continuación en la figura 2.10. la estratificación considerada en el análisis realizado. El nivel freático fue considerado en la cota 838.94 aproximadamente a 8.06 m de profundidad.



**Figura 1.10.** Perfil Geológico del lugar donde será Construido el Foso UNEFA Sur.

#### 1.2.2.2.4. Parametros de Diseño

Se presentan a continuación los parámetros geotécnicos (y parámetros del modelo constitutivo utilizado) considerados para cada estrato. Estos parámetros geotécnicos están basados en el sondeo PF-04.

- **Arena Arcillosa con grava.**

Módulo de Deformabilidad (E): 4900 tf/m<sup>2</sup>

Cohesión (c): 1.0 tf/m<sup>2</sup>

Ángulo de Fricción ( $\phi$ ): 33°

Dilatancia ( $\varphi$ ): 0°

Densidad ( $\gamma$ ): 2.1 tf/m<sup>3</sup>

Coefficiente de Poisson ( $\mu$ ): 0.30

Coefficiente de empuje en reposo ( $k_0$ )=0.50

- **Esquisto Muy Meteorizado, blando.**

Módulo de Deformabilidad (E): 4200 tf/m<sup>2</sup>

Cohesión (c): 4.1 tf/m<sup>2</sup>

Ángulo de Fricción ( $\phi$ ): 21°

Dilatancia ( $\varphi$ ): 0°

Densidad ( $\gamma$ ): 2.4 tf/m<sup>3</sup>

Coefficiente de Poisson ( $\mu$ ): 0.30

Coefficiente de empuje en reposo ( $k_0$ )=0.50

- **Esquisto fragmentado, material brechoide.**

Módulo de Deformabilidad (E): 67 000 tf/m<sup>2</sup>

Cohesión (c): 12.7 tf/m<sup>2</sup>

Ángulo de Fricción ( $\phi$ ): 38°

Dilatancia ( $\varphi$ ): 0°

Densidad ( $\gamma$ ): 2.5 tf/m<sup>3</sup>

Coefficiente de Poisson ( $\mu$ ): 0.25

Coefficiente de empuje en reposo ( $k_0$ )=0.50

- **Parametros para el Concreto.**

El concreto proyectado del Foso Sur, debe presentar los siguientes parámetros:

- **f'c:**

Concreto Proyectado: 10 horas → 70 kgf/cm<sup>2</sup>

28 días → 300 kgf/cm<sup>2</sup>

Concreto Encofrado en Sitio: 28 días → 300 kgf/cm<sup>2</sup>

- **Módulo de Deformabilidad (E = 15100 (fc')<sup>1/2</sup>):**

Concreto Proyectado: 8 horas → E≈135000 kgf/cm<sup>2</sup>

Concreto Encofrado en Sitio: 28 días → E≈261000 kgf/cm<sup>2</sup>

- **Densidad ( $\gamma$ ):**

Concreto Proyectado: 2.5tf/m<sup>3</sup>

Concreto Encofrado en Sitio: 2.5tf/m<sup>3</sup>

- **Coefficiente Poisson ( $\mu$ ):**

Concreto Proyectado: .25

Concreto Encofrado en Sitio: .25

### **1.2.3. Concreto**

#### **1.2.3.1. Definición.**

El concreto es una mezcla constituida básicamente en dos partes: agregado y pasta. Los agregados dan la resistencia adecuada al concreto pueden ser agregado fino o agregado grueso, dependiendo de la dosificación de la mezcla. La pasta tiene la propiedad de endurecer con el tiempo, está compuesta por un producto aglomerante o conglomerante, que es el cemento y agua, la cual reacciona químicamente con el cemento endureciendo.

#### **1.2.3.2. Características Principales.**

Existen muchas características importantes del concreto que se pueden estudiar en determinadas circunstancias. Sin embargo, se encuentra que son dos las propiedades principales que tiene este material.

La primera está relacionada con el grado de fluidez de la mezcla esta característica está asociada con la facilidad que se tiene el en vaciado del concreto, se mide a través de ensayos que evalúan la plasticidad de la mezcla. La segunda es el endurecimiento o resistencia que es capaz de adquirir el concreto, es comprobada por medio de ensayos mecánicos de compresión o tracción en muestras tomadas; una vez obtenidos los resultados podemos realizar estimaciones de otro tipo de tensiones como flexión o corte.

#### **1.2.3.3. Resistencia a Compresión.**

El desarrollo de la resistencia es tan importante como la velocidad en la que se adquiere. En el momento en que el cemento comienza su proceso de hidratación también comienza el endurecimiento del mismo, es allí cuando se inicia la ganancia de la resistencia primero a una velocidad elevada y luego que va transcurriendo el tiempo se hace más lento.

La edad normativa para evaluar la resistencia a compresión en casi todos los países es a los 28 días, sin embargo hay una importante tendencia para estimarla en función de los resultados a los 7 días. En algunas ocasiones, puede ser por propósitos informativos o de acuerdo a las características de la obra, esa determinación es normativa, se puede evaluar tal resistencia a edades distintas a los 28 días, tales como 1, 3, 7, 14, 90 y 360 días. La edad de los 28 días se eligió a partir del momento en que se empezaba a estudiar con mayor precisión la tecnología del concreto por razones técnicas y prácticas. Desde el momento en que se empieza a estudiar con mayor detenimiento la tecnología del concreto, por razones prácticas y técnicas se eligió la edad de 28 días. Prácticas, ya que es un múltiplo de los días de la semana y se evita realizar ensayos en días no laborables después del vaciado del mismo y técnicas porque a esa edad ya el desarrollo de la resistencia está bastante elevada y para la técnica de la construcción no se interrumpía considerablemente con el avance de la obra; sin embargo, esta razón ha cambiado, pues con los métodos constructivos actuales, 28 días puede significar un gran adelanto de la obra por los encima de los volúmenes del concreto cuya calidad no se conoce.

La velocidad depende de ciertas variables que suelen ser distintas entre un concreto y otro, esto hace que el crecimiento de la resistencia no pueda ser generalizado para cualquier concreto. Entre las variables más importantes tenemos: la relación agua/cemento, que mientras más baja más favorece a la velocidad; la composición del cemento; la calidad y el tipo de agregados; las condiciones ambientales y la eficiencia del curado.

Para lograr tener en un concreto de materiales y condiciones específicas una precisión adecuada, es necesario realizar suficientes ensayos de resistencia a compresión en las edades correspondientes, ya que con esa información se pueden realizar curvas de tendencia del crecimiento de la resistencia. Este procedimiento es aplicable en obras de gran importancia, pues es donde tenemos volúmenes de concreto significativos.

Cuando se realizan ensayos a edades tempranas se pueden llegar a resultados errados, pues no se ha investigado índices particulares del crecimiento de la resistencia. Cuando no se tiene seguridad de los resultados obtenidos, el ensayo a los 28 días comprobaba si los estudios fueron correctos.

Se han realizados gran cantidad de investigaciones en obras y laboratorios que indican que el crecimiento de la resistencia hasta los 28 días viene dado por una ley logarítmica del tipo:

$$R_j = m * \log j + b \quad (1.1.)$$

Donde:

**R<sub>j</sub>**: es la resistencia alcanzada en j días.

**m y b**: son constantes propias del concreto, son el tipo de solicitaciones o ensayos y la conservación del concreto.

Aunque con un bajo grado de precisión, esta fórmula se aplica en concreto de de has 4 años de edad siendo así, mas general. En la figura 1.11. presentada a continuación, se muestran las curvas de crecimiento logarítmicos de dos diferentes niveles de resistencias entre los días 3 y 28 de concretos preparados con la misma dosificación.

La siguiente grafica expresa R<sub>j</sub> en Kg/cm<sup>2</sup>, j en días, m como la pendiente de la recta, la cual representa la velocidad de crecimiento de la resistencia, suele tener una variación alta entre 30 y 90, según el tipo de concreto y el valor b dependerá del nivel de resistencia con el cual se esté trabajando. La formula antes descrita tiene la ventaja de poder calcular resistencia en edades intermedias a las que se realicen ensayos con bastante precisión calculando las constantes m y b. Para calcular resistencias en edades menores a 1 días o mayores a 28 días, se debe extrapolar la recta y debe confirmar mediante pruebas.

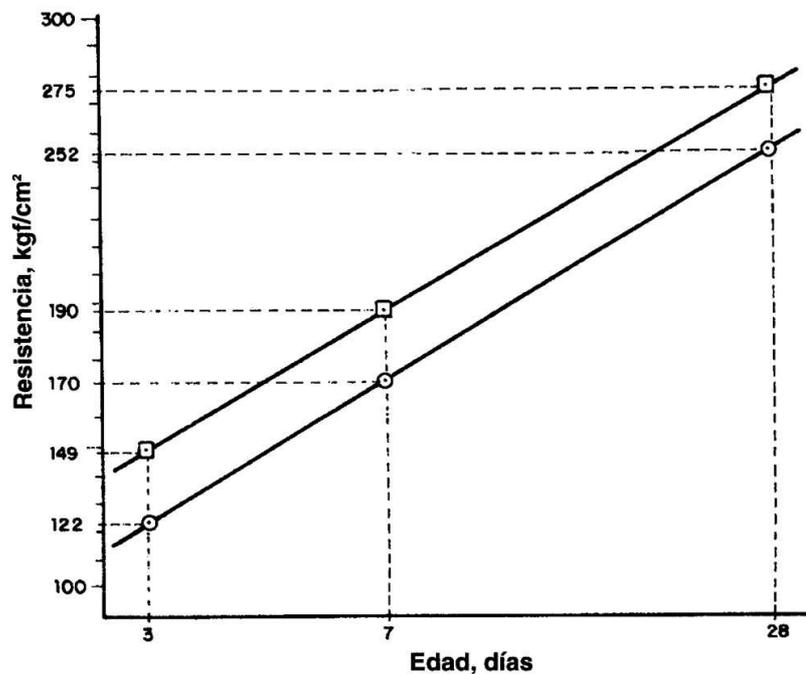


Figura 1.11. Crecimiento de Resistencia.

#### 1.2.4. Concreto Proyectado.

##### 1.2.4.1. Definición.

El concreto proyectado o shotcrete se denomina a un concreto que se dispara por medio de aire a presión a través de una boquilla, el cual, al chocar con la superficie se endurece y queda adherido a ella.

Es utilizado para la protección de taludes, construcción de túneles, construcción de fosos, fabricación de tubos, elementos estructurales de formas complejas, entre otros. Es capaz de adquirir elevadas resistencias mecánicas, es resistente al fuego, tiene baja absorción y ofrece buena resistencia al ambiente.

Sus inicios fueron dados en el 1910 cuando se patentó un dispositivo disparador el cual fue llamado guinte y posteriormente se denominó guncrte, pneucrte ó jetcrte, finalmente ACI en 1951 le dio el nombre de shotcrte, por ser un

proceso seco, el cual fue adoptado desde entonces. Para el año 2001, ACI cuenta con cinco (5) comités que evalúan detenidamente todos los aspectos relacionados con este material, entre ellos su resistencia, su ejecución, su calidad y hasta su comportamiento con el refuerzo metálico; es así como se ha tenido una gran importancia y utilización.

#### **1.2.4.2. Métodos de Proyección.**

Dependiendo de la extensión y necesidades de la obra, disponibilidad de los agregados y otros materiales, costos de los equipos y aspectos de operación; el shotcrete puede ser proyectado por medio de un proceso seco o un proceso húmedo.

**Proceso seco:** este proceso alcanza altas resistencias mecánicas, se puede realizar desde grandes distancias cubriendo así hasta 300 m. El concreto es preparado en una mezcladora incluyendo el aditivos en polvo si lo requiere, luego, se coloca en un recipiente especial de donde se dispara con aire a presión a través de una manguera, cuando la mezcla llega a la boquilla se incorporan en forma de aerosol el agua y el aditivo líquido saliendo disparado con gran fuerza y alta velocidad.

**Proceso húmedo:** es un proceso similar al anterior solo que en la mezcla se agrega el agua y de la boquilla solo se incorpora el aditivo líquido. El agua es más regulada y las distancias de proyección no llegan ni a los 100 m. cubriendo así pocas distancias.

#### **1.2.4.3. Materiales y Componentes.**

Los materiales son similares a los de un concreto normal solo que debe usarse agregado fino (limitado hasta  $\frac{3}{4}$ "), ya que el agregado grueso podría producir mucho rebote y no se darían buenos acabados. Es esencial el uso de aditivos químicos que generen un endurecimiento casi instantáneo, para así evitar escurrimientos en superficies verticales y techos. Existen varios aditivos que se pueden utilizar.

#### 1.2.4.4. Características.

El concreto proyectado es muy similar al concreto convencional aunque puede llegarlo a superar, este ofrece altas resistencias mecánicas y una gran durabilidad debido a su densidad por efecto de la energía de impacto. Para lograr que este concreto tengas estas ventajas, debe estar bien diseñado, bien ejecutado y bien curado. El curado se debe iniciar en el momento que se haya completado el acabado final. Las características que diferencian a este material son:

*El rebote:* debido a la gran velocidad y fuerza de la proyección los granos gruesos filtrados en la mezcla rebotan y no quedan adheridos a la superficie, ocasionando un alto desperdicio, aunque algunos constructores intentan remezclarlo. Esta pérdida debe ser lo más baja posible ya que afecta la economía y dependerá de la composición de la mezcla y la pericia del operario.

*El escurrimiento:* en la superficies verticales y techos se debe tener cuidado ya que a diferencia del rebote si la mezcla es muy blanda puede escurrirse o desprenderse.

Se debe tener un equilibrio en la composición de la mezcla para evitar estos errores, así como un buen entrenamiento al operario que maneja la boquilla.

#### 1.2.4.5. Diseño de la Mezcla.

Para tener diseños precisos en este tipo de concreto, se deben tomar en cuenta La Ley de Abrams y La Relación Triangular; no obstante, dado que la dosificación aun no ha sido estandarizada en el proceso de colocación seco y la dosis de agua no es conocida, es necesario relacionar la resistencia con la dosis de cemento según la fórmula:

$$R_{28} = C - 14 \quad (1.2)$$

Donde:

**R:** resistencia media normativa en Kg/cm<sup>2</sup>.

**C:** dosis de cemento en  $\text{Kgf/m}^3$ .

El concreto proyectado se puede medir en peso o volumen, aunque es preferible medirlo en peso. Para obras de difícil acceso y con terrenos irregulares es recomendable medir la dosificación en peso, se debe tomar en cuenta el hinchamiento de la arena ya que esta puede ser fuente de errores. Es aconsejable tener un ligero incremento de cemento en la mezcla, para obras en general.

#### **1.2.4.6. Colocación.**

La colocación de este tipo de concreto resulta ser muy difícil, para que el proyectado se realice de una manera correcta se requiere de un buen entrenamiento al operario, ya que la manguera o lanza es muy difícil de manejar. El disparo debe hacerse de forma perpendicular a la superficie a proyectar, desde una distancia entre 0,5 m y 1,5 m. Se debe evitar dejar huecos entre el refuerzo metálico. El manguerista es primordial para que la calidad del concreto sea óptima.

#### **1.2.4.7. Control de Calidad.**

Como es común en el concreto el principal control que se utiliza es la resistencia a compresión, la cual en este caso es evaluada mediante el ensayo de núcleos extraídos de concreto endurecido. Para ello:

- Se elaboran ensayos tomando en cuenta algunas condiciones como: tipo de mezcla, día de trabajo o cada  $40 \text{ m}^3$  colocados. Las muestras se obtienen de los paneles de ensayos o directamente se extraen del concreto colocado, se deben mantener húmedas y a una temperatura de  $21 \pm 6^\circ\text{C}$  y por último se ensayan siguiendo los parámetros de la norma ASTM C1140 para muestras de paneles de ensayos y ASTM C42 para muestras extraídas.
- La resistencia a compresión de un grupo de tres muestras debe ser igual o mayor que el 85% de la resistencia de diseño  $f'_c$  y ningún resultado individual debe ser menor que el 75 % de  $F_c$ .

### 1.2.5. Aditivos.

Son aquellas sustancias químicas que se incorporan en pequeña proporción a los principales componentes del concreto durante la elaboración de la mezcla, con el fin de modificar ciertas características de su dosificación, bien sea en estado fresco o endurecido. Los aditivos se utilizan siguiendo las limitaciones y especificaciones de la norma COVENIN 1753 Art. 3.5 “*Proyecto y diseño de obras en concreto estructural*”.

Los aditivos se han vuelto un componente importante para los concretos especiales. En sus inicios su comportamiento fue errado, su composición variable y poco conocida es por ello que no se tenía gran aceptación, hoy en día se conoce bien los fundamentos en lo que se basa, llegando a ser muy favorable, abundante y confiable su uso.

Al final de la década de los cuarenta se da conocimiento a los aditivos en Venezuela, posteriormente en los años setenta se da inicio a su fabricación en el país. En el avance de la tecnología del concreto, los aditivos han dejado de ser un misterio y con ellos se han obtenidos concretos de mayores exigencias y en muchos casos ha permitido el uso de procedimientos constructivos menos costosos.

Hay que tener mucho cuidado en el uso de este material, pues no se comporta de la misma manera en todos los tipos de concreto. Al evaluar el uso o no de cualquier aditivo se debe tomar en cuenta las ventajas, las precauciones a respetar durante el proceso, costos de control de calidad y la dosis a emplear, ya que si tenemos dosis excesivas en concretos, puede afectar algunas características importantes como disminución de la resistencia, fraguados instantáneos, fraguados lentos, segregación y exudación, entre otros; y la dosis insuficiente puede no causar ningún efecto.

Se recomienda seguir las indicaciones de los fabricantes, sin embargo para tener un óptimo resultado y comportamiento es importante comprobar la calidad con

los materiales y condiciones que se van a utilizar en la obra. La dosis recomendada divulgada en la literatura técnica debe tomarse solo como referencia, para dosis reales se deben realizar estudios en las condiciones particulares de cada caso mediante la ejecución de pruebas controladas. Las dosis de aditivos se expresan en cantidades proporcionales al peso de cemento, según el aditivo, del orden de pocas décimas de por ciento hasta pocas unidades de por ciento (desde 0,1% hasta 5% del peso de cemento). En algunos casos el fabricante debe señalar tanto la dosis normal recomendada como la dosis máxima permisible. La presentación de los aditivos vienen en forma líquida normalmente para mayor facilidad de aplicación sin embargo existen presentaciones en polvo o líquidos concentrados para su disolución.

La influencia de los aditivos sobre el tiempo de fraguado, consistencia y otras propiedades de pasta de cemento o mortero, y la respectiva influencia sobre la consistencia, el tiempo de fraguado y la trabajabilidad del concreto, siguen en general la misma tendencia, sin embargo, la magnitud de los efectos para ambos casos puede ser muy diferente. Por eso el aditivo debe evaluarse y seleccionarse mediante pruebas hechas en concreto directamente, de acuerdo con lo señalado en la norma COVENIN 351 “*Aditivos químicos utilizados en el concreto. Métodos de ensayo*”, ASTM C494 y ASTM C1017. La determinación del tiempo de fraguado debe realizarse en mortero cernido del concreto, pero nunca en mortero o pasta de cemento especialmente preparados.

El efecto de los aditivos sobre las propiedades del concreto depende, de manera muy importante, de las características del cemento empleado. Con algunos cementos el efecto puede ser el esperado, mientras que en otros su efectividad puede resultar disminuida, e incluso se puede dar el efecto contrario. Por tales razones, el uso de determinado aditivo solo puede ser convenido una vez concluidas las pruebas que demuestren su efectividad y economía para cada caso.

La calidad de los aditivos químicos se evalúa con la Norma COVENIN 356 “Aditivos utilizados en el concreto. Especificaciones”, la COVENIN 357 “Aditivos incorporadores de aire para concreto. Especificaciones” y ASTM C494 y C260.

Hay otros productos no químicos que se añaden al cemento, a los morteros al concreto, buscando obtener alguna característica ventajosa; suelen ser finos polvos inorgánicos que se denominan adiciones, como por ejemplo: las calizas molidas que se usan para favorecer la plasticidad de las mezclas, las puzolanas y la microsílíce.

#### **1.2.5.1.Efectos de los Aditivos.**

En algunas normas los aditivos son clasificados según los efectos que produce sobre las mezclas. Tal es el caso de la norma COVENIN 356, de las ASTM C494 y C1017 y, con mayor detalle y extensión, de las ISO-RILEM. Esa clasificación representa una cierta limitación, ya que algunos aditivos ejercen, simultáneamente, varios efectos sobre las mezclas y alguna de las acciones no están explícitamente considerados en las clasificaciones normativas. Por ello, para analizar el efecto de los distintos tipos de aditivos sobre las propiedades del concreto, se agrupan de la siguiente manera:

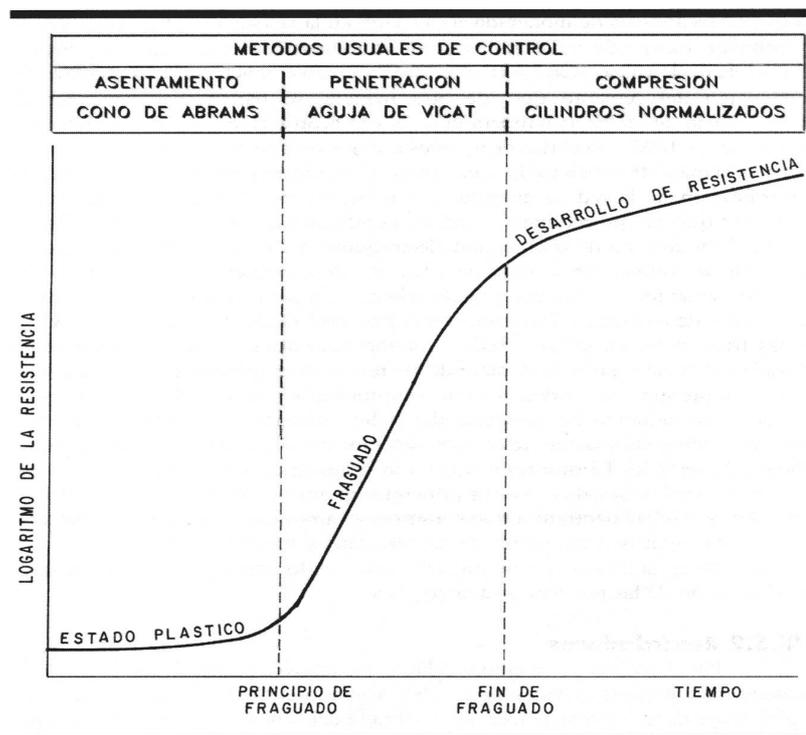
- Modificadores de la relación triangular.
- Mejoradores de la tixotropía o superplastificantes.
- Modificadores del tiempo de fraguado (caso a estudiar).
- Impermeabilizantes.
- Incorporadores de aire.

Los fabricantes de los aditivos químicos para el concreto compiten entre sí con ofertas de productos, en muchos casos de muy similares acciones, cuyas características más frecuentes se orientan a modificar las velocidades del tiempo de fraguado, acelerándolo o retardándolo, buscando mayor plasticidad de la mezcla, de manera moderada o muy pronunciada.

Hay otros efectos complementarios, tales como: acción impermeabilizante o hidrófoba, endurecedor de superficies, inhibitoria de la corrosión, fungicida, colorante y otros, todos ellos susceptibles de ser desarrollados por aditivos específicos.

### 1.2.5.2. Modificadores del Tiempo de Fraguado.

Tanto para acelerar los tiempos de fraguado como para retardarlos, se dispone de aditivos efectivos y de uso confiable. Para comprender estos efectos sobre la velocidad de las relaciones hay que recordar las diferencias entre el fenómeno de fraguado y el desarrollo de la resistencia, términos que a veces se usan equivocadamente como sinónimos. Aunque no represente la absoluta realidad de las reacciones, en la figura 1.12. pueden apreciarse ambos fenómenos, mediante una gráfica de índole didáctica.



**Figura 1.12.** Principales estados por los que pasa el concreto en el desarrollo de su resistencia.

### **1.2.5.2.1. Aditivos Aceleradores.**

Principalmente el método por vía húmeda del concreto proyectado requiere añadir aditivos aceleradores de fraguado en la boquilla, los cuales principalmente reducen el asentamiento en el momento de la proyección, pasando de una consistencia líquida a una pastosa mientras que el concreto está aun en el aire, de manera que se adhieran a la superficie cuando aumente el espesor de la capa.

Los aceleradores de fraguado posibilitan la proyección eficaz en superficies verticales y en clave. El efecto de fraguado permite aplicar el shotcrete como superficie inicial, una función importante en la técnica de excavación de fosos NATM. Generalmente, debido a posibilidades de irrupción de agua, se exige una mayor proporción de aditivos para acelerar el fraguado del shotcrete.

Los aceleradores son añadidos en forma líquida mediante una bomba dosificadora especial. La dosificación del acelerante depende de la capacidad del operario, la superficie y la relación agua/cemento. Una relación agua/cemento mayor aumentara la necesidad de acelerantes a fin de reducir la consistencia.

Ahora bien, el efecto secundario de los acelerantes tradicionales es que disminuyen la resistencia final a los 28 días al compararse con la del concreto sin acelerante. Por tal motivo, es importante siempre mantener el consumo de acelerante a un mínimo.

La diferencia básica entre los acelerantes de aluminato y los de silicatos sódicos modificados, es que los de aluminato participan en el proceso de hidratación y contribuyen a aumentar las resistencias iniciales en las primeras 0,5 horas a 2 horas.

#### **1.2.5.2.1.1. Acelerante de Shotcrete libres de álcalis.**

Hoy en día, en el mercado de acelerante de shotcrete se hace énfasis en la seguridad para las personas y para el medio ambiente. Por ejemplo, en algunos países prohíben utilizar acelerantes de aluminio cáusticos debido a los riesgos para la salud personal. De acuerdo con la información suministrada, los problemas de salud

ocasionados por la proyección por la vía seca contribuyeron una razón importante del aumento del mercado del método por vía húmeda en Brasil.

Además, han aumentado los requisitos de fiabilidad y durabilidad de las estructuras de concreto. Ciertos problemas tales como pérdida de resistencia o efectos de filtrado que se piensa son causados por acelerantes alcalinos fuertes, han forzado a la industria a buscar soluciones y crear productos que exhiban un mejor rendimiento.

Tradicionalmente, los operarios de shotcrete han estado acostumbrados al exceso de polvo y a los problemas de salud. Hoy en día, por lo general ya no se aceptan tales condiciones nocivas.

Durante a la última década, la industria de la construcción ha estado a la búsqueda de acelerante de shotcrete que sean más seguros y mejoren el rendimiento. Actualmente existen en el mercado productos libres de álcalis y no cáusticos de buen rendimiento y silicatos sódicos industriales cáusticos. Si bien BASF está aun comerciando con aluminatos cáusticos, la venta de los mismos se efectúan únicamente a solicitud del cliente, y la empresa no realiza actividad alguna para promocionar las ventas de tales productos. Como resultado, el volumen de ventas de los mismos ha disminuido drásticamente, hoy en día se reemplazan con aceleradores líquidos no cáusticos y libres de álcalis.

La responsabilidad de mejorar la aplicación de shotcrete, así como las condiciones del medio ambiente y la seguridad para los trabajadores recae ahora sobre propietarios, especificadores y contratistas.

Debido a su compleja composición química, los acelerantes libres de álcalis son más costosos que los tradicionales. Sin embargo, el precio de los acelerantes tiene una influencia prácticamente despreciable en el costo total del shotcrete. Mucho más importantes son los ahorros de tiempo y de rebote que se obtienen, así como el mejoramiento de la calidad y del ambiente de trabajo.

#### 1.2.5.2.2. Aditivos Retardadores.

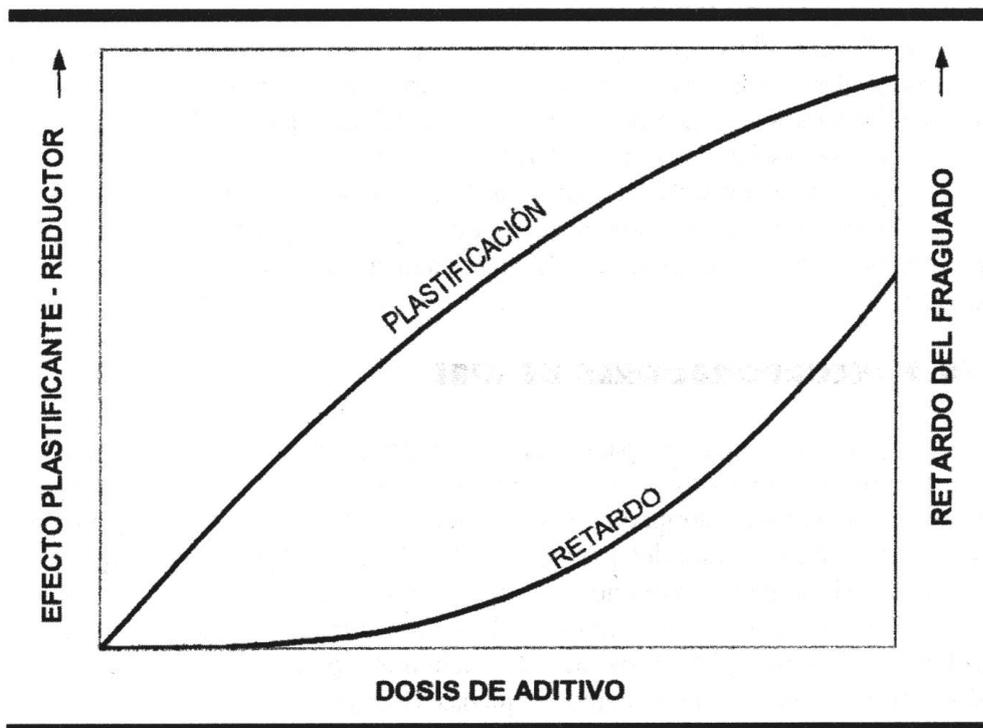
Por el contrario, en climas cálidos, los aditivos retardadores de fraguado tienen amplias oportunidades de empleo. Cuando el tiempo requerido para las operaciones de transporte, colocación y vaciado del concreto es mayor que el lapso estimado para el fraguado inicial de la mezcla, es necesario retardar esa reacción. Los retardadores de fraguado son poco menos imprescindibles para fabricar concretos en localidades de clima cálido aunque debe llevarse un buen control en la obra ya que pueden favorecer el fenómeno de retracción.

El uso importante de los retardadores de fraguado se relaciona con la eliminación de las llamadas juntas frías en el vaciado de una pieza estructural de gran volumen. Cuando el tamaño de esas piezas es tal que, con los medios disponibles no puede lograrse la colocación de toda la masa de concreto antes del inicio de fraguado, es conveniente regular la dosis de incorporación de aditivos retardadores a las sucesivas porciones de vaciados tratando de lograr que el conjunto completo alcance su fraguado casi simultáneamente la última porción de concreto se coloca sin necesidad del aditivo retardador.

Retardos de hasta dos o tres horas no suelen conducir a problemas; pueden lograrse tiempos más largos pero requieren pruebas previas y muy buenos controles sobre la mezcla ya que pueden producir o sufrir efectos secundarios, en las obras usuales no se justifican los retardos superiores a las seis horas.

La formulación química de los aditivos retardadores consiste usualmente, en el empleo de azúcares o productos de similar composición. Sin embargo, en ciertas circunstancias se ha conocido el uso de sacarosa o azúcar común como inhibidor de pequeñas dosis. El efecto producido por el azúcar es muy sensible a la composición del cemento usado en la mezcla por lo que, en algunos casos, puede generar el efecto esperado o exagerado, pero en otros no causar ningún efecto; mas aun se conocen situaciones donde se revirtió el fenómeno. Los retardadores bien formulados

potencian su acción en función de la dosis que, cuando mayor sea, mas retardo producen. Esta detallada información debe ser suministrada por el fabricante del producto, como una guía de orientación para su uso. Debe advertirse que la altas temperaturas contrarrestan el efecto retardador del aditivo, mientras más altas, menor efectividad. Muchos de los aditivos retardadores comerciales pueden producir, además, el efecto plastificante que favorece la fluidez, usualmente esta doble acción está asociada con la dosis y solo es plastificante para dosis bajas, pero tiene efecto retardador y plastificante en dosis altas como se puede ver en la figura 1.13.



**Figura 1.13.** Doble efecto de plastificación y retardo de fraguado en un aditivo.

### 1.2.6. Tiempo de Fraguado.

Cuando se mezcla el cemento con el agua de amasado se produce una pasta que mantiene, durante un tiempo, una plasticidad casi constante. Posteriormente se aprecia un cierto atiesamiento que luego se irá pronunciando. El lapso que transcurre

desde el mezclado hasta el momento de aparición del atiesamiento se conoce como tiempo de fraguado. Hay varias maneras de detectar el momento en que se produce el cambio, pero en la práctica generalmente se recurre a medidas indirectas, empleando la información obtenida con penetrómetros. El atiesamiento, o pérdida de plasticidad de la pasta, es un proceso gradual aun cuando el fraguado debe ser definido en un tiempo preciso. Eso obliga a establecer parámetros empíricos normalizados, que son de validez universal. El procedimiento más usual es la aplicación del agujá de Vicat, ensayo establecido por la Norma COVENIN 493, "*Cemento pórtland. Determinación del tiempo de fraguado por la agujá de Vicat*" y ASTM C191.

El tiempo de fraguado puede ser medido también en morteros y concretos, empleando un penetrómetro apropiado tal como lo establece la Norma COVENIN 352, "*Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas de concreto por resistencia a la penetración*" y ASTM C403. Aunque este proceso de fraguado también se debe a las reacciones de hidratación del cemento, no hay relación directa entre las mediciones en pasta y las mediciones en concreto, donde se hacen sentir otras variables tales como: los distintos valores de relación agua/cemento de cada caso, las diferentes dosis de cemento y la posible presencia de ciertas sales que provengan del agua o de los agregados.

### **1.2.6.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.**

#### **1.1.1.1.1. Tiempo de Fraguado Inicial.**

Tiempo requerido para que el concreto alcance una resistencia a la penetración de 35 Kg/cm<sup>2</sup>.

#### **1.1.1.1.2. Tiempo de Fraguado Final.**

Tiempo requerido para que el concreto alcance una resistencia a la penetración de 280 Kg/cm<sup>2</sup>.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

En este capítulo se presenta una descripción del procedimiento experimental llevado a cabo para la obtención de los resultados, y así lograr los objetivos planteados. Gran parte del desarrollo experimental de esta investigación fue realizada directamente en campo en la Obra Foso Norte y Sur de la Estación UNEFA y en el Laboratorio de Control Tecnológico de Odebrecht, ubicado en Parque del Este. Para tener una buena representatividad y confiabilidad en los resultados, se realizaron 30 ensayos de tiempo de fraguado y de resistencia a compresión a diferentes edades al diseño de mezcla utilizado en la obra.

#### **2.1. Tipo de Investigación.**

Para la elaboración del trabajo de investigación se llevaron a cabo actividades de observación y participación en los procesos de forma directa, tal como se indica en los métodos para la elaboración de los ensayos, lo que la clasifica como una investigación de campo.

#### **2.2. Diseño de la Investigación.**

El trabajo especial de grado se enmarca en un entorno práctico preestablecido por las características de la obra, en el cual se establecieron procesos analíticos y cálculos, concluyendo que este trabajo es de tipo experimental.

#### **2.3. Recopilación de información.**

##### **2.3.1. Diseño de tablas.**

Antes de realizar las pruebas se diseñaron tablas que muestran los resultados del ensayo Resistencia a la Penetración y los resultados del ensayo de Resistencia a Compresión Simple, las cuales muestran los siguientes aspectos:

- **Planilla para determinación del Tiempo de Fraguado usando Penetrómetro:** expone la documentación de datos de fecha, hora de proyectado y lugar de la toma de la muestra. También, se muestra los resultados obtenidos de aplicación de la carga con cada una de la agujas utilizadas junto con la hora de aplicación, por último se muestran los resultados de resistencia a la penetración en psi y su respectiva conversión a Kg/cm<sup>2</sup>. Se presenta en la tabla 2.1.:

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO								
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5								
HORA DE PROYECTADO:			FECHA:					
FRENTE DE TRABAJO:			FOSO:					
ANILLO:			PAÑO:					
Aguja 1"								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
Aguja 1/2"								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
Aguja 1/4"								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
Aguja 1/10"								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
Aguja 1/20"								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
Aguja 1/40"								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo

**Tabla 2.1.** Planilla para determinación del Tiempo de fraguado usando Penetrómetro.

- **Planilla para determinación de Resistencia a Compresión Simple de Cubos extraídos de bandejas:** expone los datos de fecha, hora y lugar de la toma de la muestra y las edades en la que se realizaron cada uno de los ensayos. También muestra las distintas mediciones tomadas como: dimensiones de las aristas del cubo y su peso y los resultados de aplicación de la carga, por último se exponen los resultados de resistencia de cada ensayo y su promedio en  $\text{Kg/cm}^2$ . Se presenta en la tabla 2.2:

ENSAYO DE RESISTENCIA ACOMPRESIÓN											
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	CUBOS	CILINDROS
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	( $\text{Kg/cm}^2$ )	Rc (Prom) ( $\text{Kg/cm}^2$ )	Rc (Prom) ( $\text{Kg/cm}^2$ )
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										

**Tabla 2.2.** Planilla para determinación de Resistencia a Compresión Simple a Temprana Edad.

### 2.1.1. Documentación del proceso de elaboración de la mezcla de concreto proyectado.

Para realizar las pruebas se efectuó una documentación de la mezcla elaborada de concreto proyectado utilizado en la construcción de los fosos, incluyendo el nombre y cantidad de aditivo, como se muestra en la tabla 2.3:

<b>DISEÑO DE MEZCLA</b>		
<b>Material</b>	<b>Cantidades</b>	
Agua	200	Lts.
Cemento Holcim	475	Kg
Arena	1650	Kg
Rheobuild 1000	2,85	Lts
Microsílice	40	Kg
Polyheed RI	1,43	Lts
Meyco SA 160	30,54	lts/m <sup>2</sup>

**Tabla 2.3. Diseño de Mezcla de Concreto Utilizada.**

Así mismo, antes de realizar cada prueba se tomaron datos de la fecha, hora exacta de proyectado, foso, anillo y paño utilizado donde se tomó cada muestra.

### **2.2.Toma de muestras.**

Las muestras para las diferentes pruebas realizadas se tomaron de forma aleatoria en viguetas metálicas de 30 x 15 x 15 cm, como se muestran en la figura 2.1, las cuales se colocaron en una posición adecuada (aproximadamente a 10° de la superficie vertical), fueron proyectadas de forma perpendicular a la superficie de cada vigueta, siendo lo más uniforme posible, como se muestra en la figura 2.2. Se tomaron un total de seis (6) viguetas por cada prueba, sin ser perturbadas; ya que esto afectaría los resultados, repartidas de la siguiente manera:

- Tres (3) viguetas para el ensayo de Resistencia a la Penetración, las cuales se ensayaron una vez finalizado el proyectado del concreto.
- Tres (3) viguetas para el ensayo de Resistencia a Compresión Simple, las cuales fueron preparadas para su posterior ensayo, a edades de 10, 24 y 36 horas.



**Figura 2.1.** Viguetas Metálicas de 15 x 15x 30 cm.



**Figura 2.2.** Toma de las Muestras.

### 2.3. Ensayos.

#### 2.3.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

Para obtener el tiempo inicial y final de fraguado se realizó un ensayo de resistencia a la penetración en el cual se utilizó un Penetrómetro marca: Humboldt, modelo: H-4133, serial: 01044133; bajo las siguientes condiciones: funcionamiento hidráulico, con sellamiento mediante película de aceite dinámico; una capacidad calibrada de 890 N (200 libras) y seis agujas chapadas removibles con superficies de  $1/40''^2$ ,  $1/20''^2$ ,  $1/10''^2$ ,  $1/4''^2$ ,  $1/2''^2$  y  $1''^2$ , este equipo se muestra en la figura 2.3. El ensayo se realizó siguiendo los requerimientos de la norma COVENIN 352-79. “Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas de concreto por resistencia a la penetración”, como se resume a continuación:



**Figura 2.3. Penetrómetro.**

### 2.3.1.1. Aplicación de carga y espaciamiento entre penetración.

Se aplicó la carga comenzando con la aguja de mayor superficie ( $1''^2$ ) y se fue cambiando cuando la carga alcanzaba las 180 libras, hasta llegar a la aguja de menor superficie ( $1/40''^2$ ). La carga fue aplicada verticalmente hacia abajo, de manera gradual y uniforme hasta penetrar a una profundidad de 2,5 cm en un tiempo de aplicación de 10 seg, como se muestra en la figura 2.4. Para cada penetración se dejó una distancia libre de 2 veces el diámetro de la aguja utilizada entre impresión de las agujas y 2,5 cm de los bordes. Cada penetración fue realizada en intervalos de tiempo variables y con distinta cantidad de penetraciones por hora, ya que dependía del desarrollo de dureza que adquiriría la muestra. Los resultados de los ensayos se muestran en el anexo N°1.



**Figura 2.4.** Aplicación de la Carga Ensayo de Resistencia a La Penetración.

### 2.3.1.2. Expresión de los resultados.

La resistencia a la penetración se calculó con la siguiente fórmula:

$$R_P = \frac{P_P}{B_P} \quad (2.1)$$

Donde:

**R<sub>P</sub>**: es la resistencia a la penetración, Kgf/cm<sup>2</sup>.

**P<sub>P</sub>**: es la fuerza requerida para lograr una profundidad de penetración de 2,5 cm de la aguja, Kgf.

**B<sub>P</sub>**: es el área de la superficie de la aguja, cm<sup>2</sup>.

Se realizó un grafico de Tiempo transcurrido en minutos Vs Resistencia a la Penetración en Kgf/cm<sup>2</sup> representado con una curva de mejor ajuste. Por último se estableció el tiempo de fraguado inicial y tiempo de fraguado final.

### 2.3.2. Ensayo de Resistencia a Compresión Simple.

Para estimar la resistencia a compresión del concreto proyectado a las 18, 24 y 36 horas se utilizó una Prensa Hidráulica Marca: Forney, modelo: F-25EX-F-DR50, bajo las siguientes condiciones: capacidad: 250000 libras; el cual se muestra en la figura 2.5. El ensayo se realizó siguiendo los requerimientos de la norma NCH 1037: 1997 *Hormigón. "Ensayo de Compresión de Probetas Cúbicas y Cilíndricas"*, la cual permite ensayos de resistencia a compresión utilizando probetas cilíndricas y cúbicas con dimensiones de 10, 15, 20, 25 y 30 cm de cada lado. como se resume en el punto 2.5.2.2.:



**Figura 2.5.** Prensa Hidráulica del Laboratorio de Control Tecnológico Odebrecht.

### **2.3.2.1.Preparación de probetas.**

Para la elaboración de este ensayo se utilizaron las tres (3) muestras destinadas al ensayo de compresión, la cuales debieron ser preparadas utilizando una sierra para cortar probetas de concreto, con borde cortante y capaz de cortar el tamaño requerido sin calentar o impactar excesivamente la muestra, la cual se muestra en la figura 2.6.



**Figura 2.6.** Cortadora de Viguetas Endurecidas.

La vigueta fue cortada en cubos de 10 x 10 x 10 cm obteniendo así, 2 cubos por cada una, de la misma manera como se cortan las viguetas extraídas del concreto endurecido para ensayos de flexión, siguiendo los requerimientos de la norma COVENIN 345-80. “*Método para la extracción de probetas cilíndricas y viguetas de concreto endurecido*”, en la cual se explica: las viguetas se cortaron de modo que las caras no quedaran debilitadas por impacto o calentamiento. Las superficies quedaron lisas, planas, paralelas, sin escalones, protuberancias y libres de hendiduras; se manipularon con sumo cuidado para evitar astillamientos o agrietamientos. Luego se realizó la medición de cada una de las probetas donde se tomaron datos de dimensiones de todas las aristas en cm y de masa en Kgf, como se muestra en la figura 2.7.

Es importante resaltar que el ensayo se realizó utilizando probetas cúbicas ya que a la edad de ensayo no se lograba tener la dureza necesaria para extraer cilindros debido a que las muestras se dañaban al momento de la extracción; así mismo la muestra fue tomada en viguetas rectangulares y se debía mantener la geometría de la misma.



**Figura 2.7. Medición Peso de la Probeta N°1.**

### **2.3.2.2. Aplicación de la carga.**

Se limpiaron las superficies de las placas de la prensa hidráulica y las seis (6) caras de la probeta cúbica, luego se colocó la probeta sobre la placa inferior alineando su eje central con el eje de la placa, de la misma manera se colocó la placa superior alineándola cuidadosamente, por último se aplicó la carga en forma continua y sin choques. La aplicación de carga se muestra en las figuras 2.8 y 2.9. Los resultados de los ensayos se muestran en el anexo N°2.



**Figura 2.8.** Aplicación de Carga Ensayo de Resistencia a Compresión.



**Figura 2.9.** Probeta Comprimida.

### 2.3.2.3. Expresión de resultados.

La resistencia a la compresión de cada uno de los cubos se calculó con la siguiente fórmula:

$$R_C = \frac{P}{A} \quad (2.2)$$

Donde:

**R<sub>C</sub>**: es la resistencia a la compresión, Kgf/cm<sup>2</sup>.

**P**: es la carga máxima aplicada, Kgf.

**A**: es el área transversal del cubo, cm<sup>2</sup>.

Para relacionar el valor de resistencia utilizando probetas cúbicas con el valor de resistencia utilizando probetas cilíndricas, se empleó la siguiente ecuación:

$$R_N = K * R \quad (2.3) \quad (1)$$

Donde:

**R<sub>N</sub>**: es el valor obtenido en probetas cilíndricas normalizadas.

**R**: es el valor de resistencia del ensayo a compresión dado con las probetas cúbicas.

**K**: es el coeficiente de correlación, cuyos valores están expuestos en la tabla N° 1 <sup>(2)</sup>.

FACTORES DE CORRECCION POR TIPO DE PROBETAS		
TIPO DE PROBETA	DIMENSIONES (cm)	VALOR DE K
Cilíndrica	15 x 30	1,00
Cúbica	10 x 10 x 10	0,80
Cúbica	15 x 15 x 15	0,80
Cúbica	20 x 20 x 20	0,83
Cúbica	30 x 30 x 30	0,90
Prismática	15 x 15 x 45	1,05
Prismática	20 x 20 x 60	1,05

**Tabla 2.4.** Factores de corrección por tipo de probeta

## 2.4. Elaboración de curvas.

### 2.4.1. Elaboración de curvas completas de cada ensayo.

Una vez obtenidos los resultados de ambos ensayos se procedió a la elaboración de la curva del tiempo de fraguado descrita anteriormente y la curva de endurecimiento del concreto en función del tiempo. Se siguió la curva de desarrollo de la resistencia con los ensayos de compresión teniendo como punto de partida o tiempo cero el tiempo de fraguado final; cabe destacar que se realizó una recta de mejor ajuste con los ensayos de compresión realizados en las distintas edades, ya que el comportamiento debe ser lineal.

<sup>1</sup> Fórmula tomada del libro: Manual del Concreto Estructural

<sup>2</sup> Tabla tomada del Libro: Manual del Concreto Estructural

#### **2.4.2. Estimación de rango de valores.**

Una vez elaboradas todas las curvas de Resistencia a Compresión Simple se, realizó un gráfico donde se trazaron todas las rectas obtenidas para estimar el rango de valores de resistencia a compresión entre 0 horas y 10 horas.

#### **2.4.3. Elaboración de la curva de calibración promedio.**

Luego de obtener las curvas completas de tiempo de fraguado y desarrollo de la resistencia, se realizó un promedio para obtener una curva de calibración completa de Resistencia del Concreto Proyectado a una edad temprana entre 0 y 24 horas.

#### **2.4.4. Estimación de la Resistencia a Compresión a las 10 horas.**

Una vez obtenida la curva promedio de calibración de 0 horas a 24 horas de resistencia a temprana edad del Concreto Proyectado, se estimó la resistencia a compresión media requerida a la edad de 10 horas, utilizando principios estadísticos, el cual se emplea en la práctica ya que la resistencia de un material no es un valor determinístico sino probabilístico, para ello se tomaron algunas consideraciones:

1. El valor de resistencia media no es un valor adecuado de referencia ya que es un valor independiente de la variabilidad de los datos, igualmente se aceptaría que la mitad del concreto colocado tendría una resistencia real menor a resistencia de referencia.
2. Por seguridad el concreto colocado no puede tener un valor menor a la resistencia característica  $F_c$ , sin embargo, los principios estadístico señalan que no se puede tomar el valor menor de resistencia ya que, siempre existe la probabilidad de que se presenten valores menores al escogido, para que dicha probabilidad resulte nula habría que tomar un valor muy bajo y esto sería antieconómico.
3. En la práctica se toma el valor de la resistencia un valor más bajo del cual se acepta quede una determinada fracción defectuosa o cuantil que

representa la probabilidad no excedida, lo cual es el reconocimiento de la variabilidad propia del concreto. La norma COVENIN 1753, establece que ese cuantil igual o menor al 9 %.

Dicha resistencia se calculó utilizando la desviación estándar y la fórmula de mayoración de resistencias mostradas a continuación:

- **Desviación estándar.**

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (2.4)$$

Donde:

$\sigma$ : es la desviación estándar

$X_i$ : valor individual de una muestra (Kg/cm<sup>2</sup>).

$\bar{X}$ : media muestral (Kg/cm<sup>2</sup>).

$n$ : es la población.

- **Resistencia característica**

$$F_c = F_{cr} - (z * \sigma) \quad (2.5)$$

Donde:

$F_c$ : resistencia de diseño o cálculo del concreto a compresión (resistencia característica ya en desuso) (Kg/cm<sup>2</sup>).

$F_{cr}$ : es la resistencia media requerida en el diseño (Kg/cm<sup>2</sup>).

$z$ : es la variable tipificada de la distribución normal. Donde el valor es 1,341<sup>(3)</sup>

$\sigma$ : es la desviación estándar.

---

<sup>3</sup> Valor tomado de la tabla XIV.4 del Manual de Concreto Estructural

## CAPÍTULO III

## CÁLCULOS

**3.1. Cálculos Tipo.****Datos:**

Frente de trabajo: UNEFA.

Foso: Sur.

Anillo: 17.

Paño: 13.

Fecha: 20 de noviembre del 2008.

Hora de proyectado: 10:36 am.

**3.1.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.****Aguja 1"**

Prom. = 120 lb.

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{120 \text{ lb.}}{1"} = 120 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{120 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb.}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 8,44 \text{ Kg/cm}^2$$

Prom. = 140 lb.

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{140 \text{ lb.}}{1"} = 140 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{140 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb.}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 9,85 \text{ Kg/cm}^2$$

Prom. = 180 lb.

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{180 \text{ lb.}}{1"} = 180 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{180 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb.}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 12,67 \text{ Kg/cm}^2$$

**Aguja 1/2"**

$$\text{Prom} = \frac{100 + 96}{2} = 98 \text{ lbs}$$

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{98 \text{ lbs}}{1/2''} = 196 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{196 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 13,79 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Prom} = \frac{126 + 122}{2} = 124 \text{ lbs}$$

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{124 \text{ lbs}}{1/2''} = 248 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{248 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 17,45 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Prom} = \frac{160 + 154}{2} = 157 \text{ lbs}$$

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{157 \text{ lbs}}{1/2''} = 314 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{314 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 22,10 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Prom} = 180 \text{ lbs}$$

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{180 \text{ lbs}}{1/2''} = 360 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{360 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 25,33 \text{ Kg/cm}^2$$

**Aguja 1/4"**

$$\text{Prom} = \frac{90 + 96}{2} = 93 \text{ lbs}$$

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{93 \text{ lbs}}{1/4''} = 372 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{372 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 26,18 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Prom} = \frac{120 + 100}{2} = 110 \text{ lbs}$$

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{110 \text{ lbs}}{1/4''} = 440 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{440 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 30,96 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Prom} = \frac{140 + 136}{2} = 138 \text{ lbs}$$

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{138 \text{ lbs}}{1/4"} = 552 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{552 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 38,84 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Prom} = 180 \text{ lbs}$$

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{180 \text{ lbs}}{1/4"} = 720 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{720 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 50,67 \text{ Kg/cm}^2$$

**Aguja 1/10"**

$$\text{Prom} = \frac{112 + 116}{2} = 114 \text{ lbs}$$

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{114 \text{ lbs}}{1/10"} = 1140 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{1140 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 80,22 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Prom} = \frac{120 + 130}{2} = 125 \text{ lbs}$$

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{125 \text{ lbs}}{1/10"} = 1250 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{1250 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 87,96 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Prom} = 180 \text{ lbs}$$

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{180 \text{ lbs}}{1/10"} = 1800 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{1800 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 126,67 \text{ Kg/cm}^2$$

**Aguja 1/20"**

$$\text{Prom} = \frac{124 + 114}{2} = 119 \text{ lbs}$$

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{119 \text{ lbs}}{1/20"} = 2380 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{2380 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 167,48 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Prom} = \frac{140 + 134}{2} = 137 \text{ lbs}$$

2

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{137 \text{ lbs}}{1/20''} = 2740 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{2740 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 192,81 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Prom} = 180 \text{ lbs}$$

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{180 \text{ lbs}}{1/20''} = 3600 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{3600 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 253,33 \text{ Kg/cm}^2$$

**Aguja 1/40''**

$$\text{Prom} = \frac{90 + 116}{2} = 103 \text{ lbs}$$

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{103 \text{ lbs}}{1/40''} = 4120 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{4120 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 289,92 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Prom} = \frac{146 + 160}{2} = 153 \text{ lbs}$$

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{153 \text{ lbs}}{1/40''} = 6120 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{6120 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 430,67 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Prom} = 180 \text{ lbs}$$

$$R_{P(\text{PSI})} = \frac{180 \text{ lbs}}{1/40''} = 7200 \text{ PSI} \quad R_{P(\text{Kg/cm}^2)} = \frac{7200 \text{ PSI} \times 0,454 \text{ Kg/lb}}{(2,54 \text{ cm/pulg})^2} = 506,67 \text{ Kg/cm}^2$$

**3.1.2. Ensayo de Resistencia a Compresión Simple.****Edad 10 horas.****Probeta 1.**

$$C_{(\text{Kg})} = 18722,5 \text{ lb} * 0,454 \text{ Kg/lb} = 8500 \text{ Kg}$$

$$A = 10 \text{ cm} * 10 \text{ cm} = 100 \text{ cm}^2$$

$$R_C = \frac{8500 \text{ Kg}}{100 \text{ cm}^2} = 85 \text{ Kg/cm}^2$$

**Probeta 2**

$$P_{(Kg)} = 19163 \text{ lb} * 0,454 \text{ Kg/lb} = 8700 \text{ Kg}$$

$$A = 10 \text{ cm} * 10 \text{ cm} = 100 \text{ cm}^2$$

$$R_C = \frac{8700 \text{ Kg}}{100 \text{ cm}^2} = 87 \text{ Kg/cm}^2$$

**Resistencia Promedio**

$$R_{C \text{ Prom}} = \frac{85 \text{ Kg/cm}^2 + 87 \text{ Kg/cm}^2}{2} = 86 \text{ Kg/cm}^2$$

**Resistencia con Factor de Correlación de Probetas Cubicas a Cilíndricas.**

$$R_{C \text{ Prom}} = 85 \text{ Kg/cm}^2 * 0,80 = 68,80 \text{ Kg/cm}^2$$

**Edad 24 horas.****Probeta 1**

$$P_{(Kg)} = 19141 \text{ lb} * 0,454 \text{ Kg/lb} = 86900 \text{ Kg}$$

$$A = 10 \text{ cm} * 10 \text{ cm} = 100 \text{ cm}^2$$

$$R_C = \frac{86900 \text{ Kg}}{100 \text{ cm}^2} = 86,90 \text{ Kg/cm}^2$$

**Probeta 2**

$$P_{(Kg)} = 17841,5 \text{ lb} * 0,454 \text{ Kg/lb} = 8100 \text{ Kg}$$

$$A = 10 \text{ cm} * 10 \text{ cm} = 100 \text{ cm}^2$$

$$R_C = \frac{8100 \text{ Kg}}{100 \text{ cm}^2} = 81,00 \text{ Kg/cm}^2$$

**Resistencia Promedio**

$$R_{C \text{ Prom}} = \frac{86,90 \text{ Kg/cm}^2 + 81,00 \text{ Kg/cm}^2}{2} = 83,95 \text{ Kg/cm}^2$$

**Resistencia con Factor de Correlación de Probetas Cubicas a Cilíndricas.**

$$R_{C \text{ Prom}} = 83,95 \text{ Kg/cm}^2 * 0,80 = 67,16 \text{ Kg/cm}^2$$

**3.1.3. Resistencia Media Requerida a las 10 Horas.**

$$R_{C \text{ Prom}} = 35,88 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Sigma(X_i - X)^2 = 6,3626E-26$$

$$n = 30$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{6,36E-26}{30 - 1}} = 4,68E-14$$

$$F_{cr} = \frac{35,88}{\text{Kg/cm}^2} - ( 1,341 * 4,68E-14 ) = 35,88 \text{ Kg/cm}^2$$

## CAPÍTULO VI

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

## 4.1. Ensayo realizado el día 21/10/08.

## 4.1.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	9:48 AM	<b>FECHA:</b>	21 de octubre de 2008
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	8	<b>PAÑO:</b>	5

Aguja 1"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
9:50 AM	30	30	30	30	30	30	2,11	2
10:15 AM	40				40	40	2,81	25
10:25 AM	70				70	70	4,93	35
10:28 AM	100				100	100	7,04	38
10:35 AM	180				180	180	12,67	45

Aguja 1/2"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
10:41 AM	130				130	260	18,30	51
10:46 AM	140				140	280	19,70	57
10:47 AM	140				140	280	19,70	58
10:54 AM	190				190	380	26,74	65

Aguja 1/4"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
10:55 AM	100				100	400	28,15	66
10:56 AM	120				120	480	33,78	67
10:58 AM	150				150	600	42,22	69
11:00 AM	170				170	680	47,85	71
11:01 AM	180				180	720	50,67	72

Aguja 1/10 <sup>m2</sup>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:01 AM	80				80	800	56,30	72
11:02 AM	100				100	1000	70,37	73
11:03 AM	120				120	1200	84,44	74
11:06 AM	140				140	1400	98,52	77
11:07 AM	140				140	1400	98,52	78
11:10 AM	160				160	1600	112,59	81
11:16 AM	180				180	1800	126,67	97
Aguja 1/20 <sup>m2</sup>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:17 AM	92				92	1840	129,48	98
11:27 AM	100	90	110		100	2000	140,74	108
11:40 AM	110				110	2200	154,81	121
11:50 AM	130				130	2600	182,96	131
12:15 AM	140	170	160		157	3133	220,49	156
12:17 AM	160				160	3200	225,18	158
12:25 AM	180				180	3600	253,33	166
Aguja 1/40 <sup>m2</sup>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
12:30 AM	90	98	106		98	3920	275,85	171
12:32 AM	120				120	4800	337,78	173
12:40 AM	138				138	5520	388,44	181
12:50 AM	170	165	170		168	6733	473,83	191
12:55 AM	175				175	7000	492,59	196
12:58 AM	180				180	7200	506,67	199

Tabla 4.1. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 21/10/08.

## 4.1.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
50,14	35	164,60	280

Tabla 4.2. Estimación del Tiempo de Fraguado. 21/10/08.

#### 4.1.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
										CUBOS	CILINDROS	
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	PESO	CARGA	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRAN A EDAD	1	UNEFA	21/10/08	21/10/08	10 Horas	10,00	10,00	2180	7200	72,00	73,36	58,69
	4	UNEFA	21/10/08	21/10/08	10 Horas	9,50	10,00	2120	7100	74,77		
	8	UNEFA	21/10/08	22/10/08	24 Horas	9,50	10,00	2123	10477	110,28	109,13	87,30
	9	UNEFA	21/10/08	22/10/08	24 Horas	9,90	10,00	2103	10691	107,99		

Tabla 4.3. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 21/10/08.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
10	9,42	58,69
24	23,42	87,31

Tabla 4.4. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 21/10/08.

##### 4.1.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	45,24

Tabla 4.5. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 21/10/08.

4.1.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

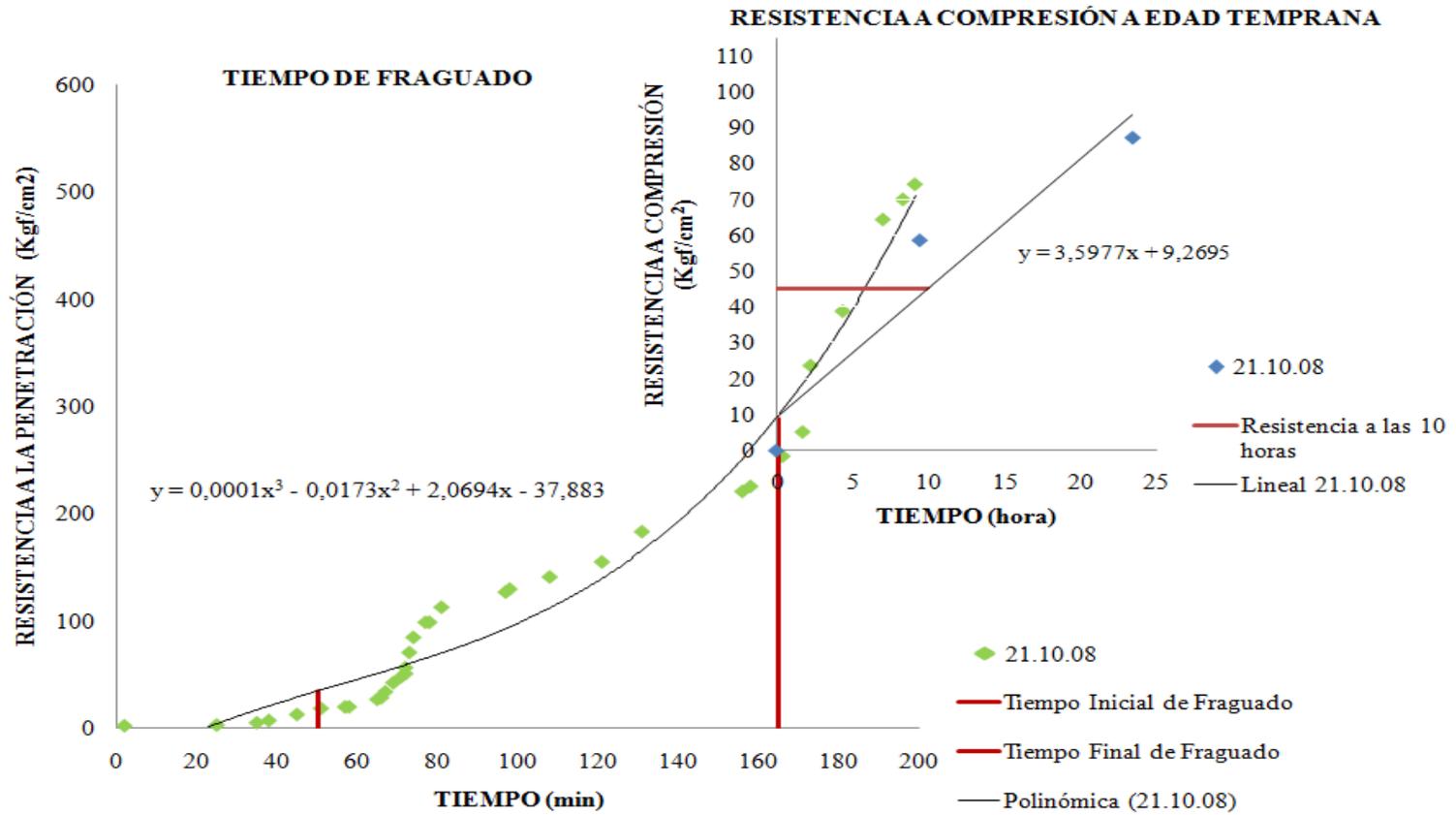


Gráfico 4.1. Ensayo realizado el día 21/10/08.

#### 4.1.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.1. Ensayo realizado el día 21/10/08. Se observa primero el comportamiento de la curva de tiempo de fraguado, la cual cumple con el comportamiento estándar de la curva de un concreto normal. La muestra se ensayó durante un tiempo de 199 minutos, alcanzando su tiempo inicial de fraguado a los 50,14 minutos luego de la toma de la muestra; y su tiempo final de fraguado a los 164,60 minutos luego de la toma de la muestra. Los valores fueron calculados utilizando la ecuación de la curva obtenida, la cual es presentada a continuación:

$$y = 0,0001x^3 - 0,0173x^2 + 2,0694x - 37,883$$

Luego se observa la recta de resistencia a compresión simple construida utilizando los resultados de los ensayos de resistencia a compresión realizados, los cuales fueron: 58,69 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 10 horas y 87,31 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas. Debido a que el concreto no alcanzó la resistencia suficiente al momento de la preparación de las probetas a las 10 horas causando pérdida de las mismas, los ensayos correspondientes a las 36 horas no fueron realizados. El resultado obtenido a las 10 horas fue de 45,24 Kgf/cm<sup>2</sup>, el cual se calculó utilizando la ecuación de la recta de mejor ajuste mostrada a continuación:

$$y = 3,5977x + 9,2695$$

Se observa que la resistencia obtenida a las 10 horas es mucho menor a 70 Kgf/cm<sup>2</sup>.

## 4.2. Ensayo realizado el día 22/10/08.

## 4.2.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	4:26 PM	<b>FECHA:</b>	22 de octubre de 2008
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	9	<b>PAÑO:</b>	15

Aguja 1<sup>m2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:30 PM	70	80			75	75	5,28	4
4:31 PM	120				120	120	8,44	5
4:32 PM	120				120	120	8,44	6
4:34 PM	200				200	200	14,07	8

Aguja 1/2<sup>m2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:35 PM	44				44	88	6,19	9
4:36 PM	70	64			67	134	9,43	10
4:37 PM	72				72	144	10,13	11
4:39 PM	120				120	240	16,89	13
4:40 PM	122				122	244	17,17	14
4:42 PM	124				124	248	17,45	16
4:44 PM	126				126	252	17,73	18
4:48 PM	130				130	260	18,30	22
4:50 PM	200				200	400	28,15	24

Aguja 1/4<sup>m2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:50 PM	80				80	320	22,51	24
4:52 PM	160				160	640	45,03	26
4:54 PM	200				200	800	56,29	28

Aguja 1/10 <sup>n2</sup>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:54 PM	44				44	440	30,96	28
4:55 PM	68	50	42		53	533	37,53	29
4:58 PM	72				72	720	50,67	31
5:06 PM	88				88	880	61,93	39
5:14 PM	135				135	1350	95,00	48
5:28 PM	140	132			136	1360	95,70	62
5:34 PM	146				146	1460	102,74	68
5:49 PM	148				148	1480	104,15	83
5:57 PM	172				172	1720	121,04	91
6:27 PM	180				180	1800	126,67	121
Aguja 1/20 <sup>n2</sup>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
6:28 PM	100				100	2000	140,74	122
6:29 PM	120				120	2400	168,89	123
6:31 PM	130				130	2600	182,96	125
6:40 PM	200				200	4000	281,48	134
Aguja 1/40 <sup>n2</sup>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
6:41 PM	80				80	3200	225,18	135
6:43 PM	88				88	3520	247,70	137
6:48 PM	90				90	3600	253,33	142
6:49 PM	132				132	5280	371,55	143
6:50 PM	140				140	5600	394,07	144

Tabla 4.6. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 22/10/08.

## 4.2.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
19,14	35	140,00	280

Tabla 4.7. Estimación del Tiempo de Fraguado. 22/10/08.

#### 4.2.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA ACOMPRESIÓN												
										CUBOS	CILINDROS	
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	PESO	CARGA	RC	RC (Prom)	RC (Prom)	
					(cm)	(cm)	(gr)	(Kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	22/10/08	22/10/08	10 Horas	10,00	10,00	1896	7356	73,56	74,172	59,3374
	2	UNEFA	22/10/08	22/10/08	10 Horas	9,70	10,00	2168	7254	74,78		
	3	UNEFA	22/10/08	23/10/08	18 Horas	10,00	10,00	1900	8672	86,72	86,480	69,184
	4	UNEFA	22/10/08	23/10/08	18 Horas	10,00	10,00	2100	8624	86,24		

Tabla 4.8. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 22/10/08.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
10	9,93	59,34
18	17,93	69,18

Tabla 4.9. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 22/10/08.

##### 4.2.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	45,64

Tabla 4.10. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 22/10/08.

### 4.2.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

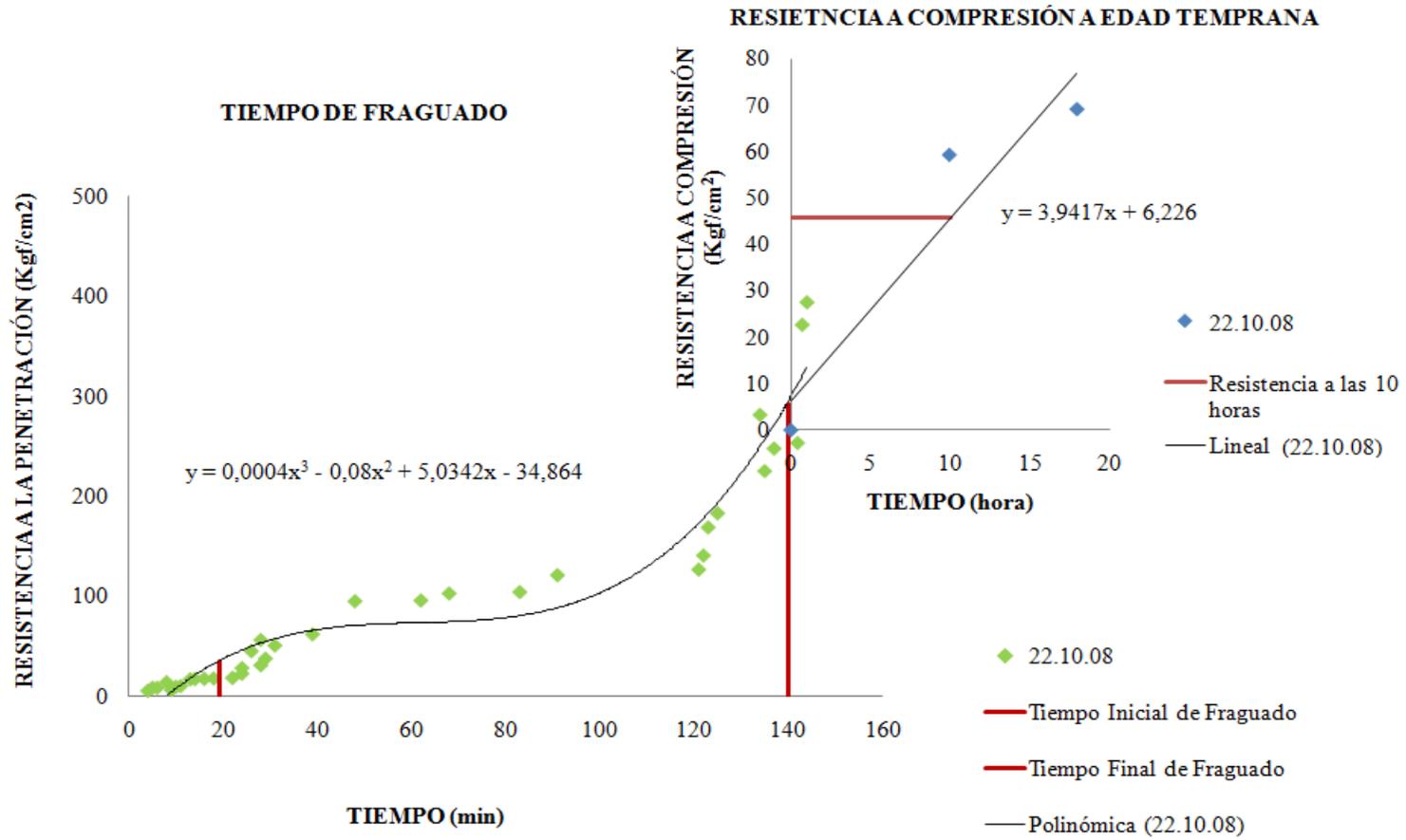


Gráfico 4.2. Ensayo realizado el día 22/10/08.

#### 4.2.4. Análisis de resultados.

En el Gráfico 4.2. Ensayo realizado el día 22/10/08. Se presenta la curva de tiempo de fraguado y la recta de resistencia a compresión de la muestra ensayada. En la curva se observa que la duración del ensayo de resistencia a la penetración fue de 144 minutos, donde el tiempo inicial de fraguado se obtuvo en un tiempo de 19,14 minutos posterior al muestreo y el tiempo final de fraguado se obtuvo en un tiempo de 140,00 minutos. La curva obtenida es polinómica de tercer grado, se observa un cambio en el comportamiento de la curva al inicio del tiempo de fraguado, esto puede deberse al uso del aditivo acelerante, el cual pudo reaccionar muy rápidamente con la mezcla ensayada. Los tiempos iniciales y finales de fraguado se calcularon utilizando la ecuación de la curva obtenida:

$$y = 0,0004x^3 - 0,08x^2 + 5,0342x - 34,864$$

Luego se presenta la recta de desarrollo de la resistencia elaborada utilizando los resultados del ensayo de resistencia a compresión simple, tales resultados son: 59,34 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 10 horas y 69,18 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 18 horas, en dichos resultados se observa un incremento de la resistencia bastante bajo desde la edad de 10 horas hasta la edad de 18 horas, lo cual pudo ser ocasionado por un inadecuado muestreo causando vacíos en la muestra. El ensayo correspondiente a las 36 horas no fue realizado debido a que al momento de desencofrar y preparar las probetas para el ensayo correspondiente a las 10 horas, el concreto no logró la resistencia necesaria causando daño y pérdida de las mismas, el ensayo correspondiente a las 24 horas se realizó a las 18 horas ya que el personal encargado para realizar los ensayos no se encontraba en el laboratorio.

El resultado obtenido a las 10 horas fue de 45,64 Kgf/cm<sup>2</sup>, el cual se calculó utilizando la ecuación de la recta de mejor ajuste mostrada a continuación:

$$y = 3,9417x + 6,226$$

Se observa que la resistencia obtenida es mucho menor a la exigida en el proyecto ya que para realizar la excavación del paño inferior el concreto debe alcanzar una resistencia de 70 Kgf/cm<sup>2</sup>.

## 4.3. Ensayo realizado el día 23/10/08.

## 4.3.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	9:20 AM	<b>FECHA:</b>	23 de octubre de 2008
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	9	<b>PAÑO:</b>	15

Aguja 1<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
9:30 AM	40	50			45	45	3,17	10
9:31 AM	60				60	60	4,22	11
9:32 AM	136				136	136	9,57	12
9:34 AM	150				150	150	10,56	14
9:40 AM	180				180	180	12,67	20

Aguja 1/2<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
9:42 AM	92				92	184	12,95	22
9:45 AM	98	100			99	198	13,93	25
9:46 AM	110				110	220	15,48	26
9:50 AM	122				122	244	17,17	30
9:55 AM	124				124	248	17,45	35
10:00 AM	136				136	272	19,14	40
10:04 AM	164				164	328	23,08	44
10:08 AM	178				178	356	25,05	48
10:12 AM	200				200	400	28,15	52

Aguja 1/4<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
10:14 AM	110				110	440	30,96	54
10:16 AM	140				140	560	39,41	56
10:20 AM	152				152	608	42,79	60
10:22 AM	180				180	720	50,67	62

<b>Aguja 1/10<sup>n2</sup></b>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
10:26 AM	80				80	800	56,30	66
10:28 AM	82	84	82		83	827	58,17	68
10:32 AM	86				86	860	60,52	72
10:34 AM	88				88	880	61,93	74
10:36 AM	135				135	1350	95,00	76
10:38 AM	140	132			136	1360	95,70	78
10:40 AM	146				146	1460	102,74	80
10:44 AM	148				148	1480	104,15	84
10:48 AM	172				172	1720	121,04	88
10:54 AM	180				180	1800	126,67	94
<b>Aguja 1/20<sup>n2</sup></b>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
10:58 AM	98				98	1960	137,93	98
11:02 AM	122				122	2440	171,70	102
11:06 AM	148				148	2960	208,30	106
11:09 AM	200				200	4000	281,48	109
<b>Aguja 1/40<sup>n2</sup></b>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:16 AM	102				102	4080	287,11	116
11:19 AM	132				132	5280	371,55	119
11:24 AM	148				148	5920	416,59	124
11:26 AM	178				178	7120	501,04	126
11:38 AM	186				186	7440	523,55	138

Tabla 4.11. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 23/10/09.

## 4.3.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
54,76	35	110,02	280

Tabla 4.12. Estimación del Tiempo de Fraguado. 23/10/09.

#### 4.3.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
										CUBOS	CILINDROS	
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Re	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	23/10/08	23/10/08	10 Horas	9,90	9,90	2130	7000	71,42	72,21	57,77
	2	UNEFA	23/10/08	23/10/08	10 Horas	10,00	10,00	2100	7300	73,00		
	3	UNEFA	23/10/08	24/10/08	24 Horas	10,00	10,00	2084	9546	95,46	97,72	78,17
	4	UNEFA	23/10/08	24/10/08	24 Horas	10,00	10,00	2062	9998	99,98		

Tabla 4.13. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 23/10/09.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
10	9,53	57,77
24	23,53	78,18

Tabla 4.14. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 23/10/09.

##### 4.3.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	42,06

Tabla 4.15. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 23/10/09.

### 4.3.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

LL

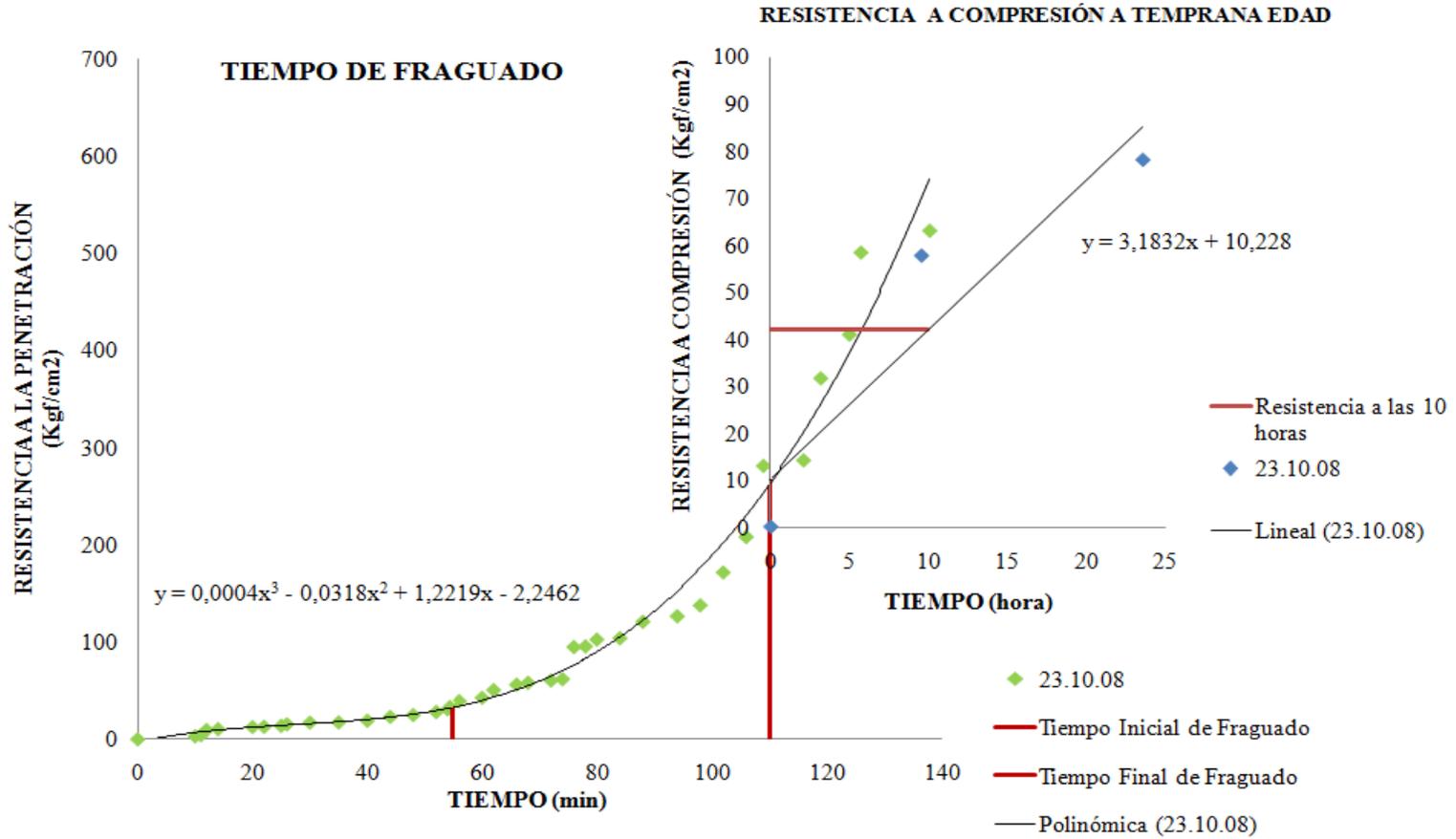


Gráfico 4.3. Ensayo realizado el día 23/10/09.

#### 4.3.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.3. Ensayo realizado el día 23/10/08. Primero se muestra la curva de tiempo de fraguado donde se observa que el tiempo total del ensayo fue de 138 minutos en el cual se obtuvo el tiempo inicial de fraguado a los 54,76 minutos luego de la toma de la muestra y tiempo final de fraguado a los 110,02 minutos luego de la toma de la muestra. El comportamiento de la curva es polinómica de tercer grado y cumple con el comportamiento patrón de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal. Los resultados del tiempo inicial y final de fraguado fueron obtenidos utilizando la siguiente ecuación:

$$y = 0,0004x^3 - 0,0318x^2 + 1,2219x - 2,2462$$

Luego se muestra la recta de resistencia a compresión a temprana edad realizada con los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a compresión, los cuales son: 72,21 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 10 horas y 97,72 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas. Se observa que el ensayo correspondiente a las 36 horas no fue realizado, esto debido a que al desencofrar las muestras para preparar las probetas del primer ensayo, el concreto no logró la resistencia necesaria causando daño y pérdida de la misma.

Para calcular la resistencia a compresión a las 10 horas se utilizó la ecuación dada por la recta de mejor ajuste, la cual es la siguiente:

$$y = 3,1832x + 10,228$$

Dando como resultado: 42,06 Kgf/cm<sup>2</sup>, el cual no cumple con la resistencia requerida en el proyecto ya que el concreto debe alcanzar una resistencia 70 Kgf/cm<sup>2</sup> para poder realizar la excavación del paño inferior para la construcción del siguiente anillo.

## 4.4. Ensayo realizado el día 29/10/08.

## 4.4.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	11:40 AM	<b>FECHA:</b>	29 de octubre de 2008
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	11	<b>PAÑO:</b>	6

**Aguja** 1"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:48 AM	60				60	60	4,22	8
11:49 AM	74				74	74	5,21	9
12:00 AM	88				88	88	6,19	10
12:04 PM	110				110	110	7,74	14
12:08 PM	150				150	150	10,56	18
12:14 PM	180				180	180	12,67	24

**Aguja** 1/2"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
12:25 PM	94				94	188	13,23	35
12:30 PM	116				116	232	16,33	40
12:32 PM	158				158	316	22,24	42
12:39 PM	180				180	360	25,33	49

**Aguja** 1/4"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
12:44 PM	142				142	568	39,97	54
12:47 PM	144				144	576	40,53	57
12:53 PM	164				164	656	46,16	63
1:01 PM	168				168	672	47,29	71
1:03 PM	180				180	720	50,67	73

<b>Aguja 1/10<sup>m2</sup></b>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
1:06 PM	96				96	960	67,56	76
1:08 PM	180				180	1800	126,67	78
<b>Aguja 1/20<sup>m2</sup></b>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
1:09 PM	98				98	1960	137,93	79
1:12 PM	142				142	2840	199,85	82
1:19 PM	180				180	3600	253,33	89
<b>Aguja 1/40<sup>m2</sup></b>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
1:24 PM	98				98	3920	275,85	94
1:29 PM	112				112	4480	315,26	99
1:30 PM	130				130	5200	365,92	100
1:45 PM	156				156	6240	439,11	115
1:50 PM	184				184	7360	517,92	120

Tabla 4.16. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 29/10/08.

## 4.4.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
56,92	35	101,02	280

Tabla 4.17. Estimación del Tiempo de Fraguado. 29/10/08.

#### 4.4.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
										CUBOS	CILINDROS	
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	29/10/08	30/10/08	19 Horas	10,60	10,90	2540	6073	52,56	39,46	31,57
	2	UNEFA	29/10/08	30/10/08	19 Horas	10,60	10,40	2300	2905	26,35		
	3	UNEFA	29/10/08	30/10/08	24 Horas	10,70	10,80	2540	12398	107,29	110,72	88,58
	4	UNEFA	29/10/08	30/10/08	24 Horas	10,70	10,60	2580	12948	114,16		

Tabla 4.18. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 29/10/08.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
19	18,68	31,57
24	23,68	88,58

Tabla 4.19. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 29/10/08.

##### 4.4.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	26,94

Tabla 4.20. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 29/10/08.

4.4.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

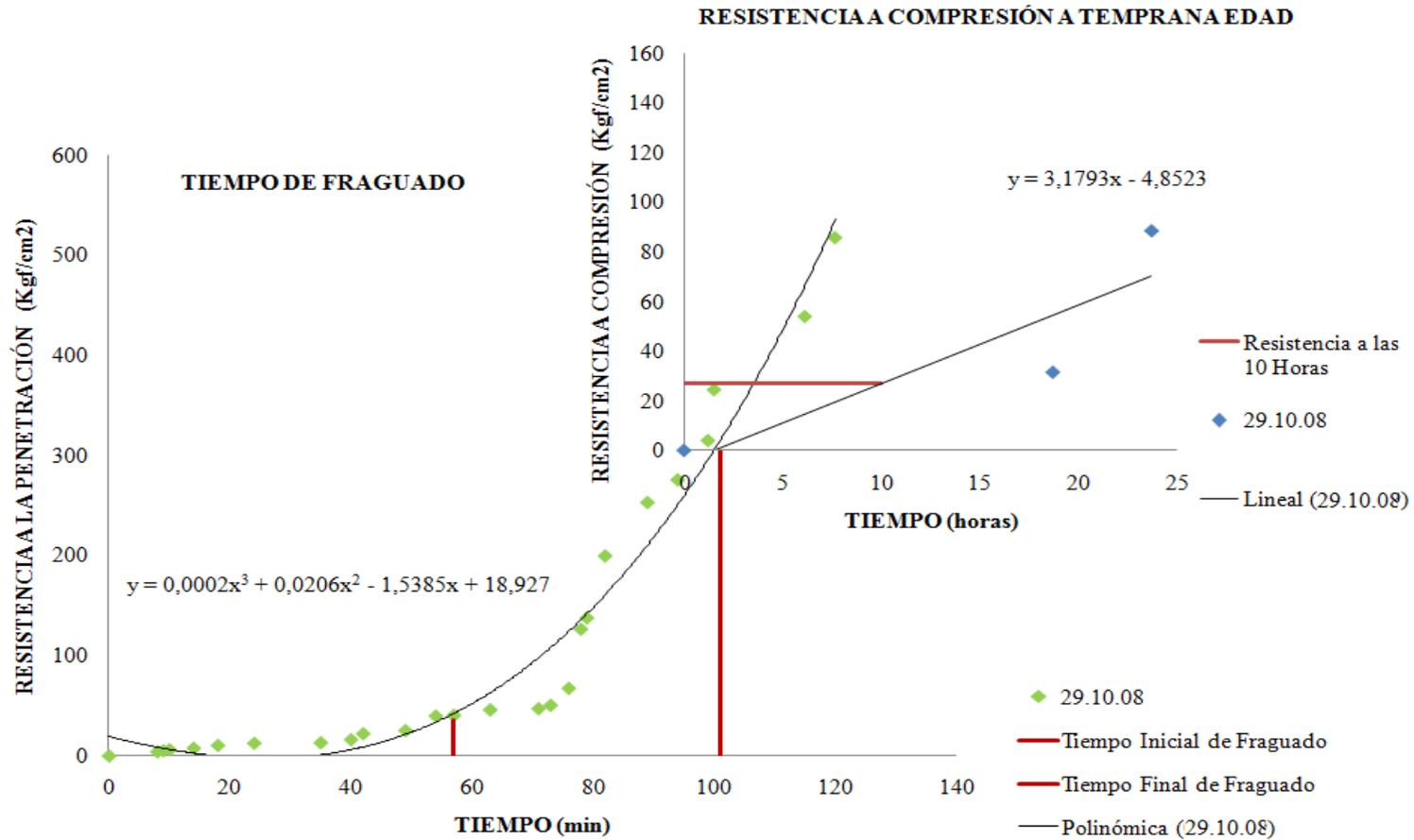


Gráfico 4.4. Ensayo realizado el día 29/10/08.

#### 4.4.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.4. Ensayo realizado el día 29/10/08. Primero se muestra la curva de el tiempo de fraguado, en la cual se observa que el ensayo de resistencia a la penetración se realizó en un tiempo de 120 minutos alcanzando tiempo inicial de fraguado a los 59,92 minutos luego de la toma de la muestra y su tiempo final de fraguado a los 101,92 minutos luego de la toma de la muestra. La curva obtenida es polinómica de tercer grado, la cual cumple con el comportamiento estándar de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal. Los valores de tiempo inicial y final de fraguado se calcularon utilizando la ecuación de dicha curva, la cual se presenta a continuación:

$$y = 0,0002x^3 + 0,0206x^2 - 1,5385x + 18,927$$

Segundo se muestra la recta de mejor ajuste de resistencia a compresión a temprana edad elaborada con los resultados de resistencia a compresión de los ensayos realizados, los cuales son: 31,57 Kg/cm<sup>2</sup> a las 19 horas y 88,58 Kg/cm<sup>2</sup> a las 24 horas. El resultado de resistencia a compresión a la edad requerida (10 horas) fue calculado con la ecuación de la recta la cual se muestra a continuación:

$$y = 3,1793x - 4,8523$$

Dando como resultado 26,94 Kg/cm<sup>2</sup>, se puede observar que la resistencia a las 10 horas es mucho más baja de 70 Kg/cm<sup>2</sup>.

El ensayo correspondiente a las 10 horas fue realizado a las 19 horas, debido a que al desencofrar las viguetas la muestra no obtuvo la resistencia necesaria causando daño y pérdida de la misma.

## 4.5. Ensayo realizado el día 30/10/08.

## 4.5.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	10:30 AM	<b>FECHA:</b>	30 de octubre de 2008
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	12	<b>PAÑO:</b>	3

Aguja 1"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
10:35 AM	110				110	110	7,74	5
10:38 AM	180				180	180	12,67	8

Aguja 1/2"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
10:39 AM	102				102	204	14,36	9
10:40 AM	132				132	264	18,58	10
10:42 AM	158				158	316	22,24	12
10:43 AM	180				180	360	25,33	13

Aguja 1/4"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
10:44 AM	94				94	376	26,46	14
10:47 AM	98				98	392	27,59	17
10:49 AM	114				114	456	32,09	19
10:52 AM	180				180	720	50,67	22

Aguja 1/10"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
10:53 AM	100				100	1000	70,37	23
10:55 AM	110				110	1100	77,41	25
10:59 AM	152				152	1520	106,96	29
11:01 AM	158				158	1580	111,18	31
11:03 AM	180				180	1800	126,67	33

<b>Aguja</b>		$1/20''^2$						
<b>Hora</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Promedio Lectura</b>	<b>Resistencia (Psi)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo Progresivo</b>
11:06 AM	110				110	2200	154,81	36
11:07 AM	130				130	2600	182,96	37
11:08 AM	180				180	3600	253,33	38
<b>Aguja</b>		$1/40''^2$						
<b>Hora</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Promedio Lectura</b>	<b>Resistencia (Psi)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo Progresivo</b>
11:12 AM	180				180	7200	506,67	42

Tabla 4.21. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 30/10/08.

## 4.5.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

<b>Tiempo Inicial</b>		<b>Tiempo Final</b>	
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
23,36	35	38,17	280

Tabla 4.22. Estimación del Tiempo de Fraguado. 30/10/08.

#### 4.5.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
											CUBOS	CILINDROS
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	30/10/08	31/10/08	19 Horas	10,30	10,60	2540	7418	68,94	63,24	50,59
	2	UNEFA	30/10/08	31/10/08	19 Horas	10,60	10,30	2660	6391	59,54		
	3	UNEFA	30/10/08	31/10/08	24 Horas	10,40	10,50	2580	10495	96,11	95,40	76,32
	4	UNEFA	30/10/08	31/10/08	24 Horas	10,90	11,00	2700	11354	95,70		

Tabla 4.23. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 30/10/08.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
19	18,94	50,59
24	23,94	76,32

Tabla 4.24. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 30/10/08.

##### 4.5.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	29,24

Tabla 4.25. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 30/10/08.

### 4.5.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

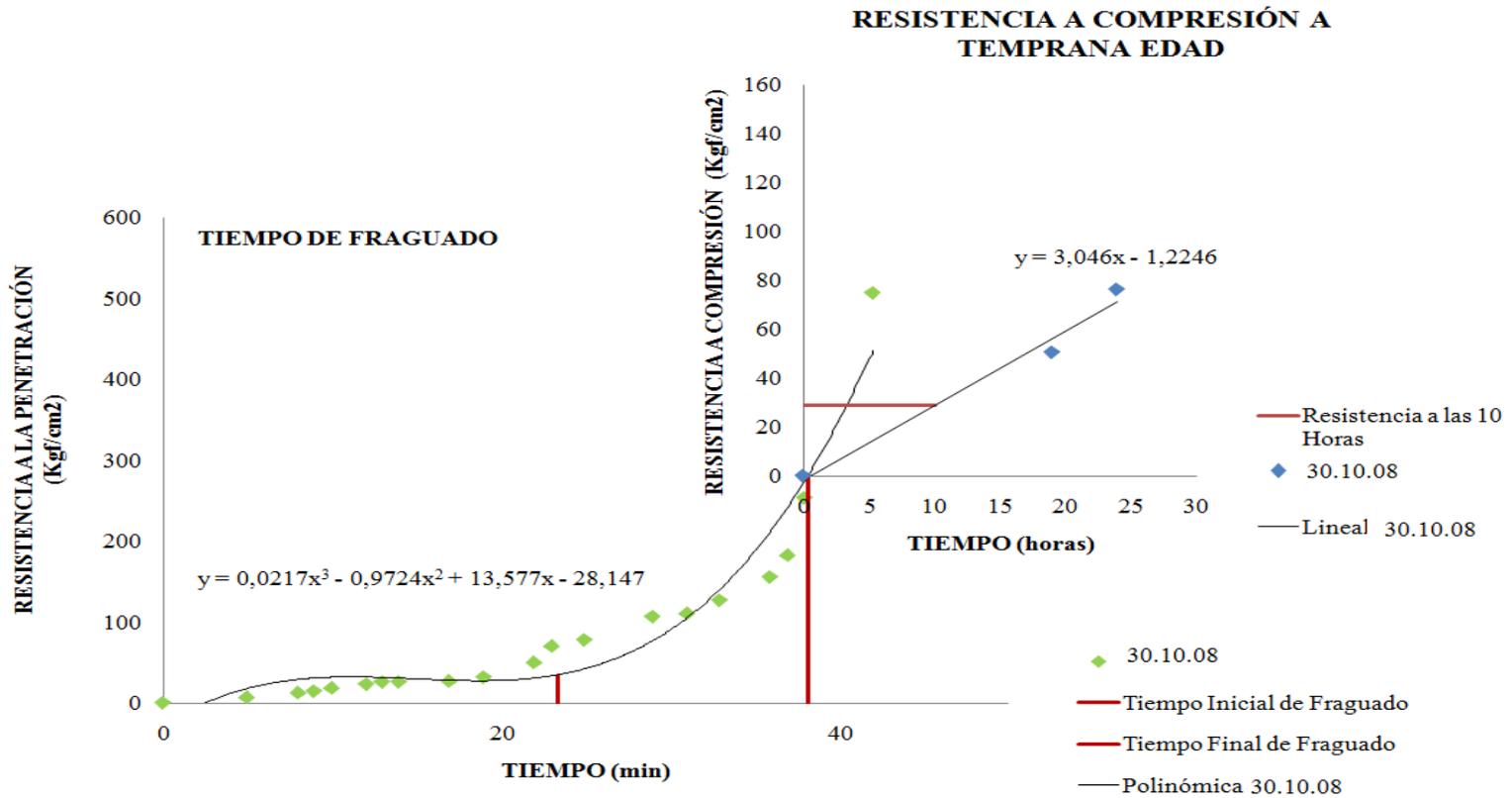


Gráfico 4.5. Ensayo realizado el día 30/10/08.

#### 4.5.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.5. Ensayo realizado el día 30/10/08. Se observa primero el comportamiento de la curva de tiempo de fraguado, la cual cumple con el comportamiento estándar de tal curva. La muestra se ensayó durante un tiempo de 42 minutos, siendo su tiempo inicial de fraguado al alcanzar los 23,36 minutos luego de la toma de la muestra y su tiempo final de fraguado al alcanzar los 38,16 minutos luego de la toma de la muestra,. Los valores fueron calculados utilizando la ecuación de la curva obtenida, la cual es presentada a continuación:

$$y = 0,0217x^3 - 0,9724x^2 + 13,577x - 28,147$$

Por otra parte en la recta de resistencia a compresión se muestran los resultados de los ensayos de resistencia a compresión simple realizados, los cuales fueron: 50,59 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 19 horas y 76,32 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas. Estos ensayos fueron realizados a edades distintas a las propuestas inicialmente, ya que la muestra no poseía la resistencia necesaria para preparar las probetas de dicho ensayo, causando daño y pérdidas de las mismas.

El resultado obtenido a las 10 horas fue de 29,23 Kgf/cm<sup>2</sup>, el cual se calculó utilizando la ecuación de la recta de mejor ajuste mostrada a continuación:

$$y = 3,046x - 1,2246$$

Se observa que la resistencia obtenida es mucho menor a la exigida en el proyecto de construcción de los fosos, debido a que para poder realizar la excavación del siguiente paño y así poder construir el siguiente anillo el concreto debe alcanzar una resistencia de 70 Kgf/cm<sup>2</sup>.

## 4.6. Ensayo realizado el día 17/11/08.

## 4.6.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO								
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5								
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>		<b>9:30 AM</b>		<b>FECHA:</b>		17 de noviembre de 2008		
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>		UNEFA		<b>FOSO:</b>		SUR		
<b>ANILLO:</b>		16		<b>PAÑO:</b>		4		
<b>Aguja</b> 1"²								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
9:38 AM	180				180	180	12,67	8
<b>Aguja</b> 1/2"²								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
9:39 AM	108				108	216	15,20	9
9:41 AM	120				120	240	16,89	11
9:43 AM	180				180	360	25,33	13
<b>Aguja</b> 1/4"²								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
9:45 AM	98				98	392	27,59	15
9:47 AM	122				122	488	34,34	17
9:50 AM	152				152	608	42,79	20
9:53 AM	180				180	720	50,67	23
<b>Aguja</b> 1/10"²								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
9:54 AM	80				80	800	56,30	24
9:56 AM	86				86	860	60,52	26
9:57 AM	109				109	1090	76,70	27
9:58 AM	114				114	1140	80,22	28
10:01 AM	152				152	1520	106,96	31
10:03 AM	180				180	1800	126,67	33

Aguja 1/20<sup>m2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
10:06 AM	92				92	1840	129,48	36
10:07 AM	140				140	2800	197,04	37
10:08 AM	180				180	3600	253,33	38

Aguja 1/40<sup>m2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
10:09 AM	98				98	3920	275,85	39
10:12 AM	100				100	4000	281,48	42
10:15 AM	110				110	4400	309,63	45
10:25 AM	130				130	5200	365,92	55
10:35 AM	152				152	6080	427,85	65
10:40 AM	180				180	7200	506,67	70

Tabla 4.26. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 17/11/08.

## 4.6.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
19,26	35	44,31	280

Tabla 4.27. Estimación del Tiempo de Fraguado. 17/11/08.

#### 4.6.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
											CUBOS	CILINDROS
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	17/11/08	18/11/08	19 Horas	10,60	10,70	2700	7059	62,24	50,91	40,73
	2	UNEFA	17/11/08	18/11/08	19 Horas	10,60	10,80	2620	4532	40,59		
	3	UNEFA	17/11/08	18/11/08	24 Horas	10,30	11,00	2420	12398	109,43	102,51	82,01
	4	UNEFA	17/11/08	18/11/08	24 Horas	11,00	10,80	2660	11356	96,59		

Tabla 4.28. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 17/11/08.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
19	18,57	40,73
24	23,57	82,01

Tabla 4.29. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 17/11/08.

##### 4.6.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	28,247

Tabla 4.30. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 17/11/08.

4.6.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

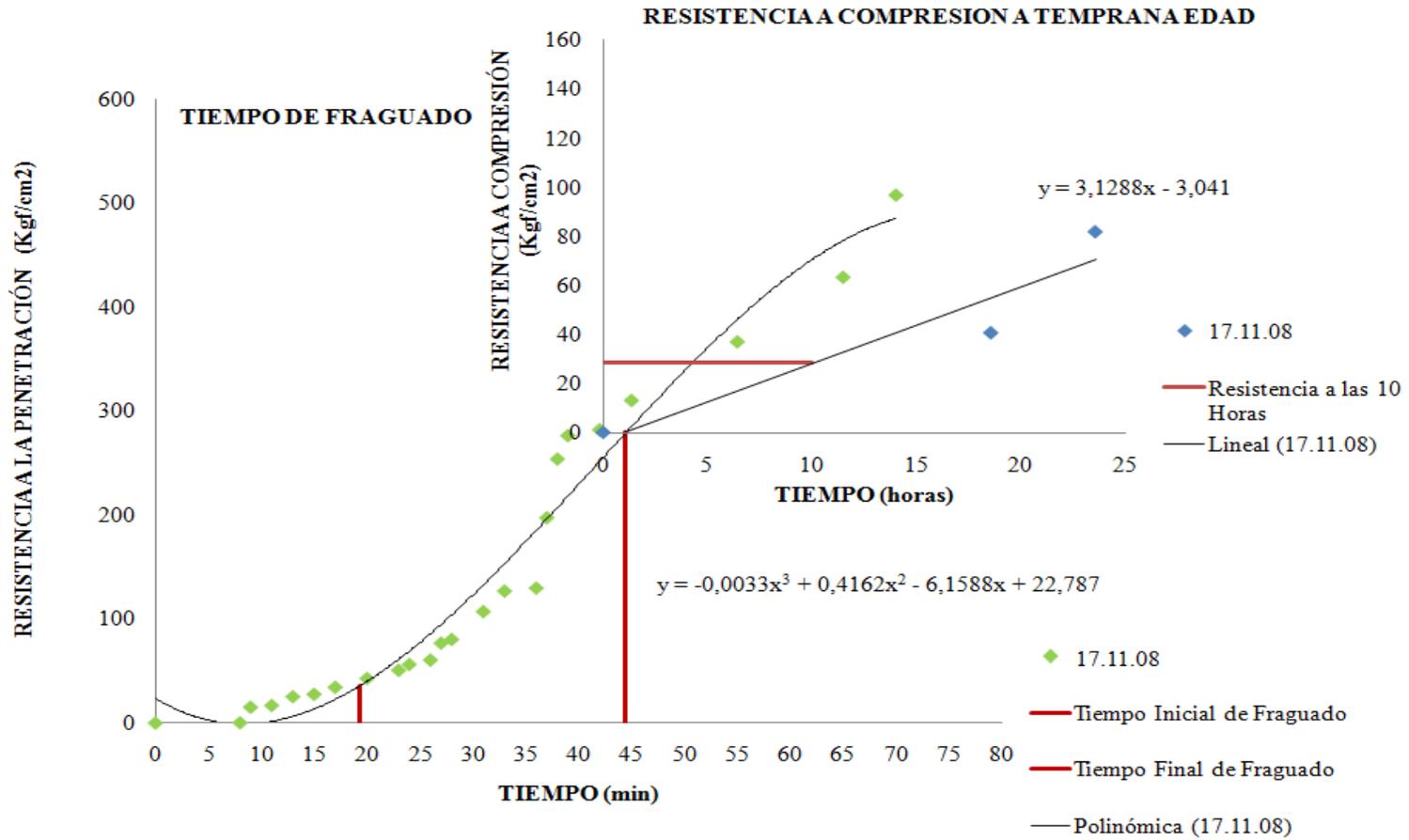


Gráfico 4.6. Ensayo realizado el día 17/11/08.

#### 4.6.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.6. Ensayo realizado el día 17/11/08. Primero se muestra la curva polinómica de tercer grado de tiempo de fraguado, la cual fue elaborada con los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la penetración realizado, dicha curva cumple con el comportamiento ideal de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal. Se observa que el ensayo se completó en un tiempo de 70 minutos, en el cual su tiempo inicial de fraguado se alcanzó en 19,26 minutos luego del proyectado de la muestra y su tiempo final de fraguado se alcanzó en 44,31 minutos luego del proyectado de la muestra, ambos resultados fueron calculados con la ecuación de la curva mencionada la cual, se muestra a continuación:

$$y = -0,0033x^3 + 0,4162x^2 - 6,1588x + 22,787$$

Segundo se muestra la recta de resistencia a compresión simple, la misma fue elaborada con los resultados de resistencia a compresión de los ensayos realizados a las edades de 19 horas y 24 horas, tales resultados son los siguientes: 40,73 Kgf/cm<sup>2</sup> y 82,01 Kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente. El resultado final de resistencia a las 10 horas se calculó utilizando la ecuación de la recta obtenida, la cual se muestra a continuación:

$$y = 3,1288x - 3,041$$

Dando como resultado 28,24 Kgf/cm<sup>2</sup>, se puede notar que dicha resistencia resultó ser mucho más baja que la resistencia exigida en las premisas de diseño del proyecto de los fosos estudiados, ya que para poder realizar la excavación del paño inferior y así poder construir el siguiente anillo siguiente el concreto debe alcanzar una resistencia de 70 Kgf/cm<sup>2</sup>.

El ensayo correspondiente a las 10 horas se realizó a las 19 horas, ya que la muestra no obtuvo la resistencia necesaria para desmoldarla y preparación de las probetas causando daño y pérdida de las mismas.

## 4.7. Ensayo realizado el día 19/11/08.

## 4.7.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	10:20 AM	<b>FECHA:</b>	19 de noviembre de 2008
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	17	<b>PAÑO:</b>	6

Aguja 1<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
10:26 AM	40				40	40	2,81	6
10:27 AM	66				66	66	4,64	7
10:28 AM	108				108	108	7,60	8
10:32 AM	162				162	162	11,40	12
10:37 AM	200				200	200	14,07	17

Aguja 1/2<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
10:39 AM	100	112			106	212	14,92	19
10:41 AM	120	122			121	242	17,03	21
10:44 AM	160	154			157	314	22,10	24
10:48 AM	166				166	332	23,36	28
10:49 AM	180	188			184	368	25,90	29

Aguja 1/4<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
10:50 AM	90	96			93	372	26,18	30
10:54 AM	120	128			124	496	34,90	34
10:57 AM	136	136			136	544	38,28	37
11:00 AM	160				160	640	45,04	40
11:03 AM	180				180	720	50,67	43

Aguja 1/10<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:05 AM	122	116			119	1190	83,74	45
11:12 AM	128	130			129	1290	90,78	52
11:17 AM	160	168			164	1640	115,41	57
11:19 AM	180				180	1800	126,67	59

Aguja 1/20<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:23 AM	110	114			112	2240	157,63	63
11:24 AM	148	134			141	2820	198,44	64
11:27 AM	168				168	3360	236,44	67
11:30 AM	180				180	3600	253,33	70

Aguja 1/40<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:35 AM	92	116			104	4160	292,74	75
11:42 AM	128	140			134	5360	377,18	82
11:45 AM	156				156	6240	439,11	85
11:49 AM	174				174	6960	489,78	89
11:55 AM	178				178	7120	501,04	95
11:58 AM	180				180	7200	506,67	108

Tabla 4.31. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 19/11/08.

## 4.7.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
36,41	35	73,77	280

Tabla 4.32. Estimación del Tiempo de Fraguado. 19/11/08.

#### 4.7.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
											CUBOS	CILINDROS
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	19/11/08	19/11/08	10 Horas	10,00	9,90	2100	6280	63,43	65,05	52,04
	2	UNEFA	19/11/08	19/11/08	10 Horas	9,00	10,00	2000	6000	66,67		
	3	UNEFA	19/11/08	20/11/08	24 Horas	10,00	10,00	2100	8710	87,10	86,97	69,57
	4	UNEFA	19/11/08	20/11/08	24 Horas	9,80	10,00	2153	8510	86,84		

Tabla 4.33. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 19/11/08.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
10	9,43	52,04
24	23,43	69,57

Tabla 4.34. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 19/11/08.

##### 4.7.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	37,83

Tabla 4.35. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 19/11/08.

4.7.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

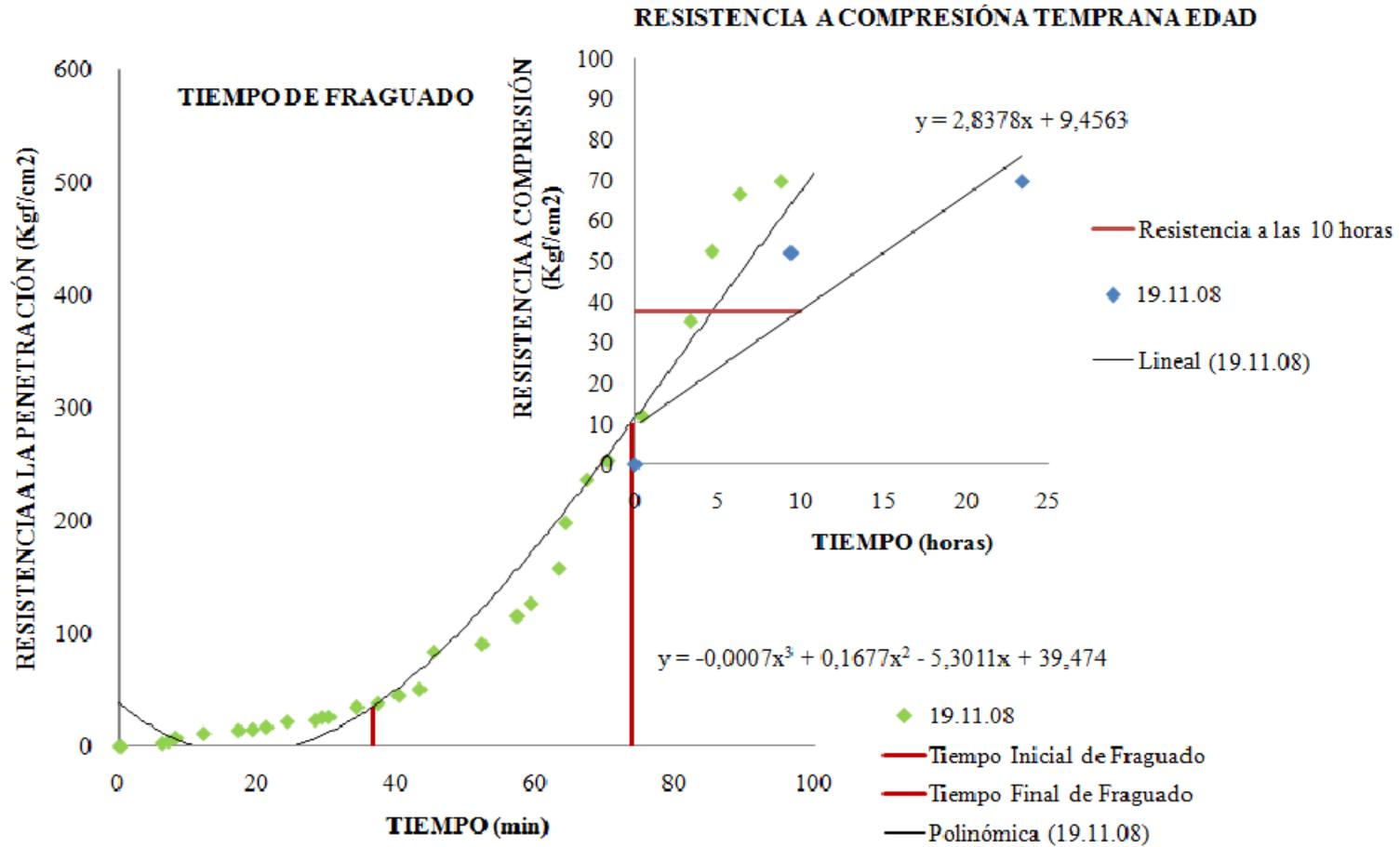


Gráfico 4.7. Ensayo realizado el día 19/11/08.

#### 4.7.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.7. Ensayo realizado el día 19/11/08. Se muestra la curva de tiempo de fraguado elaborada con los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la penetración, la cual es polinómica de tercer grado y cumple con el comportamiento de la curva patrón de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal. Se observa que el ensayo se completó en un tiempo de 108, obteniéndose el tiempo inicial de fraguado a los 36,41 minutos luego de la toma de la muestra y el tiempo final de fraguado a los 73,76 minutos luego de la toma de la muestra. Los tiempos de fraguado se calcularon con la ecuación de la curva nombrada anteriormente, la cual se muestra a continuación:

$$y = -0,0007x^3 + 0,1677x^2 - 5,3011x + 39,474$$

También, se muestra la recta de resistencia a compresión simple elaborada con los resultados de los ensayos de resistencia a compresión realizados. Se observan, los valores de resistencia a las distintas edades de ensayo, los cuales son: 52,04 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 10 horas y 69,57 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas, los ensayos correspondientes a las 36 horas no se lograron realizar ya que las muestras no alcanzaron la resistencia necesaria para el corte y preparación de las probetas, causando pérdidas de las mismas. La resistencia a compresión a las 10 horas fue de 37,83 Kgf/cm<sup>2</sup>, la cual se calculó con la ecuación de la recta obtenida, mostrada a continuación:

$$y = 2,8378x + 9,4563$$

Se observa que la resistencia obtenida a las 10 horas es mucho menor a 70 Kgf/cm<sup>2</sup> teniendo un incumplimiento con el requerimiento de diseño propuesto en el proyecto de construcción, ya que para poder realizar la excavación del paño inferior para la construcción del siguiente anillo el concreto no debe alcanzar la resistencia exigida.

## 4.8. Ensayo realizado el día 20/11/08.

## 4.8.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	10:36 AM	<b>FECHA:</b>	20 de noviembre de 2008
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	17	<b>PAÑO:</b>	13

Aguja 1"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
10:40 AM	120				120	120	8,44	4
10:45 AM	140				140	140	9,85	9
10:50 AM	180				180	180	12,67	14

Aguja 1/2"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
10:51 AM	100	96			98	196	13,79	15
10:53 AM	126	122			124	248	17,45	17
10:55 AM	160	154			157	314	22,10	19
11:00 AM	180				180	360	25,33	24

Aguja 1/4"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
11:02 AM	90	96			93	372	26,18	26
11:05 AM	120	100			110	440	30,96	29
11:06 AM	140	136			138	552	38,84	30
11:08 AM	180				180	720	50,67	32

Aguja 1/10"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
11:10 AM	112	116			114	1140	80,22	34
11:15 AM	120	130			125	1250	87,96	39
11:25 AM	180				180	1800	126,67	49

<b>Aguja 1/20<sup>n</sup></b>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:25 AM	124	114			119	2380	167,48	49
11:30 AM	140	134			137	2740	192,81	54
11:40 AM	180				180	3600	253,33	64
<b>Aguja 1/40<sup>n</sup></b>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:45 AM	90	116			103	4120	289,92	69
12:00 PM	146	160			153	6120	430,67	74
12:20 PM	180				180	7200	506,67	94

Tabla 4.36. Planilla para Ensayo de Resistencia a la Penetración. 20/11/08.

## 4.8.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

<b>Tiempo Inicial</b>		<b>Tiempo Final</b>	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
27,21	35	64,93	280

Tabla 4.37. Estimación del Tiempo de Fraguado. 20/11/08.

#### 4.8.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
										CUBOS	CILINDROS	
Muestra N°	Frete	Fecha Toma	Fecha Ensayo	Edad	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	20/11/08	20/11/08	10 Horas	10,00	10,00	2100	8500	85,00	86,00	68,80
	2	UNEFA	20/11/08	20/11/08	10 Horas	10,00	10,00	2000	8700	87,00		
	3	UNEFA	20/11/08	21/11/08	24 Horas	10,00	10,00	2156	8690	86,90	83,95	67,16
	4	UNEFA	20/11/08	21/11/08	24 Horas	10,00	10,00	2100	8100	81,00		

Tabla 4.38. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 20/11/08.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
10	9,52	66,40
24	23,52	69,60

Tabla 4.39. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 20/11/08.

##### 4.8.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	42,55

Tabla 4.40. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 20/11/08.

4.8.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

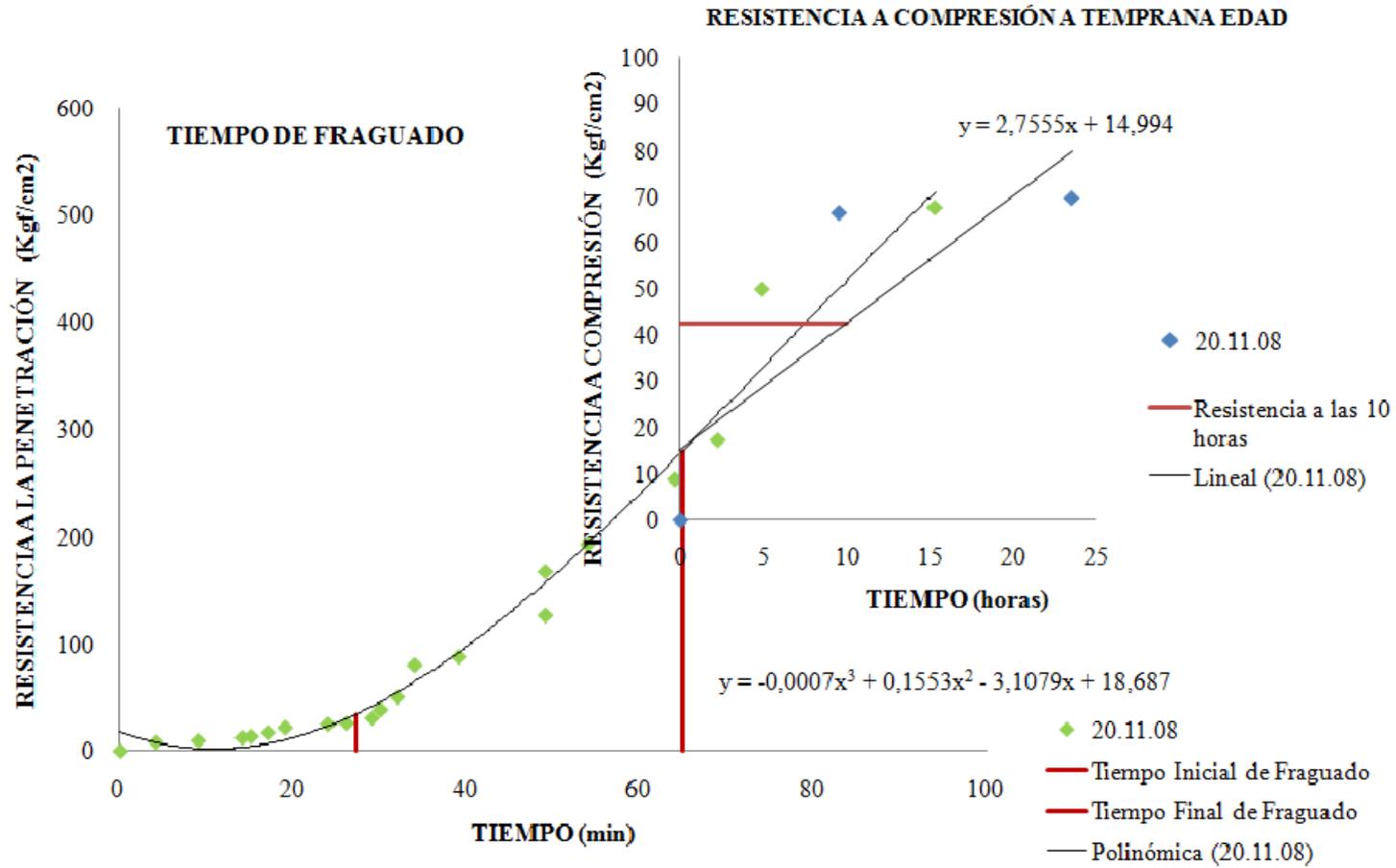


Gráfico 4.8. Ensayo realizado el día 20/11/08.

#### 4.8.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.8. Ensayo realizado el día 20/11/08. Se muestra la curva polinómica de tercer grado de estimación del tiempo de fraguado la cual se construyó con los resultados del ensayo de resistencia a la penetración realizado. El ensayo se completó en un tiempo de 94 minutos, donde el tiempo inicial de fraguado se alcanzó a los 27,20 minutos luego de la proyección del concreto y el tiempo final de fraguado se alcanzó a los 64,92 minutos luego de la proyección del concreto, dichos tiempos fueron calculados utilizando la ecuación de la curva obtenida, la cual tiene el comportamiento ideal de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal, mostrándose a continuación:

$$y = -0,0007x^3 + 0,1553x^2 - 3,1079x + 18,687$$

Luego se observa la recta de resistencia a compresión obtenida con los resultado de los ensayos de resistencia a compresión realizados a las edades de 10 horas y 24 horas, los cuales fueron: 66,40 Kgf/cm<sup>2</sup> y 69,60 Kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente, en los que se observa que el incremento de la resistencia fue bastante bajo, lo cual pudo ser ocasionado por inadecuado muestreo. La resistencia a la edad requerida (10 horas) se calculó con la ecuación de la recta de mejor ajuste elaborada, la cual es:

$$y = 2,7555x + 14,994$$

La resistencia a compresión obtenida fue de 42,54 Kgf/cm<sup>2</sup>, dicha resistencia no cumple con la resistencia exigida en la propuesta de diseño del proyecto debido a que para poder realizar la excavación del paño inferior y así construir el anillo siguiente, el concreto debe alcanzar una resistencia de 70 Kgf/cm<sup>2</sup>.

El ensayo de resistencia a compresión simple correspondiente a las 36 horas no fue realizado puesto al realizar el ensayo correspondiente a las 10 horas, el concreto no obtuvo la dureza necesaria para la preparación de las probetas a ensayar ocasionando pérdida de las mismas.

## 4.9. Ensayo realizado el día 24/11/08.

## 4.9.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	11:10 AM	<b>FECHA:</b>	24 de noviembre de 2008
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	18	<b>PAÑO:</b>	6

Aguja 1"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:15 AM	140				140	140	9,85	5
11:17 AM	154				154	154	10,84	7
11:20 AM	200				200	200	14,07	10

Aguja 1/2"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:25 AM	114				114	228	16,04	15
11:28 AM	128				128	256	18,01	18
11:31 AM	148				148	296	20,83	21
11:36 AM	152				152	304	21,39	26
11:38 AM	166				166	332	23,36	28
11:40 AM	188				188	376	26,46	30

Aguja 1/4"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:42 AM	102	94			98	392	27,59	32
11:43 AM	152				152	608	42,79	33
11:54 AM	196				196	784	55,17	44

Aguja 1/10<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
12:03 PM	126				126	1260	88,67	53
12:10 PM	128	130			129	1290	90,78	60
12:17 PM	134				134	1340	94,30	67
12:24 PM	140				140	1400	98,52	74
12:18 PM	142				142	1420	99,93	78
12:32 PM	166				166	1660	116,81	82
12:38 PM	190				190	1900	133,70	88

Aguja 1/20<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
12:43 PM	132				132	2640	185,78	93
12:49 PM	144				144	2880	202,67	99
12:53 PM	160				160	3200	225,18	103
12:58 PM	200				200	4000	281,48	108

Aguja 1/40<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
1:01 PM	110				110	4400	309,63	111
1:06 PM	117				117	4680	329,33	116
1:09 PM	126				126	5040	354,67	119
1:15 PM	148				148	5920	416,59	125
1:20 PM	150				150	6000	422,22	130
1:24 PM	168				168	6720	472,89	134
1:29 PM	170				170	6800	478,52	139
1:35 PM	178				178	7120	501,04	145
1:40 PM	196				196	7840	551,70	150

Tabla 4.41. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 24/11/08.

## 4.9.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
39,52	35	110,43	280

Tabla 4.42. Estimación del Tiempo de Fraguado. 24/11/08.

#### 4.9.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN													
											CUBOS	CILINDROS	
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc		Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	24/11/08	24/11/08	10 Horas	10,00	10,00	2100	6420	64,20		63,10	50,40
	2	UNEFA	24/11/08	24/11/08	10 Horas	10,00	10,00	2100	6200	62,00			
	3	UNEFA	24/11/08	25/11/08	24 Horas	10,00	10,00	2200	8320	83,20		84,70	67,60
	4	UNEFA	24/11/08	25/11/08	24 Horas	10,00	10,00	2145	8620	86,20			

Tabla 4.43. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 24/11/08.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
10	9,34	50,40
24	23,34	67,60

Tabla 4.44. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 24/11/08.

##### 4.9.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	36,86

Tabla 4.45. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 24/11/08.

4.9.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

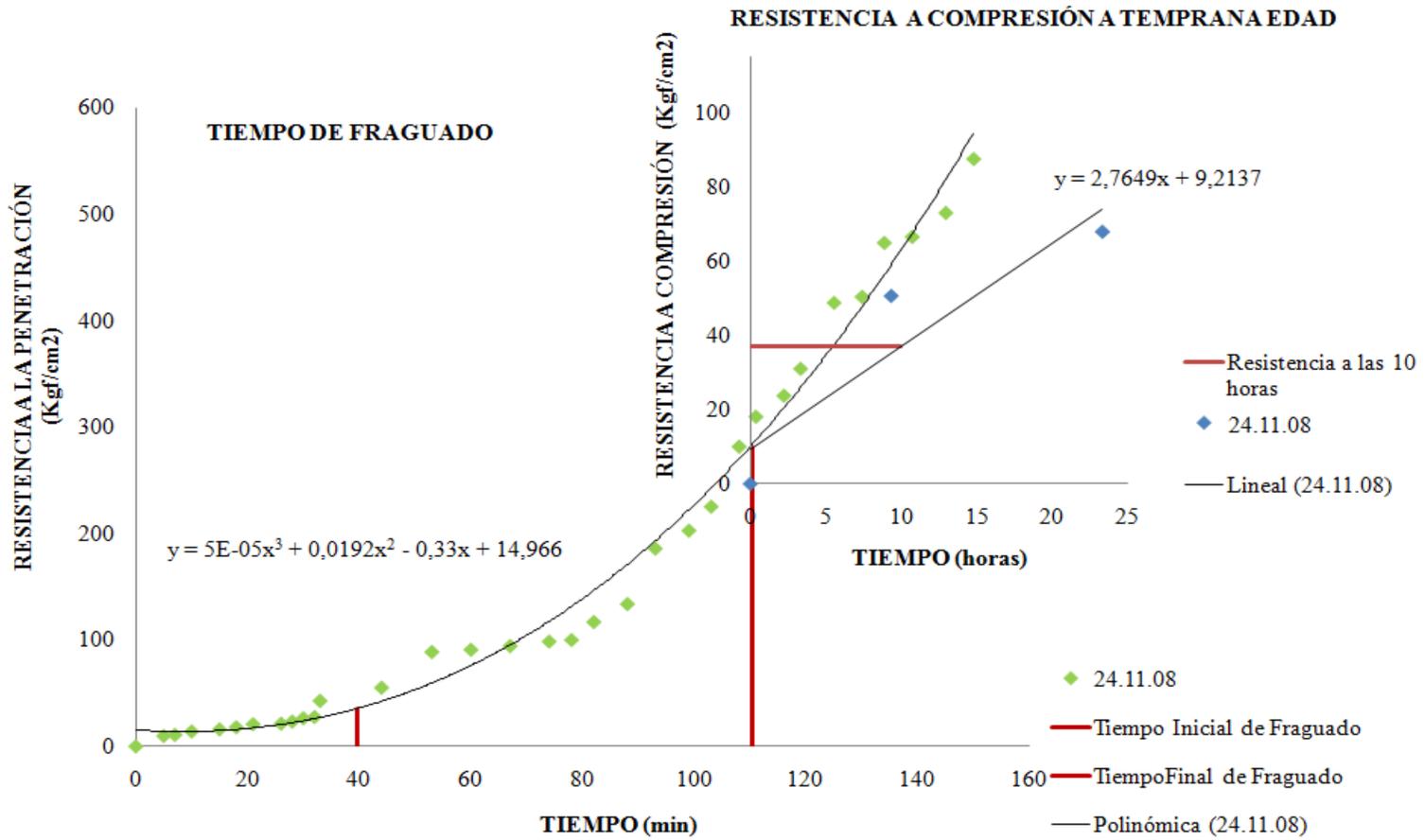


Gráfico 4.9. Ensayo realizado el día 24/11/08.

#### 4.9.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.9. Ensayo realizado el día 24/11/08. Se observa que la curva de tiempo de fraguado cumple con el comportamiento patrón de la curva de un concreto normal, la cual se elaboró con los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la penetración. Se puede notar que dicho ensayo se realizó en durante un tiempo de 150 minutos, obteniendo el tiempo inicial de fraguado a los 39,52 minutos luego de la toma de la muestra y el tiempo final de fraguado a los 110,43 minutos luego de la toma de la muestra, tales valores se calcularon con la ecuación de la curva elaborada, la cual es la siguiente:

$$y = 5E-05x^3 + 0,0192x^2 - 0,33x + 14,966$$

Luego se observa la curva de resistencia a compresión obtenida con los resultados de los ensayos de resistencia a compresión simple realizados a las edades de 10 horas y 24 horas, los cuales fueron: 50,40 Kgf/cm<sup>2</sup> y 67,60 Kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente. La resistencia a la edad requerida (10 horas) se calculó con la ecuación de la recta de mejor ajuste elaborada, la cual es:

$$y = 2,7649x + 9,2137$$

Dando como resultado 36,86 Kgf/cm<sup>2</sup>. Cabe destacar que el resultado obtenido no cumple las exigencias del proyecto de construcción de los fosos, ya que este debe ser de 70 Kg/cm<sup>2</sup> para poder seguir la excavación y así poder construir el anillo siguiente.

El ensayo correspondiente a las 36 horas no fue realizado ya que al desencofrar y cortar las muestras el concreto no poseía la dureza necesaria, causando daño y pérdida de la misma, lo cual impidió realizar el ensayo correspondiente a las 36 horas.

## 4.10. Ensayo realizado el día 25/11/08.

## 4.10.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	5:10 PM	<b>FECHA:</b>	25 de noviembre de 2008
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	18	<b>PAÑO:</b>	9

Aguja 1"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
5:11 PM	140				140	140	9,85	1
5:14 PM	154				154	154	10,84	4
5:16 PM	200				200	200	14,07	6

Aguja 1/2"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
5:19 PM	38				38	76	5,35	9
5:22 PM	60				60	120	8,44	12
5:26 PM	84				84	168	11,82	16
5:30 PM	156				156	312	21,96	20
5:34 PM	156				156	312	21,96	24
5:36 PM	188				188	376	26,46	26

Aguja 1/4"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
5:39 PM	102	94			98	392	27,59	29
5:44 PM	152				152	608	42,79	34
5:49 PM	196				196	784	55,17	39

Aguja 1/10 <sup>n2</sup>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
5:50 PM	126				126	1260	88,67	40
5:53 PM	128	130			129	1290	90,78	43
5:56 PM	134				134	1340	94,30	46
6:01 PM	140				140	1400	98,52	51
6:06 PM	142				142	1420	99,93	56
6:18 PM	166				166	1660	116,81	68
6:28 PM	190				190	1900	133,70	78
Aguja 1/20 <sup>n2</sup>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
6:31 PM	132				132	2640	185,78	81
6:41 PM	144				144	2880	202,67	91
6:51 PM	160				160	3200	225,18	101
7:08 PM	200				200	4000	281,48	118
Aguja 1/40 <sup>n2</sup>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
7:09 PM	110				110	4400	309,63	119
7:12 PM	116				116	4640	326,52	122
7:27 PM	126				126	5040	354,67	137
7:40 PM	148				148	5920	416,59	150
7:44 PM	150				150	6000	422,22	154
7:49 PM	168				168	6720	472,89	159
7:56 PM	170				170	6800	478,52	206
8:04 PM	178				178	7120	501,04	214
8:05 PM	196				196	7840	551,70	215

Tabla 4.46. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 25/11/09.

## 4.10.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
28,01	35	112,39	280

Tabla 4.47. Estimación del Tiempo de Fraguado. 25/11/09.

#### 4.10.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
										CUBOS	CILINDROS	
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	25/11/08	25/11/08	10 Horas	10,00	10,00	2100	6400	64,00	66,50	53,20
	2	UNEFA	25/11/08	25/11/08	10 Horas	10,00	9,00	2000	6210	69,00		
	3	UNEFA	25/11/08	26/11/08	24 Horas	10,00	9,00	2120	8400	93,33	89,72	71,77
	4	UNEFA	25/11/08	26/11/08	24 Horas	10,00	10,00	2120	8610	86,10		

Tabla 4.48. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 25/11/09.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
10	8,29	53,20
24	22,29	71,73

Tabla 4.49. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 25/11/09.

##### 4.10.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	41,06

Tabla 4.50. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 25/11/09.

4.10.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

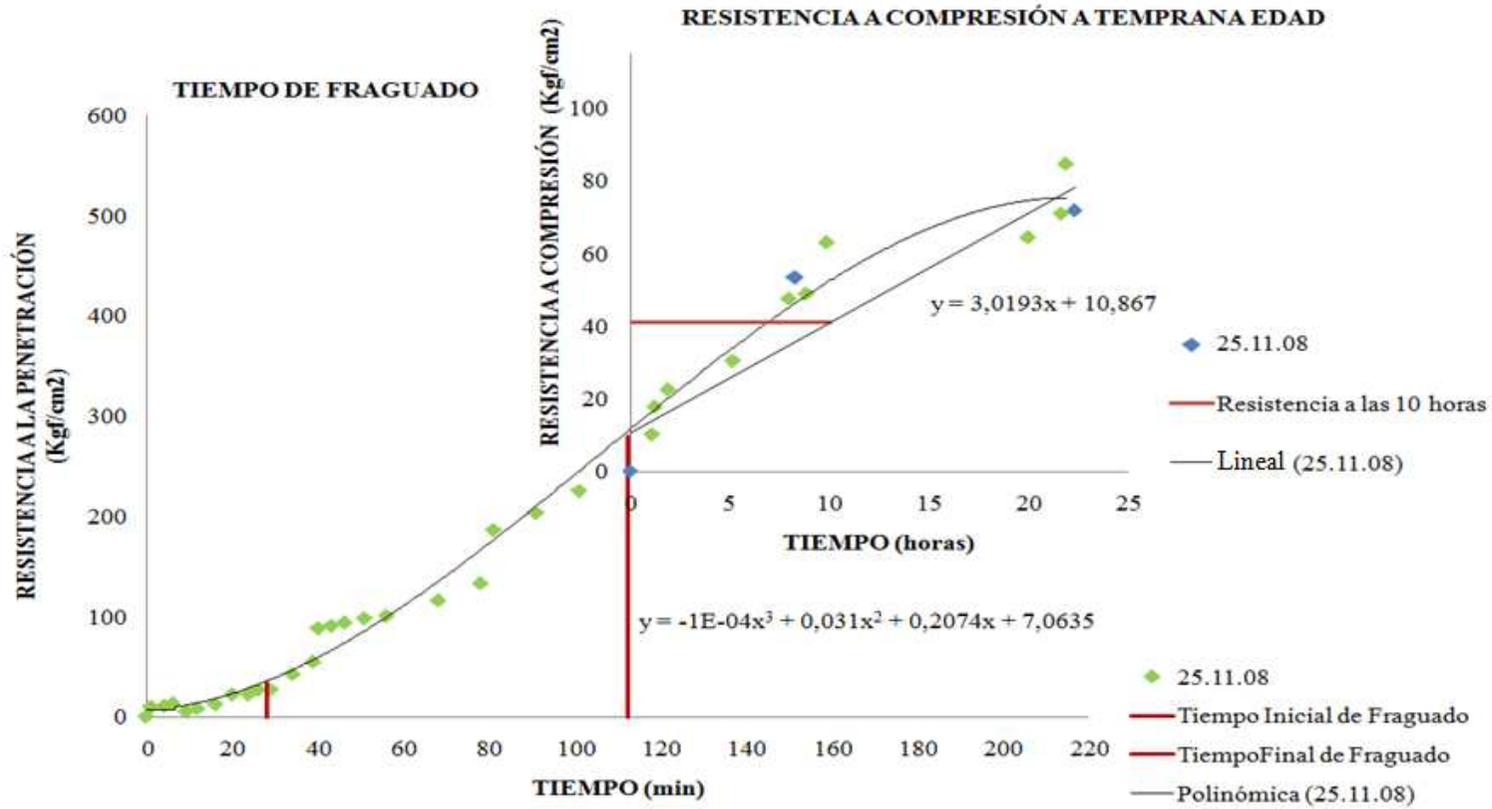


Gráfico 4.10. Ensayo realizado el día 25/11/09.

#### 4.10.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico4.10. Ensayo realizado el día 25/11/08. Primero se muestra la curva de tiempo de fraguado, la cual cumple con el comportamiento estándar de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal. La muestra obtuvo el tiempo inicial de fraguado a los 28,01 minutos luego de la toma de la muestra y el tiempo final de fraguado a los 112,39 minutos luego de la toma de la muestra, el ensayo fue realizado durante un tiempo de 215 minutos. Los valores de tiempo inicial y final de fraguado se calcularon utilizando la ecuación de la curva obtenida, la cual es presentada a continuación:

$$y = -1E-04x^3 + 0,031x^2 + 0,2074x + 7,0635$$

Posteriormente se muestra la recta de resistencia a compresión simple elaborada con los valores de los ensayos de resistencia a compresión realizados, los cuales fueron: 53,20 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 10 horas y 71,73 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas. Los ensayos correspondientes a las 36 horas no fueron realizados ya que al momento de desencofrar las muestras para realizar los ensayos a las 10 horas, el concreto no logró la resistencia necesaria causando daño y pérdida de la misma.

La resistencia obtenida a las 10 horas fue de 41,06 Kgf/cm<sup>2</sup>, se calculó utilizando la ecuación de la recta de mejor ajuste, la cual se muestra a continuación:

$$y = 3,0193x + 10,867$$

Dicha resistencia es menor al requerimiento exigido en el proyecto, ya que para poder realizar la excavación del paño inferior y así construir el siguiente anillo, el concreto debe alcanzar una resistencia de 70 Kgf/cm<sup>2</sup>.

## 4.11. Ensayo realizado el día 26/11/08.

## 4.11.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	3:50 PM	FECHA:	26 de noviembre de 2008
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	SUR
ANILLO:	18	PAÑO:	15

Aguja 1<sup>m2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
3:54 PM	118				118	118	8,30	4
3:59 PM	200				200	200	14,07	9

Aguja 1/2<sup>m2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:00 PM	84				84	168	11,82	10
4:03 PM	98				98	196	13,79	13
4:08 PM	132				132	264	18,58	18
4:12 PM	150				150	300	21,11	22
4:17 PM	200				200	400	28,15	27

Aguja 1/4<sup>m2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:20 PM	96				96	384	27,02	30
4:25 PM	200				200	800	56,30	35

Aguja 1/10<sup>m2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:27 PM	152				152	1520	106,96	37
4:30 PM	158				158	1580	111,18	40
4:33 PM	200				200	2000	140,74	43

Aguja 1/20<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:34 PM	90				90	1800	126,67	44
4:37 PM	100				100	2000	140,74	47
4:43 PM	200				200	4000	281,48	53

Aguja 1/40<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:44 PM	100				100	4000	281,48	54
5:03 PM	114				114	4560	320,89	73
5:08 PM	130				130	5200	365,92	78
5:09 PM	132				132	5280	371,55	79
5:23 PM	144				144	5760	405,33	93
5:27 PM	160				160	6400	450,37	97
5:30 PM	200				200	8000	562,96	100

Tabla 4.51. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 26/11/08.

## 4.11.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
23,65	35	63,65	280

Tabla 4.52. Estimación del Tiempo de Fraguado. 26/11/08.

#### 4.11.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
											CUBOS	CILINDROS
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	26/11/08	27/11/08	18 Horas	9,80	10,00	2000	7100	72,45	72,13	57,71
	2	UNEFA	26/11/08	27/11/08	18 Horas	10,00	11,00	2100	7900	71,82		
	3	UNEFA	26/11/08	27/11/08	24 Horas	10,00	10,00	2080	8660	86,60	87,30	69,84
	4	UNEFA	26/11/08	27/11/08	24 Horas	10,00	10,00	2200	8800	88,00		

Tabla 4.53. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 26/11/08.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
18	17,39	57,71
24	23,39	69,84

Tabla 4.54. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 26/11/08.

##### 4.11.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	31,51

Tabla 4.55. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 26/11/08.

### 4.11.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

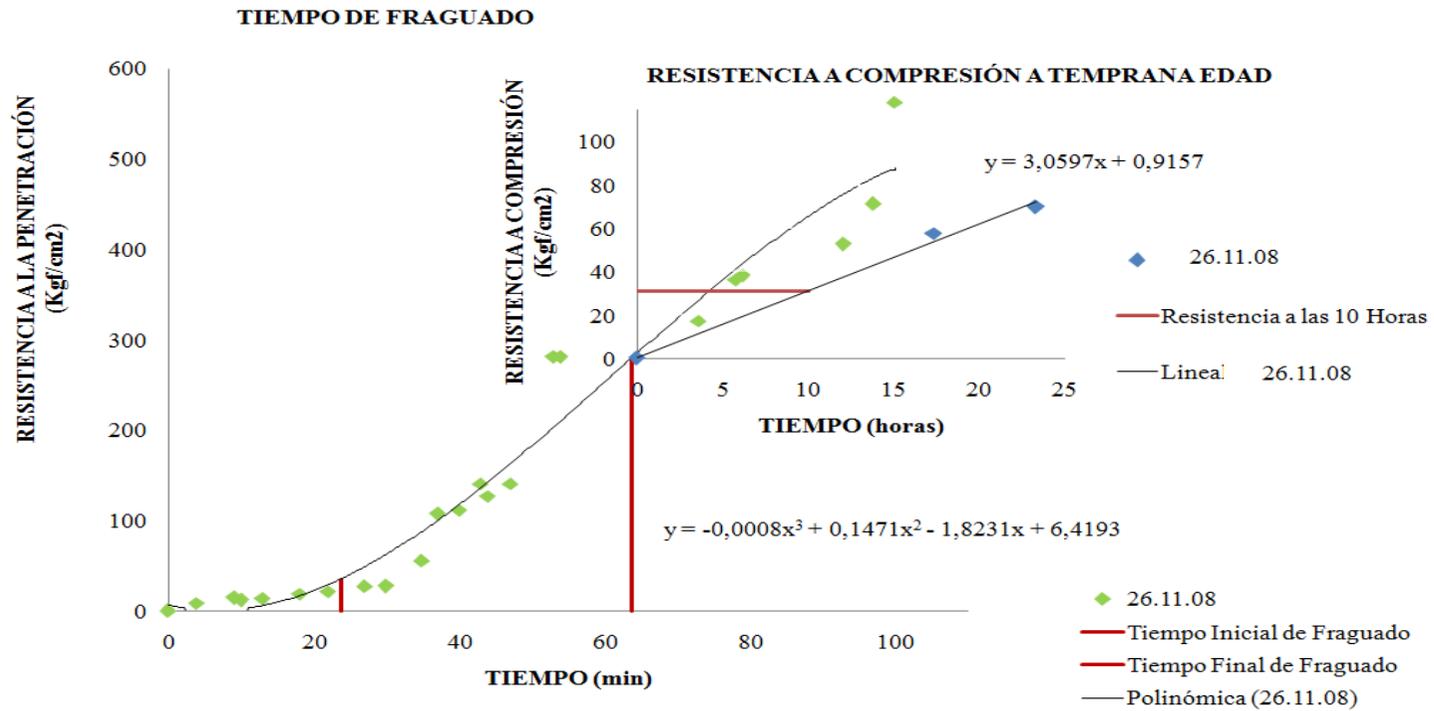


Gráfico 4.11. Ensayo realizado el día 26/11/08.

#### 4.11.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.11. Ensayo realizado el día 26/11/08. Se muestra la curva polinómica de tercer grado de tiempo de fraguado elaborada con los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la penetración, dicha curva posee el comportamiento estándar de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal. Se pudo observar que el ensayo se realizó durante un tiempo de 100 minutos alcanzándose el tiempo inicial de fraguado a los 23,65 minutos y el tiempo final de fraguado 63,64 minutos luego del muestreo. Los valores de tiempo inicial y final de fraguado se calcularon utilizando la ecuación de dicha curva, la cual se presenta a continuación:

$$y = -0,0008x^3 + 0,1471x^2 - 1,8231x + 6,4193$$

Seguidamente se muestra la recta de resistencia a compresión realizada con los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a compresión simple, los cuales son: 57,71 Kg/cm<sup>2</sup> a las 18 horas y 69,84Kg/cm<sup>2</sup> a las 24 horas.. El resultado de resistencia a compresión a la edad requerida (10 horas) fue calculado con la ecuación de la recta mostrada a continuación:

$$y = 3,0597x + 0,9157$$

Obteniendo una resistencia a compresión de 31,51 Kg/cm<sup>2</sup>.

Observando los resultados de resistencia a compresión obtenidos se tiene que la resistencia a compresión a las 10 horas es bastante baja, ya que la resistencia requerida para poder realizar la excavación del siguiente anillo es de 70 Kg/cm<sup>2</sup>

El ensayo correspondiente a las 10 horas fue realizado a las 18 horas ya que al ser desencofrar y cortar las muestras el concreto no poseía la dureza necesaria, causando daño y pérdida de la misma, lo cual impidió realizar el ensayo correspondiente a las 36 horas.

## 4.12. Ensayo realizado el día 27/11/08.

## 4.12.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	3:45 PM	<b>FECHA:</b>	27 de noviembre de 2008
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	19	<b>PAÑO:</b>	2

Aguja 1"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
3:49 PM	130	130			130	130	9,15	4
3:54 PM	150				150	150	10,56	9
3:55 PM	180				180	180	12,67	10

Aguja 1/2"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
3:57 PM	150				150	300	21,11	12
3:58 PM	180				180	360	25,33	13

Aguja 1/4"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
3:59 PM	100				100	400	28,15	14
4:00 PM	140				140	560	39,41	15
4:05 PM	170	130			150	600	42,22	20
4:10 PM	160	150			155	620	43,63	25
4:15 PM	180				180	720	50,67	30

Aguja 1/10"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:21 PM	180				180	1800	126,67	36

Aguja 1/20 <sup>n2</sup>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:24 PM	140	152			146	2920	205,48	39
4:27 PM	124				124	2480	174,52	42
4:30 PM	180				180	3600	253,33	45
Aguja 1/40 <sup>n2</sup>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:32 PM	100	90			95	3800	267,41	47
4:43 PM	120	110			115	4600	323,70	58
4:53 PM	154	172			163	6520	458,81	68

Tabla 4.56. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 27/11/08.

## 4.12.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
18,74	35	51,35	280

Tabla 4.57. Estimación del Tiempo de Fraguado. 27/11/08.

#### 4.12.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
											CUBOS	CILINDROS
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	27/11/08	27/11/08	10 Horas	10,00	10,00	2100	6500	65,00	65,00	52,00
	2	UNEFA	27/11/08	27/11/08	10 Horas	10,00	10,00	2200	6500	65,00		
	3	UNEFA	27/11/08	28/11/08	24 Horas	10,00	9,80	2200	8500	86,73	86,22	68,98
	4	UNEFA	27/11/08	28/11/08	24 Horas	10,00	9,80	2100	8400	85,71		

Tabla 4.58. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 27/11/08.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
10	9,72	52,00
24	23,72	68,98

Tabla 4.59. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 27/11/08.

##### 4.12.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	37,12

Tabla 4.60. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 27/11/08.

### 4.12.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

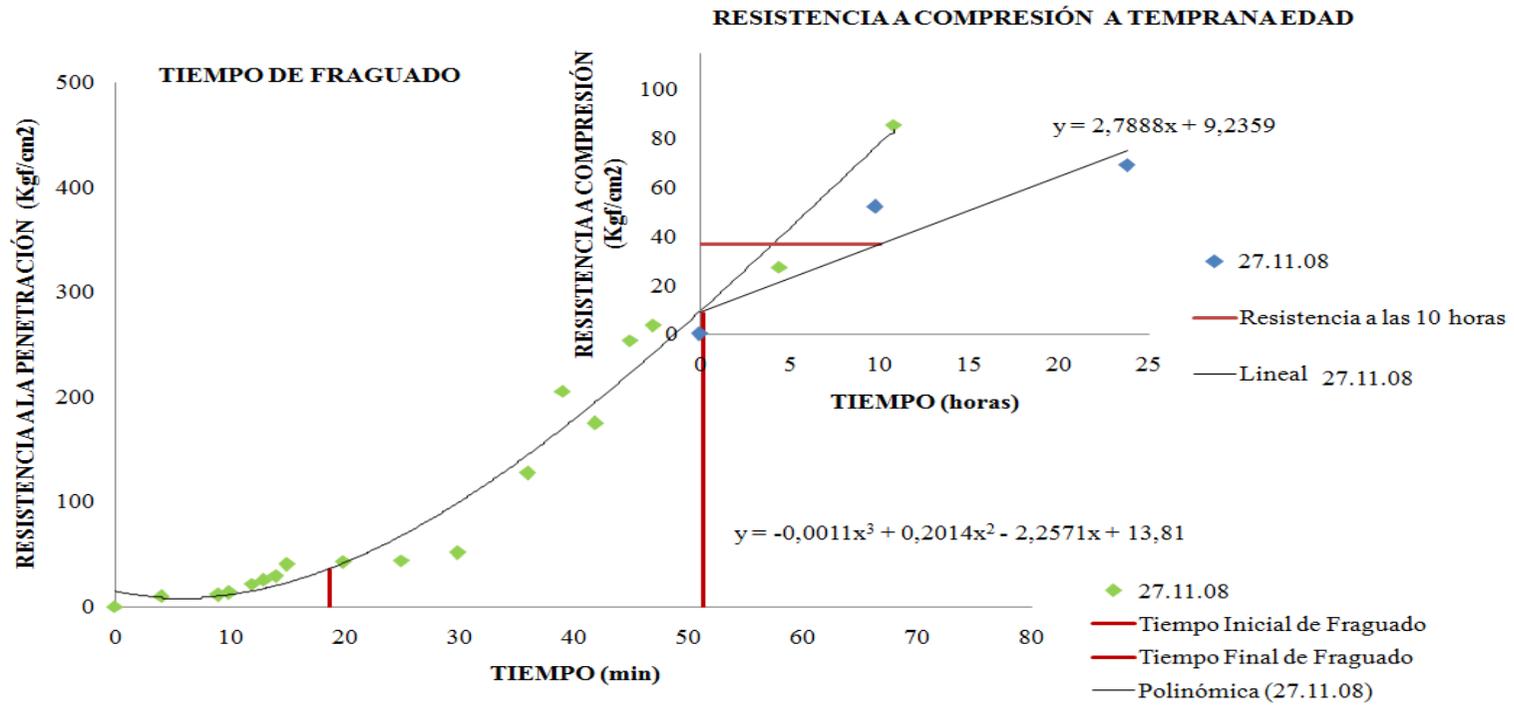


Gráfico 4.12. Ensayo realizado el día 27/11/08.

#### 4.12.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.12. Ensayo realizado el día 27/11/08. Se muestra la curva polinómica de tercer grado de estimación del tiempo de fraguado la cual se construyó con los resultados del ensayo de resistencia a la penetración realizado. El ensayo se completó durante un tiempo de 68 minutos, donde el tiempo inicial de fraguado se alcanzó a los 18,74 minutos luego de la proyección del concreto y el tiempo final de fraguado se alcanzó a los 51,34 minutos luego de la proyección del concreto, dichos tiempos fueron calculados utilizando la ecuación de la curva obtenida, la cual tiene el comportamiento ideal de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal, mostrándose a continuación:

$$y = -0,0011x^3 + 0,2014x^2 - 2,2571x + 13,81$$

Luego se observa la curva de resistencia a compresión obtenida con los resultado de los ensayos de resistencia a compresión realizados a las edades de 10 horas y 24 horas, los cuales fueron: 52,00 Kgf/cm<sup>2</sup> y 68,98 Kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente. La resistencia a la edad requerida (10 horas) se calculó con la ecuación de la recta de mejor ajuste elaborada, la cual es:

$$y = 2,7888x + 9,2359$$

Dando como resultado 37,12 Kgf/cm<sup>2</sup>. Cabe destacar que la resistencia obtenida no cumple las exigencias del proyecto de construcción de los fosos, debido a que este para realizar la excavación del paño inferior y así construir el siguiente anillo, el concreto debe alcanzar una resistencia de 70 Kg/cm<sup>2</sup>.

El ensayo correspondiente a las 36 horas no fue realizado ya que al ser desencostrar y cortar las muestras el concreto no poseía la dureza necesaria, causando daño y pérdida de la misma, lo cual impido realizar el ensayo correspondiente a las 36 horas.

## 4.13. Ensayo realizado el día 01/12/08.

## 4.13.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	1:45 PM	FECHA:	1 de diciembre de 2008
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	SUR
ANILLO:	20	PAÑO:	13

Aguja 1<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
1:49 PM	130	130			130	130	9,15	4
1:54 PM	150				150	150	10,56	9
1:55 PM	180				180	180	12,67	10

Aguja 1/2<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
1:57 PM	150				150	300	21,11	12
1:58 PM	180				180	360	25,33	13

Aguja 1/4<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
1:59 PM	100				100	400	28,15	14
2:00 PM	140				140	560	39,41	15
2:05 PM	170	130			150	600	42,22	20
2:10 PM	160				160	640	45,04	25
2:20 PM	180				180	720	50,67	35

Aguja 1/10<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
2:21 PM	160				160	1600	112,59	36
2:22 PM	180				180	1800	126,67	37

Aguja 1/20"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
2:23 PM	140	152			146	2920	205,48	38
2:27 PM	124				124	2480	174,52	42
2:30 PM	180				180	3600	253,33	45

Aguja 1/40"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
2:32 PM	80	90			85	3400	239,26	47
2:43 PM	120	110			115	4600	323,70	58
2:53 PM	154	172			163	6520	458,81	68

Tabla 4.61. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 02/12/08.

## 4.13.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm²)
18,96	35	52,59	280

Tabla 4.62. Estimación del Tiempo de Fraguado. 02/12/08.

#### 4.13.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
											CUBOS	CILINDROS
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	01/12/08	01/12/08	10 Horas	10,00	10,00	2100	6420	64,20	63,10	50,48
	2	UNEFA	01/12/08	01/12/08	10 Horas	10,00	10,00	2100	6200	62,00		
	3	UNEFA	01/12/08	02/12/08	24 Horas	10,00	10,00	2145	8620	86,20	84,65	67,72
	4	UNEFA	01/12/08	02/12/08	24 Horas	10,00	10,00	2300	8310	83,10		

Tabla 4.63. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 02/12/08.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
10	9,74	50,48
24	23,74	66,56

Tabla 4.64. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 02/12/08.

##### 4.13.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	36,23

Tabla 4.65. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 02/12/08.

### 4.13.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

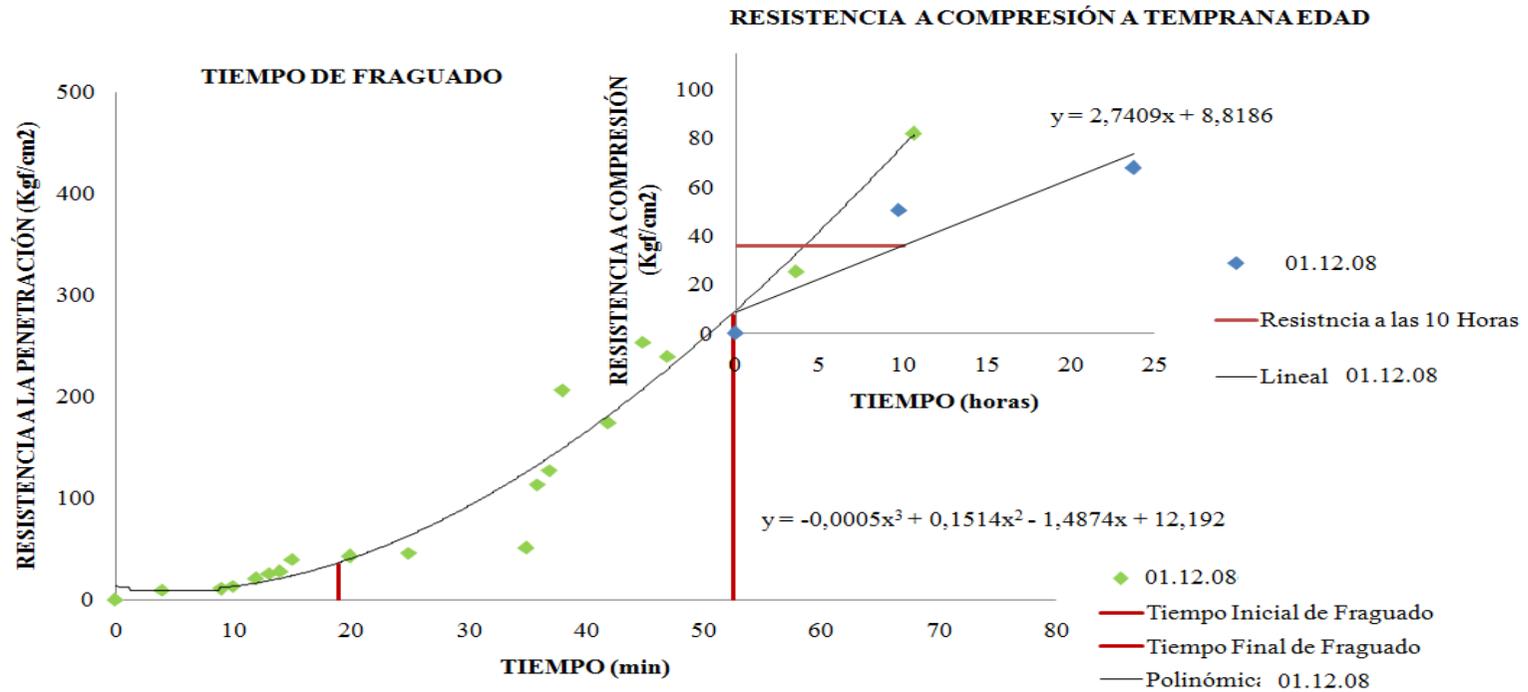


Gráfico 4.13. Ensayo realizado el día 02/12/08.

#### 4.13.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.13. Ensayo realizado el día 01/12/08. Se muestra la curva de tiempo de fraguado elaborada con los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la penetración, la cual es polinómica de tercer grado y cumple con el comportamiento de la curva patrón de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal. Se observa que el ensayo se completó en un tiempo de 68, obteniéndose el tiempo inicial de fraguado al alcanzar 18,95 minutos luego de la toma de la muestra y el tiempo final de fraguado al alcanzar 52,59 minutos luego de la toma de la muestra. Los tiempos de fraguado se calcularon con la ecuación de la curva nombrada anteriormente, la cual se muestra a continuación:

$$y = -0,0005x^3 + 0,1514x^2 - 1,4874x + 12,192$$

También, se muestra la recta de resistencia a compresión simple elaborada con los resultados de los ensayos de resistencia a compresión realizados. Se observan, los valores de resistencia a las distintas edades de ensayo, los cuales son: 50,48 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 10 horas y 67,76 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas, los ensayos correspondientes a las 36 horas no se lograron realizar ya que las muestras no alcanzaron la resistencia necesaria para el corte y preparación de las probetas, causando pérdida de las mismas. La resistencia a compresión a las 10 horas fue de 36,22 Kgf/cm<sup>2</sup>, la cual se calculó con la ecuación de la recta obtenida, mostrada a continuación:

$$y = 2,7409x + 8,8186$$

Se observa que la resistencia obtenida a las 10 horas es mucho menor a 70 Kgf/cm<sup>2</sup> teniendo un incumplimiento con el requerimiento de diseño propuesto en el proyecto de construcción.

## 4.14. Ensayo realizado el día 02/12/08.

## 4.14.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	2:51 PM	FECHA:	2 de diciembre de 2008
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	SUR
ANILLO:	20	PAÑO:	8

## Aguja 1"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
2:59 PM	40				40	40	2,81	8
3:04 PM	48				48	48	3,38	13
3:09 PM	52	50			51	51	3,59	18
3:14 PM	68				68	68	4,79	23
3:22 PM	120				120	120	8,44	31
3:29 PM	160				160	160	11,26	38
3:34 PM	180				180	180	12,67	43

## Aguja 1/2"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
3:34 PM	92				92	184	12,95	43
3:39 PM	94				94	188	13,23	48
3:44 PM	100				100	200	14,07	53
3:49 PM	120				120	240	16,89	58
3:54 PM	160				160	320	22,52	63
3:59 PM	180				180	360	25,33	68

## Aguja 1/4"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
4:00 PM	100				100	400	28,15	69
4:05 PM	110				110	440	30,96	74
4:10 PM	140				140	560	39,41	79
4:15 PM	180				180	720	50,67	84

**Aguja** 1/10<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:16 PM	106	104			105	1050	73,89	85
4:21 PM	110				110	1100	77,41	90
4:26 PM	112	114			113	1130	79,52	95
4:34 PM	124				124	1240	87,26	103
4:40 PM	140				140	1400	98,52	109
4:50 PM	152				152	1520	106,96	110
5:00 PM	180				180	1800	126,67	120

**Aguja** 1/20<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
5:08 PM	96				96	1920	135,11	128
5:14 PM	100				100	2000	140,74	134
5:24 PM	140				140	2800	197,04	144
5:34 PM	172				172	3440	242,07	154
5:44 PM	200				200	4000	281,48	164

**Aguja** 1/40<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
5:48 PM	106				106	4240	298,37	168
5:53 PM	120	122			121	4840	340,59	173
6:05 PM	144				144	5760	405,33	175
6:15 PM	152				152	6080	427,85	180
6:20 PM	156	160			158	6320	444,74	185
6:25 PM	180				180	7200	506,67	190

Tabla 4.66. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 02/12/08.

**4.14.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.**

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
79,74	35	173,80	280

Tabla 4.67. Estimación del Tiempo de Fraguado. 02/12/08.

#### 4.14.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
										CUBOS	CILINDROS	
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	02/12/08	03/12/08	24 Horas	10,00	10,00	2359	4150	41,50	64,93	51,94
	2	UNEFA	02/12/08	03/12/08	24 Horas	10,00	10,00	2747	8836	88,36		
	3	UNEFA	02/12/08	04/12/08	36 Horas	10,00	10,00	2820	19836	198,36	182,00	145,60
	4	UNEFA	02/12/08	04/12/08	36 Horas	10,00	10,00	2880	16564	165,64		

Tabla 4.68. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 02/12/08.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
24	23,73	51,94
36	35,73	145,60

Tabla 4.69. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 02/12/08.

##### 4.14.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	28,43

Tabla 4.70. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 02/12/08.

#### 4.14.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

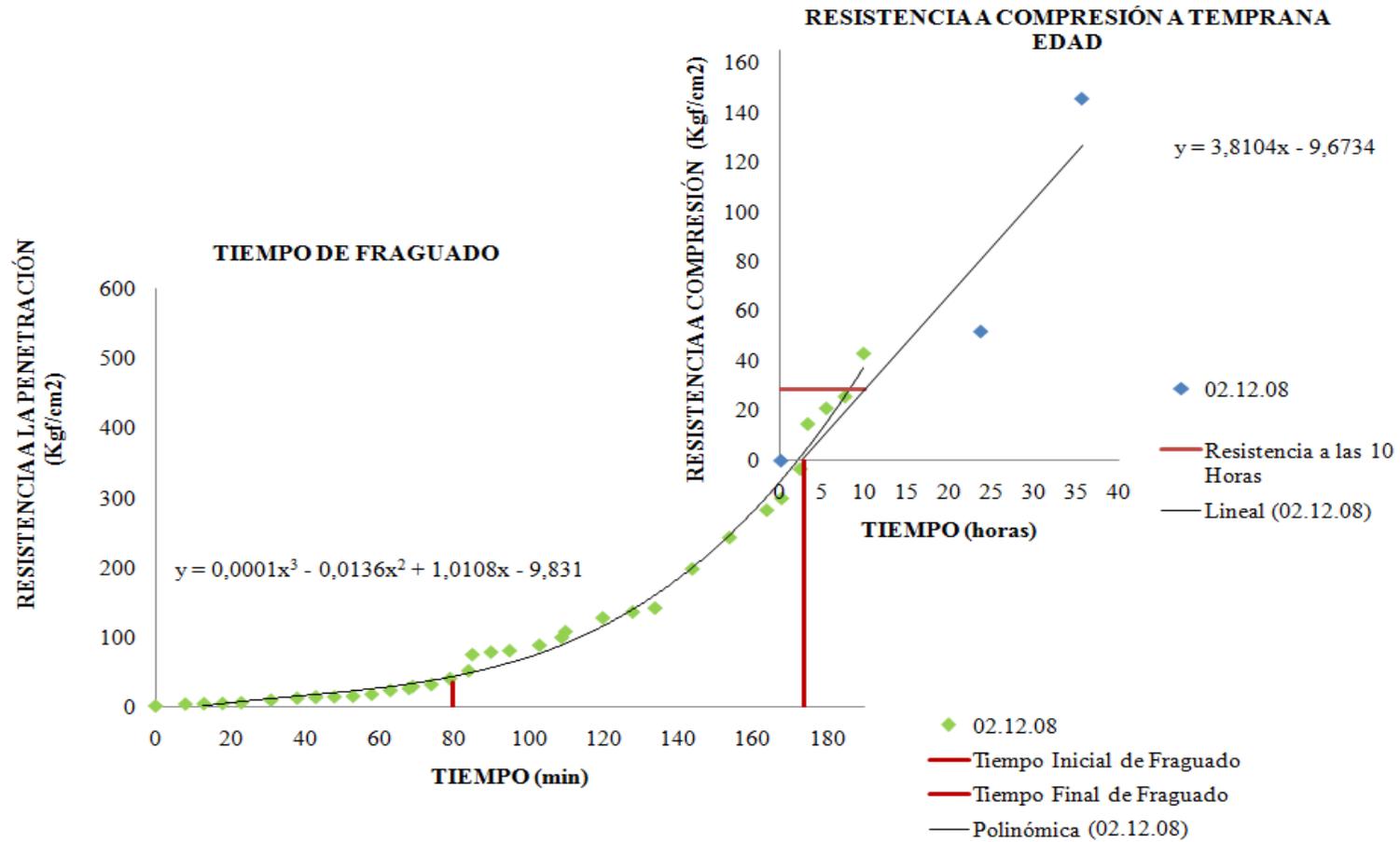


Gráfico 4.14. Ensayo realizado el día 02/12/08.

#### 4.14.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.14. Ensayo realizado el día 02/12/08. Se muestra la curva polinómica de tercer grado de tiempo de fraguado elaborada con los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la penetración, dicha curva posee el comportamiento estándar de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal. Se pudo observar que el ensayo se realizó durante un tiempo de 190 minutos alcanzándose el tiempo inicial de fraguado a los 79,74 minutos luego del muestreo y el tiempo final de fraguado a los 173,79 minutos luego del muestreo. Los valores de tiempo inicial y final de fraguado se calcularon utilizando la ecuación de la curva, la cual se presenta a continuación:

$$y = 0,0001x^3 - 0,0136x^2 + 1,0108x - 9,831$$

Seguidamente se muestra la recta de resistencia a compresión realizada con los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a compresión simple, los cuales son: 51,94 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas y 145,60 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 36 horas. El resultado de resistencia a compresión a la edad requerida (10 horas) fue calculado con la ecuación de la recta mostrada a continuación:

$$y = 3,8104x - 9,6734$$

Obteniendo una resistencia a compresión de 28,43 Kgf/cm<sup>2</sup>.

Observando los resultados de resistencia a la compresión obtenidos se tiene que la resistencia a compresión a las 10 horas es baja, ya que la resistencia del concreto requerida para la excavación del paño inferior y así construir el siguiente anillo es de 70 Kgf/cm<sup>2</sup>.

También se observa que los ensayos correspondientes a las 10 horas no lograron ser realizados debido a que el concreto no obtuvo la resistencia necesaria para la preparación de las probetas ocasionando daño y pérdidas de las muestras.

## 4.15. Ensayo realizado el día 03/12/08.

## 4.15.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	4:30 PM	FECHA:	3 de diciembre de 2008
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	SUR
ANILLO:	20	PAÑO:	15

Aguja 1"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
4:42 PM	62				62	62	4,36	12
4:45 PM	98				98	98	6,90	15
4:57 PM	100				100	100	7,04	27
4:05 PM	180				180	180	12,67	35

Aguja 1/2"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
4:06 PM	92				92	184	12,95	36
4:12 PM	108				108	216	15,20	42
4:17 PM	130				130	260	18,30	47
4:24 PM	180				180	360	25,33	54

Aguja 1/4"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
4:25 PM	92				92	368	25,90	55
4:26 PM	94				94	376	26,46	56
4:33 PM	98				98	392	27,59	63
4:36 AM	120				120	480	33,78	66
4:40 PM	180				180	720	50,67	70

<b>Aguja 1/10<sup>n2</sup></b>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:44 PM	110				110	1100	77,41	74
4:46 PM	110				110	1100	77,41	76
4:54 PM	112				112	1120	78,81	84
5:06 PM	180				180	1800	126,67	96
<b>Aguja 1/20<sup>n2</sup></b>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
5:13 PM	120				120	2400	168,89	103
5:17 PM	180	200			190	3800	267,41	107
<b>Aguja 1/40<sup>n2</sup></b>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
5:19 PM	98				98	3920	275,85	109
5:24 PM	108				108	4320	304,00	114
5:32 PM	150	120			135	5400	380,00	122
5:37 PM	170				170	6800	478,52	127
5:43 PM	180				180	7200	506,67	133

Tabla 4.71. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 03/12/08.

## 4.15.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
69,87	35	118,34	280

Tabla 4.72. Estimación del Tiempo de Fraguado. 03/12/08.

#### 4.15.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
											CUBOS	CILINDROS
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	03/12/08	04/12/08	24 Horas	12,00	11,00	2785	8354	63,29	60,95	48,76
	2	UNEFA	03/12/08	04/12/08	24Horas	12,00	12,00	2804	8441	58,62		
	3	UNEFA	03/12/08	05/12/08	36 Horas	10,00	10,00	2758	11509	115,09	117,32	93,85
	4	UNEFA	03/12/08	05/12/08	36 Horas	10,00	10,00	2698	11954	119,54		

Tabla 4.73. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 03/12/08.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
24	23,76	48,76
36	35,76	93,85

Tabla 4.74. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 03/12/08.

##### 4.15.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	22,51

Tabla 4.75. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 03/12/08.

### 4.15.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

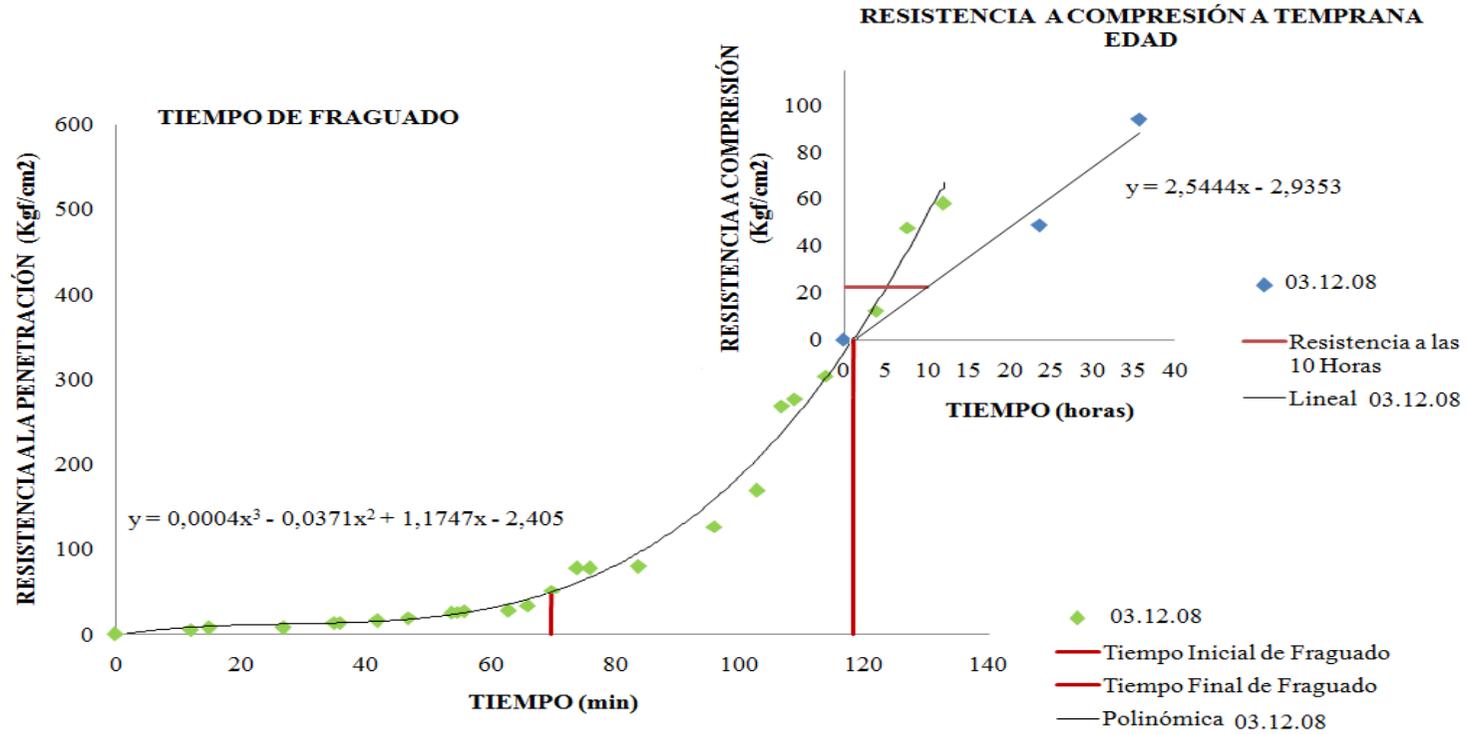


Gráfico 4.15. Ensayo realizado el día 03/12/08.

#### 4.15.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.15. Ensayo realizado el día 03/12/08. Se muestra la curva de tiempo de fraguado elaborada con los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la penetración, la misma es polinómica de tercer grado y cumple con el comportamiento de la curva patrón de tiempo de fraguado de un concreto normal. Se observa que la muestra se ensayó durante un tiempo de 133 minutos, obteniéndose el tiempo inicial de fraguado a los 69,87 minutos luego de la toma de la muestra y el tiempo final de fraguado a los 118,34 minutos luego de la toma de la muestra. Los tiempos de fraguado se calcularon con la ecuación de la curva nombrada anteriormente, la cual se muestra a continuación:

$$y = 0,0004x^3 - 0,0371x^2 + 1,1747x - 2,405$$

También, se muestra la recta de resistencia a compresión simple elaborada con los resultados de los ensayos de resistencia a compresión realizados. Se observan, los valores de resistencia a las distintas edades de ensayo, los cuales son: 48,76 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas y 93,85 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 36 horas, los ensayos correspondientes a las 10 horas no se lograron realizar ya que las muestras no alcanzaron la resistencia necesaria para el corte y preparación de las probetas. La resistencia a compresión a las 10 horas fue de 22,51 Kgf/cm<sup>2</sup>, la misma se calculó con la ecuación de la recta obtenida, mostrada a continuación:

$$y = 2,5444x - 2,9353$$

Se observa que la resistencia obtenida a las 10 horas es mucho menor a 70 Kgf/cm<sup>2</sup>.

## 4.16. Ensayo realizado el día 23/10/08.

## 4.16.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	2:30 PM	<b>FECHA:</b>	8 de diciembre de 2008
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	21	<b>PAÑO:</b>	10

Aguja 1"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
2:35 PM	70				70	70	4,93	5
2:39 PM	180				180	180	12,67	9

Aguja 1/2"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
2:40 PM	120				120	240	16,89	10
2:44 PM	170				170	340	23,93	14
2:46 PM	180	180			180	360	25,33	16

Aguja 1/4"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
2:48 PM	72				72	288	20,27	18
2:50 PM	90				90	360	25,33	20
2:54 PM	180				180	720	50,67	24

Aguja 1/10"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
2:58 PM	80				80	800	56,30	28
3:01 PM	108				108	1080	76,00	31
3:05 AM	180				180	1800	126,67	35

<b>Aguja 1/20<sup>n2</sup></b>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
3:07 PM	94				94	1880	132,30	37
3:10 PM	82	112			97	1940	136,52	40
3:13 PM	100				100	2000	140,74	43
3:17 PM	120	126			123	2460	173,11	47
3:20 PM	138	130			134	2680	188,59	50
3:30 PM	140				140	2800	197,04	60
3:35 PM	150				150	3000	211,11	65
3:38 PM	180				180	3600	253,33	68
<b>Aguja 1/40<sup>n2</sup></b>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
3:39 PM	108				108	4320	304,00	69
3:40 PM	120	118			119	4760	334,96	70
3:42 PM	140	142			141	5640	396,89	72
3:43 PM	150	156			153	6120	430,67	73
3:44 PM	160				160	6400	450,37	74
3:45 PM	180				180	7200	506,67	75

Tabla 4.76. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 08/12/08.

## 4.16.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
13,40	35	63,75	280

Tabla 4.77. Estimación del Tiempo de Fraguado. 08/12/08.

#### 4.16.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
										CUBOS	CILINDROS	
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	08/12/08	09/12/08	18 Horas	10,00	10,00	2818	7624	76,24	81,11	64,89
	2	UNEFA	08/12/08	09/12/08	18 Horas	10,00	10,00	2458	8598	85,98		
	3	UNEFA	08/12/08	09/12/08	24 Horas	10,00	10,00	2814	8419	84,19	85,68	68,54
	4	UNEFA	08/12/08	09/12/08	24 Horas	10,00	10,00	2596	8717	87,17		
	5	UNEFA	08/12/08	10/12/08	36 Horas	10,00	10,00	2126	9275	92,75	94,24	75,40
	6	UNEFA	08/12/08	10/12/08	36 Horas	10,00	10,00	2492	9574	95,74		

Tabla 4.78. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 08/12/08.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
18	17,81	64,89
24	23,81	68,54
36	35,81	75,40

Tabla 4.79. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 08/12/08.

##### 4.16.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	31,95

Tabla 4.80. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 08/12/08.

### 4.16.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

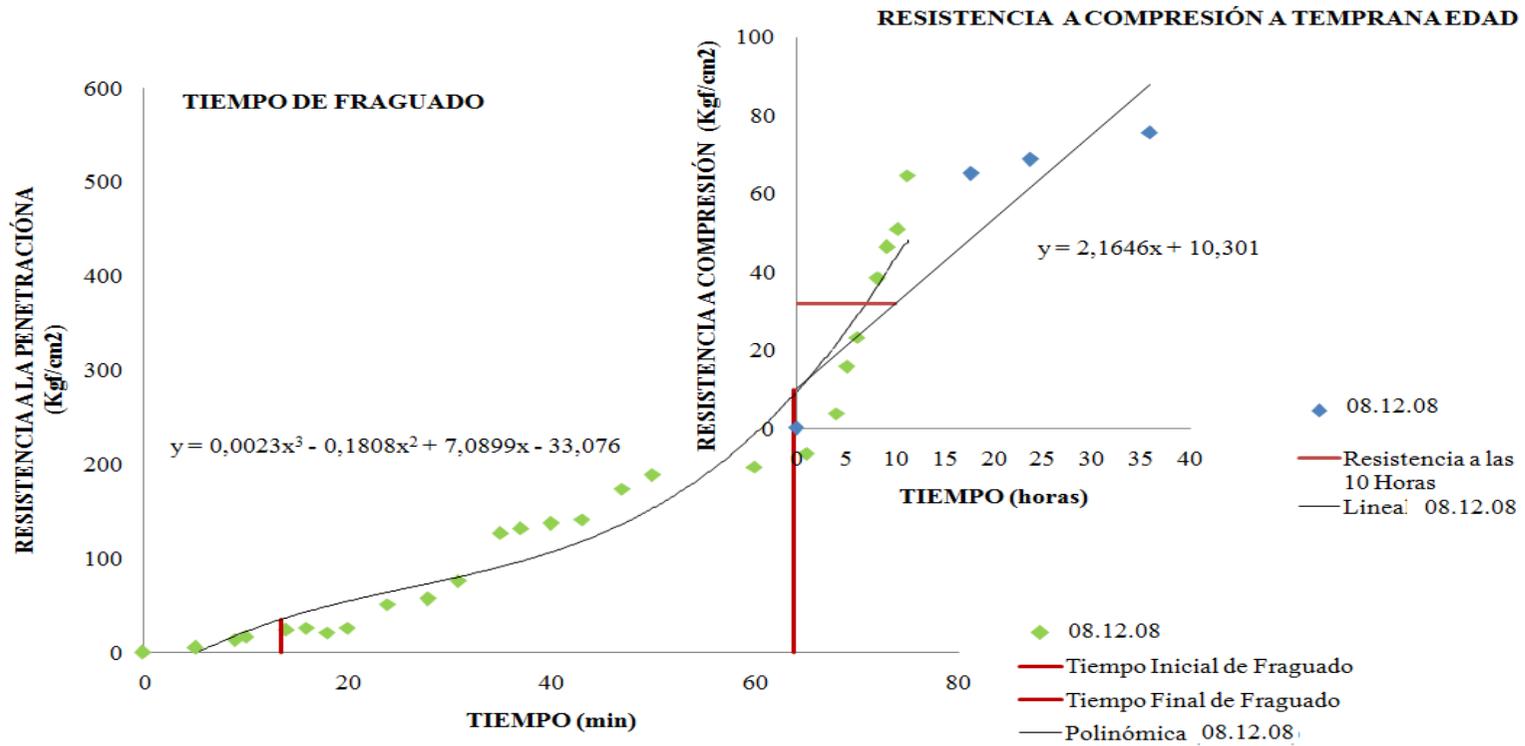


Gráfico 4.16. Ensayo realizado el día 08/12/08.

#### 4.16.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.16. Ensayo realizado el día 08/12/08. Se presenta la curva de tiempo de fraguado y la recta de resistencia a compresión de la muestra ensayada. En la curva primero se observa la duración del ensayo de resistencia a la penetración, el cual se realizó en un tiempo de 75 minutos, donde el tiempo inicial de fraguado se obtuvo en un tiempo de 13,40 minutos posterior al muestreo y el tiempo final de fraguado se obtuvo en un tiempo de 63,74 Kgf/cm<sup>2</sup>. La curva obtenida es polinómica de tercer grado, se observa un cambio en el comportamiento de la curva al inicio del tiempo de fraguado, esto puede deberse al uso del aditivo acelerante, el cual reaccionó muy rápidamente con la mezcla ensayada. Los tiempos iniciales y finales de fraguado se calcularon utilizando la ecuación de la curva obtenida:

$$y = 0,0023x^3 - 0,1808x^2 + 7,0899x - 33,076$$

Luego se presenta la recta de desarrollo de la resistencia elaborada utilizando los resultados del ensayo de resistencia a compresión simple, tales resultados son: 64,89 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 18 horas, 68,54 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas y 75,40 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 36 horas, donde se observa un incremento bastante bajo en la resistencia, lo que indica que se pudieron presentar vacíos al momento de tomar las muestras. El ensayo correspondiente a las 10 horas no fue realizado debido a que al momento de realizar los ensayos el personal capacitado para manejar los equipos, no se encontraba en el laboratorio

El resultado obtenido a las 10 horas fue de 31,94 Kgf/cm<sup>2</sup>, el cual se calculó utilizando la ecuación de la recta de mejor ajuste mostrada a continuación:

$$y = 2,1646x + 10,301$$

Se observa que la resistencia obtenida es mucho menor a la exigida en el proyecto, ya que para realizar la excavación del anillo siguiente el concreto debe alcanzar una resistencia de 70 Kgf/cm<sup>2</sup>.

## 4.17. Ensayo realizado el día 09/12/08.

## 4.17.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	5:20 AM	<b>FECHA:</b>	9 de diciembre de 2008
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	21	<b>PAÑO:</b>	15

Aguja 1"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
5:29 PM	52				52	52	3,66	9
5:32 PM	180				180	180	12,67	12

Aguja 1/2"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	13
5:33 PM	92				92	184	12,95	13
5:35 PM	94				94	188	13,23	15
5:38 PM	100				100	200	14,07	18
5:42 PM	110				110	220	15,48	22
5:45 PM	112				112	224	15,76	25
5:48 PM	118				118	236	16,61	28
5:52 PM	180				180	360	25,33	32

Aguja 1/4"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
5:53 PM	150				150	600	42,22	33
5:54 PM	180				180	720	50,67	34

Aguja 1/10"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
5:57 PM	78				78	780	54,89	37
6:00 PM	84	82			83	830	58,41	40
6:04 PM	96				96	960	67,56	44
6:07 PM	124	126			125	1250	87,96	47
6:09 PM	130	138			134	1340	94,30	49
6:11 PM	180				180	1800	126,67	51

Aguja 1/20<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
6:13 PM	92	90			91	1820	128,07	53
6:15 PM	100	102			101	2020	142,15	55
6:17 PM	104	102			103	2060	144,96	57
6:22 PM	130	128	128		129	2573	181,09	62
6:25 PM	140	136			138	2760	194,22	65
6:27 PM	180				180	3600	253,33	67

Aguja 1/40<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
6:30 PM	72				72	2880	202,67	70
6:32 PM	82	84			83	3320	233,63	72
6:34 PM	124				124	4960	349,04	74
6:37 PM	156	150			153	6120	430,67	77
6:40 PM	180				180	7200	506,67	80

Tabla 4.81. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 09/12/08.

## 4.17.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
32,02	35	71,13	280

Tabla 4.82. Estimación del Tiempo de Fraguado. 09/12/08.

#### 4.17.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
										CUBOS	CILINDROS	
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	09/12/08	10/12/08	24 Horas	10,70	10,80	2839	10954	94,79	98,74	78,99
	2	UNEFA	09/12/08	10/12/08	24 Horas	10,80	10,80	2685	11977	102,68		
	3	UNEFA	09/12/08	11/12/08	36 Horas	10,60	11,00	2760	13850	118,78	107,63	86,11
	4	UNEFA	09/12/08	11/12/08	36 Horas	10,90	11,00	2580	11568	96,48		

Tabla 4.83. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 09/12/08.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
24	23,85	78,99
36	35,85	86,11

Tabla 4.84. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 09/12/08.

##### 4.17.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	29,98

Tabla 4.85. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 09/12/08.

### 4.17.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

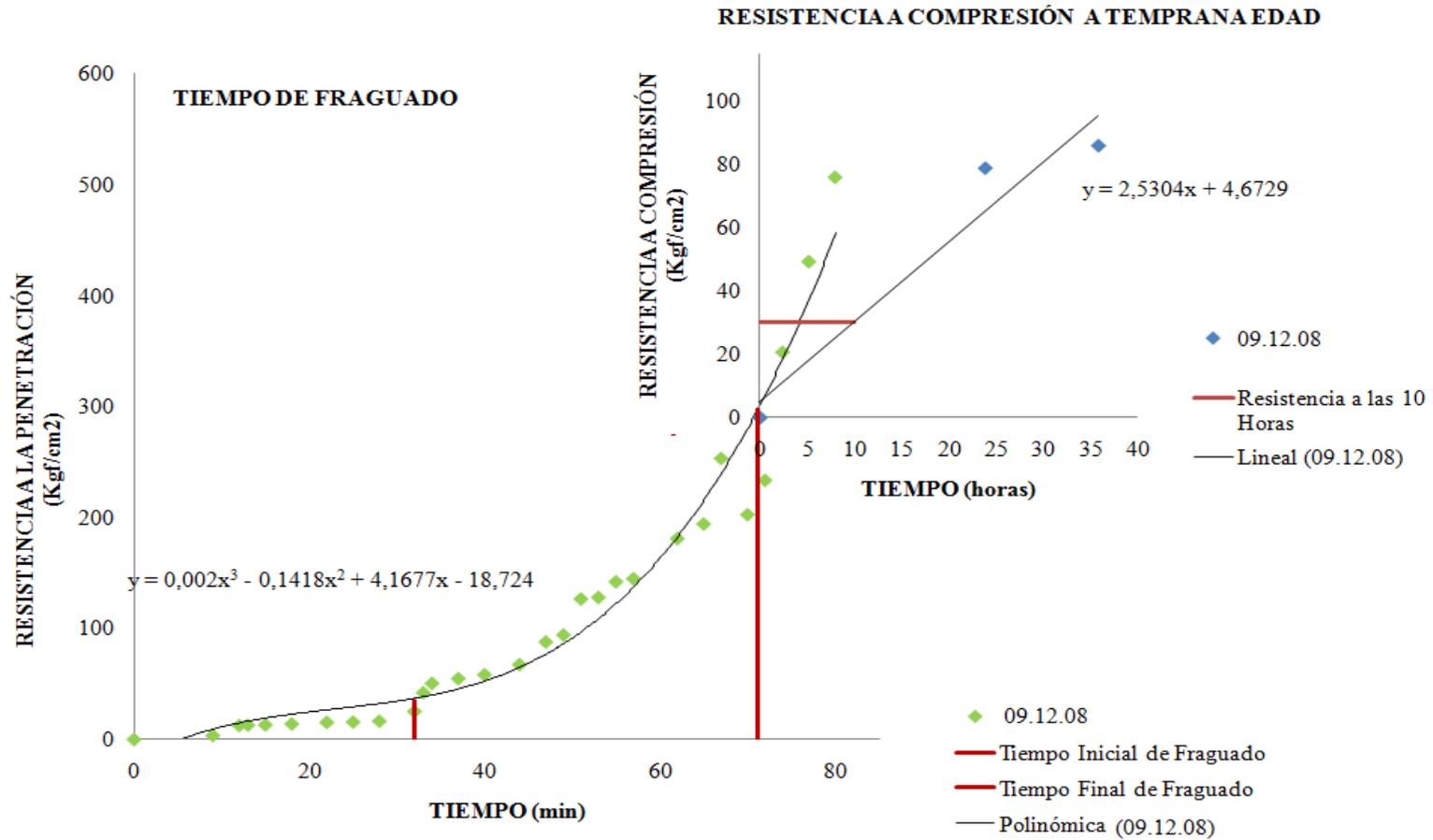


Gráfico 4.17. Ensayo realizado el día 09/12/08.

#### 4.17.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.17. Ensayo realizado el día 09/12/08. Primero se muestra la curva de el tiempo de fraguado, en la cual se observa que el ensayo de resistencia a la penetración se realizó durante un tiempo de 80 minutos, donde el tiempo inicial de fraguado se obtuvo a los 32,02 minutos luego de la toma de la muestra y el tiempo final de fraguado se obtuvo a los 71,12 minutos luego de la toma de la muestra. La curva obtenida es polinómica de tercer grado, la misma cumple con el comportamiento estándar de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal, Los valores de tiempo inicial y final de fraguado se calcularon utilizando la ecuación de dicha curva, la cual se presenta a continuación:

$$y = 0,002x^3 - 0,1418x^2 + 4,1677x - 18,724$$

Segundo se muestra la recta de mejor ajuste de resistencia a compresión a temprana edad elaborada con los resultados de resistencia a compresión de los ensayos realizados, los cuales son: 78,99 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas y 86,11 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 36 horas, observando ambos resultados se tiene que el incremento en la resistencia se alcanzó en una proporción bastante baja, dicho incremento puede deberse a presencia de vacíos que se hayan producido al momento del muestreo. El resultado de resistencia a compresión a la edad requerida (10 horas) fue calculado con la ecuación de la recta la cual se muestra a continuación:

$$y = 2,5304x + 4,6729$$

La resistencia obtenida fue 29,97 Kgf/cm<sup>2</sup>, es mucho menor a la resistencia requerida en el proyecto de construcción de los fosos.

El ensayo correspondiente a las 10 horas no fue realizado ya que al desencofrar las viguetas la muestra no obtuvo la resistencia necesaria causando daño y pérdida de la misma.

## 4.18. Ensayo realizado el día 10/12/08.

## 4.18.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	3:30 PM	<b>FECHA:</b>	10 de diciembre de 2008
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	22	<b>PAÑO:</b>	9

Aguja 1<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
3:43 PM	64				64	64	4,50	13
3:47 PM	80				80	80	5,63	17
3:51 PM	82				82	82	5,77	21
4:01 PM	180				180	180	12,67	31

Aguja 1/2<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:04 PM	92				92	184	12,95	34
4:13 PM	108				108	216	15,20	53
4:16 PM	130				130	260	18,30	56
4:22 PM	180				180	360	25,33	62

Aguja 1/4<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:23 PM	102				102	408	28,71	63
4:28 PM	104				104	416	29,27	68
4:33 PM	137				137	548	38,56	73
4:38 AM	180				180	720	50,67	78

**Aguja** 1/10<sup>m</sup>2

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:42 PM	78				78	780	54,89	82
4:43 PM	84				84	840	59,11	83
4:44 PM	100				100	1000	70,37	84
4:46 PM	140				140	1400	98,52	86
4:50 PM	164				164	1640	115,41	90
4:54 PM	178				178	1780	125,26	94
5:02 PM	180				180	1800	126,67	102

**Aguja** 1/20<sup>m</sup>2

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
5:06 PM	90				90	1800	126,67	106
5:08 PM	110				110	2200	154,81	108
5:13 PM	120				120	2400	168,89	113
5:17 PM	180	200			190	3800	267,41	117

**Aguja** 1/40<sup>m</sup>2

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
5:20 PM	96				96	3840	270,22	120
5:25 PM	132				132	5280	371,55	125
5:30 PM	160				160	6400	450,37	130
5:35 PM	170				170	6800	478,52	135
5:40 PM	180				180	7200	506,67	140

Tabla 4.86. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 10/12/08.

## 4.18.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
62,58	35	114,27	280

Tabla 4.87. Estimación del Tiempo de Fraguado. 10/12/08.

#### 4.18.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
											CUBOS	CILINDROS
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	10/12/08	11/12/08	24 Horas	10,00	10,00	2960	20186	201,86	201,06	160,85
	2	UNEFA	10/12/08	11/12/08	24 Horas	11,00	11,00	2940	24232	200,26		
	3	UNEFA	10/12/08	12/12/08	36 Horas	10,00	10,00	2585	11318	113,18	117,71	94,16
	4	UNEFA	10/12/08	12/12/08	36 Horas	10,00	10,00	2742	12223	122,23		

Tabla 4.88. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 10/12/08.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
24	23,57	160,85
36	35,57	94,16

Tabla 4.89. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 10/12/08.

##### 4.18.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	53,66

Tabla 4.90. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 10/12/08.

### 4.18.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

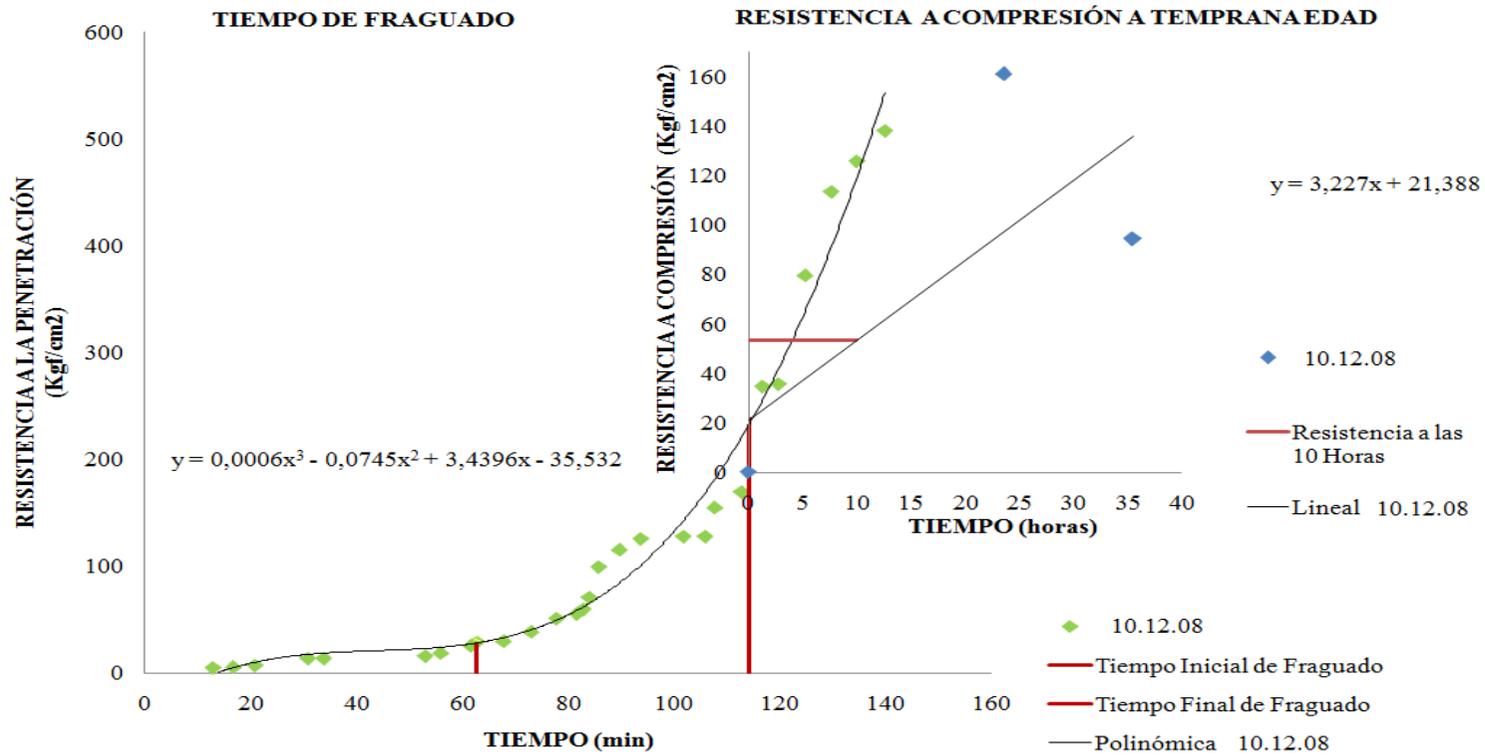


Gráfico 4.18. Ensayo realizado el día 10/12/08.

#### 4.18.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.18. Ensayo realizado el día 10/12/08. Se muestra la curva polinómica de tercer grado de estimación del tiempo de fraguado la cual se construyó con los resultados del ensayo de resistencia a la penetración realizado. El ensayo se completó en un tiempo de 140 minutos, donde el tiempo inicial de fraguado se alcanzó a los 62 minutos luego de la proyección del concreto y el tiempo final de fraguado se alcanzó a los 114 minutos luego de la proyección del concreto, dichos tiempos fueron calculados utilizando la ecuación de la curva obtenida, la cual tiene el comportamiento ideal de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal, dicha ecuación se presenta a continuación:

$$y = 0,0006x^3 - 0,0745x^2 + 3,4396x - 35,532$$

Luego se muestra la recta de resistencia a compresión elaborada con los resultados de los ensayos de resistencia a compresión simple. Se observa que en los resultados obtenidos se presentó una alta disminución de la resistencia, la cual pudo ser ocasionada por algún error en la ejecución de los ensayos o por vacíos que se hayan formado por un inadecuado proyectado de las viguetas, dichos resultados fueron: 160,85 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas y 94,16 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 36 horas.

Por último, se calculó la resistencia a compresión a las 10 horas utilizando la ecuación de la recta de mejor ajuste elaborada, obteniendo un resultado de 53,65 Kgf/cm<sup>2</sup>, dicha ecuación, se muestra a continuación:

$$y = 3,227x + 21,388$$

La resistencia a compresión obtenida a las 10 horas es mucho menor a la resistencia requerida en el proyecto de construcción de los fosos.

El ensayo de resistencia a compresión simple correspondiente a las 10 horas no fue realizado puesto que el concreto no obtuvo la dureza necesaria para la preparación de las probetas a ensayar, causando daño y pérdida de las mismas.

## 4.19. Ensayo realizado el día 12/01/09.

## 4.19.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

<b>DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO</b>			
<b>METRO DE CARACAS - LÍNEA 5</b>			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	<b>10:18 AM</b>	<b>FECHA:</b>	12 de enero de 2009
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	NORTE
<b>ANILLO:</b>	25	<b>PAÑO:</b>	8

Aguja 1"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
10:20 AM	60				60	60	4,22	2
10:21 AM	100	110			105	105	7,39	3
10:22 AM	160				160	160	11,26	4
10:30 AM	180				180	180	12,67	12

Aguja 1/2"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
10:32 AM	96				96	192	13,51	14
10:34 AM	110				110	220	15,48	16
10:38 AM	122				122	244	17,17	18
10:42 AM	140				140	280	19,70	22
10:55 AM	180				180	360	25,33	25

Aguja 1/4"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:02 AM	178				178	712	50,10	32
11:07 AM	180				180	720	50,67	37

**Aguja** 1/10<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:09 AM	74				74	740	52,07	39
11:19 AM	82				82	820,00	57,70	49
11:22 AM	120				120	1200	84,44	52
11:28 AM	124				124	1240	87,26	58
11:35 AM	180				180	1800	126,67	65

**Aguja** 1/20<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:38 AM	98				98	1960	137,93	68
11:42 AM	110				110	2200	154,81	72
11:45 AM	112				112	2240	157,63	75
11:49 AM	160				160	3200	225,18	79
11:52 AM	180				180	3600	253,33	82

**Aguja** 1/40<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:55 AM	102				102	4080	287,11	85
12:00 PM	132				132	5280	371,55	90
12:05 PM	148				148	5920	416,59	95
12:10 PM	180				180	7200	506,67	105

Tabla 4.91. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 12/01/09.

**4.19.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.**

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
32,38	35	83,07	280

Tabla 4.92. Estimación del Tiempo de Fraguado. 12/01/09.

#### 4.19.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
											CUBOS	CILINDROS
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	12/01/09	13/01/09	14 horas	10,00	10,00	2610	4627	46,27	48,30	38,64
	2	UNEFA	12/01/09	13/01/09	14 horas	10,00	10,00	2621	5032	50,32		
	3	UNEFA	12/01/09	13/01/09	24 Horas	10,00	10,00	2680	8945	89,45	99,91	79,92
	4	UNEFA	12/01/09	13/01/09	24 Horas	10,00	10,00	2680	11036	110,36		

Tabla 4.93. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 12/01/09.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
14	13,63	38,64
24	23,63	79,92

Tabla 4.94. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 12/01/09.

##### 4.19.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	31,40

Tabla 4.95. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 12/01/09.

4.19.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

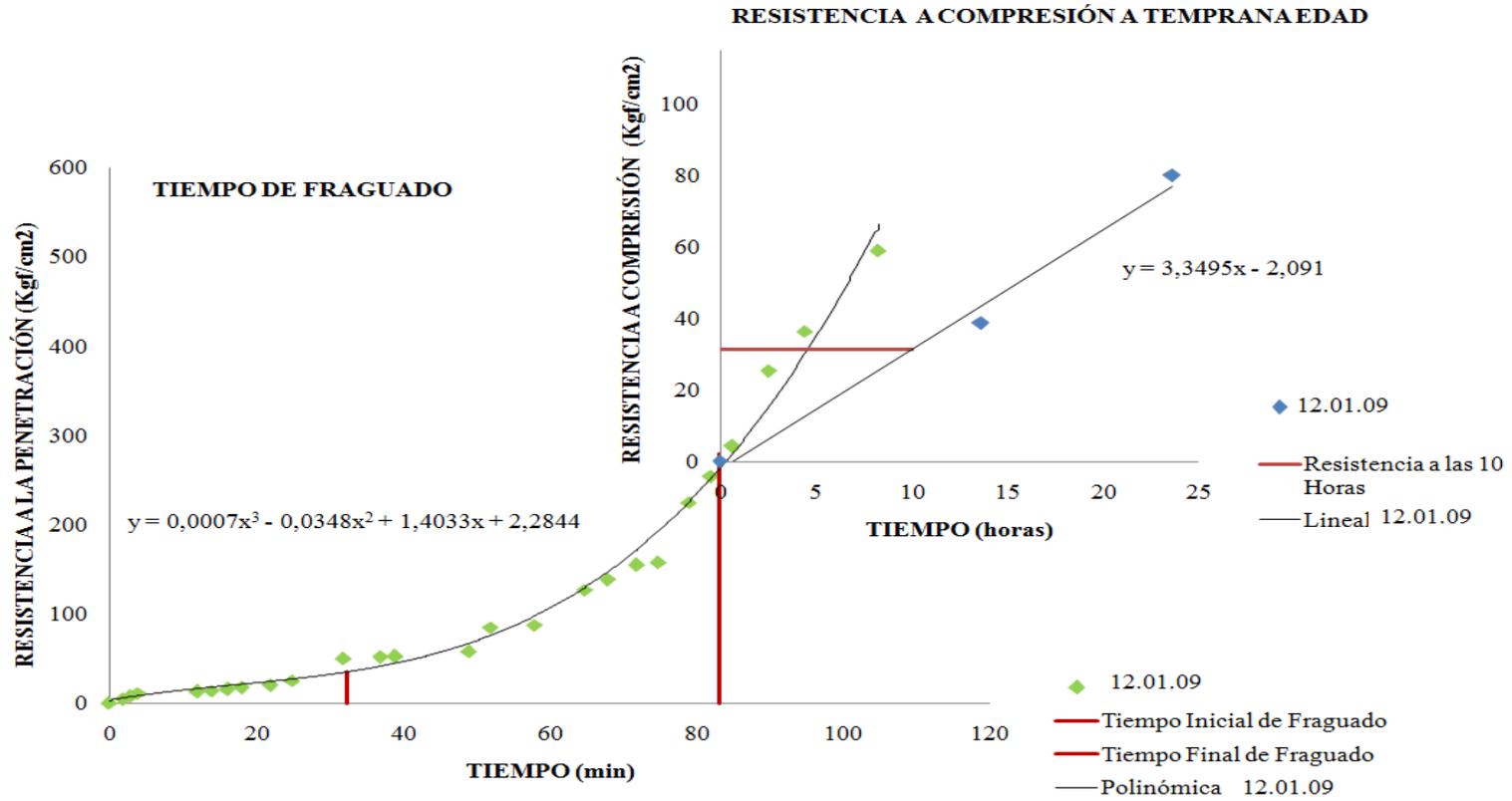


Gráfico 4.19. Ensayo realizado el día 12/01/09.

#### 4.19.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.19. Ensayo realizado el día 12/01/09. Se observa que la curva de tiempo de fraguado cumple con el comportamiento patrón de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal, la misma se elaboró con los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la penetración. Se puede notar que dicho ensayo se realizó durante un tiempo de 105 minutos, obteniendo el tiempo inicial de fraguado a los 32,37 minutos luego de la toma de la muestra y el tiempo final de fraguado a los 83,07 minutos luego de la toma de la muestra, tales valores se calcularon con la ecuación de la curva elaborada, la cual es la siguiente:

$$y = 0,0007x^3 - 0,0348x^2 + 1,4033x + 2,2844$$

Luego se observa la recta de resistencia a compresión obtenida con los resultados de los ensayos de resistencia a compresión simple realizados a las edades de 14 horas y 24 horas, los cuales fueron: 38,64 Kgf/cm<sup>2</sup> y 79,92 Kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente. La resistencia a la edad requerida (10 horas) se calculó con la ecuación de la recta de mejor ajuste elaborada, la cual es:

$$y = 3,3495x - 2,091$$

Obteniendo una resistencia de: 31,40 Kgf/cm<sup>2</sup>. Se puede apreciar que la resistencia obtenida a las 10 horas es mucho menor a la resistencia requerida para realizar la excavación y construcción del siguiente anillo.

El ensayo correspondiente a las 10 horas fue realizado a las 14 horas ya que al desencofrar y cortar las muestras el concreto no poseía la dureza necesaria, causando daño y pérdida de la misma.

## 4.20. Ensayo realizado el día 14/01/09.

## 4.20.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	2:00 PM	FECHA:	14 de de enero de 2008
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	NORTE
ANILLO:	26	PAÑO:	5

Aguja 1"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
2:10 PM	66	64			65	65	4,57	10
2:14 PM	100	110			105	105	7,39	14
2:18 PM	160	172			166	166	11,68	18
2:21 PM	180				180	180	12,67	21

Aguja 1/2"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
2:22 AM	180				180	360	25,33	22

Aguja 1/4"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
2:23 PM	180				180	720	50,67	23

Aguja 1/10"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
2:25 PM	118				118	1180	83,04	25
2:33 PM	180				180	1800	126,67	33

Aguja 1/20"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
2:39 PM	76				76	1520	106,96	39
2:42 PM	84				84	1680	118,22	42
2:45 PM	180				180	3600	253,33	45

**Aguja** 1/40<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
2:48 PM	80				80	3200	225,18	48
2:52 PM	94				94	3760	264,59	52
2:54 PM	120				120	4800	337,78	54
2:59 PM	180				180	7200	506,67	59

**Tabla 4.96. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 14/01/09.**

#### 4.20.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
21,73	35	50,63	280

**Tabla 4.97. Estimación del Tiempo de Fraguado. 14/01/09.**

#### 4.20.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
										CUBOS	CILINDROS	
Muestra N°	Frente	Fecha Toma	Fecha Ensayo	Edad	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
Ensayos a temprana edad	1	UNEFA	14/01/09	14/01/09	10 Horas	10,00	10,00	2310	4850	48,50	48,80	39,04
	2	UNEFA	14/01/09	14/01/09	10 Horas	10,00	10,00	2540	4910	49,10		
	3	UNEFA	14/01/09	15/01/09	16 Horas	10,00	10,00	2412	5500	55,00	55,60	44,48
	4	UNEFA	14/01/09	15/01/09	16 Horas	10,00	10,00	2500	5620	56,20		
	5	UNEFA	14/01/09	15/01/09	24 Horas	10,00	10,00	2220	10100	101,00	105,50	84,40
	6	UNEFA	14/01/09	15/01/09	24 Horas	10,00	10,00	2230	11000	110,00		

Tabla 4.98. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 14/01/09.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
10	9,86	39,04
16	15,86	44,48
24	23,86	84,40

Tabla 4.99. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 14/01/09.

##### 4.20.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	33,91

Tabla 4.100. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 14/01/09.

### 4.20.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

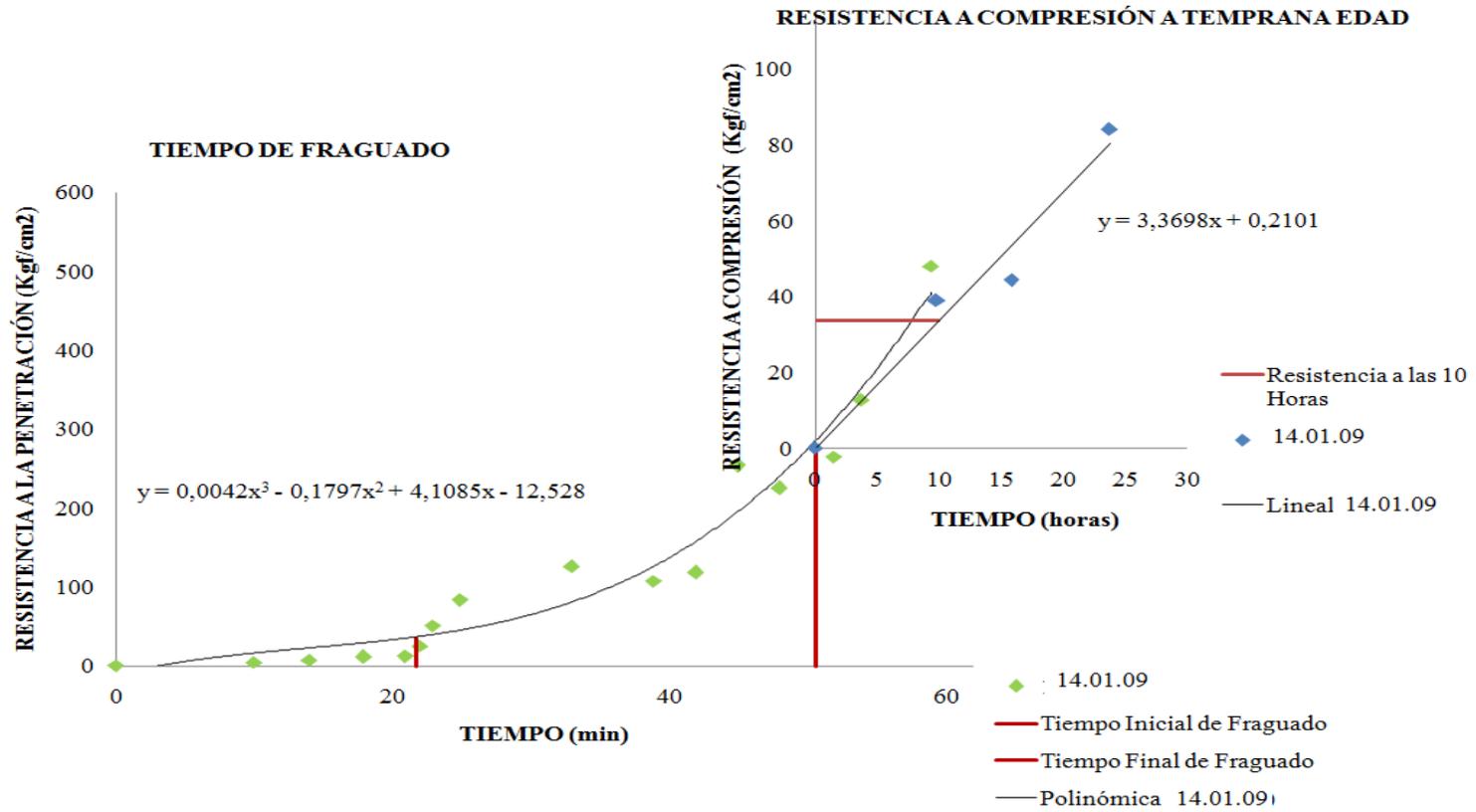


Gráfico 4.20. Ensayo realizado el día 14/01/09.

#### 4.20.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.20. Ensayo realizado el día 14/01/09. Se muestra la curva del tiempo de fraguado realizada con los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la penetración, en la cual se observa que el ensayo se realizó durante un tiempo de 59 minutos, obtenido el tiempo inicial de fraguado a los 21,73 minutos una vez finalizado el proyectado de las muestras y el tiempo final de fraguado a los 50,63 minutos una vez finalizado el proyectado de la muestra. Los tiempos de fraguado se calcularon utilizando la ecuación de la curva obtenida, la misma es polinómica de tercer grado y cumple con el comportamiento estándar de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal. Dicha ecuación se muestra a continuación:

$$y = 0,0042x^3 - 0,1797x^2 + 4,1085x - 12,528$$

Luego se muestra la recta de resistencia a compresión elaborada con los resultados de los ensayos realizados los cuales son: 39,04 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 10 horas, 44,48 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 16 horas y 84,40 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas. Luego se calculó la resistencia a las 10 horas utilizando la ecuación de la recta de mejor ajuste obtenida, la cual es la siguiente:

$$y = 3,3698x + 0,2101$$

Obteniendo una resistencia de: 33,91 Kgf/cm<sup>2</sup>.

Se observa que los resultados obtenidos son bajos ya que la resistencia del concreto requerida para la excavación y construcción del siguiente anillo es de: 70 Kgf/cm<sup>2</sup>.

Por último se observa que los ensayos fueron realizados en edades distintas a las propuestas inicialmente ya que a las 36 horas el aparato de ensayo iba a estar en uso, por esta razón se tomo la decisión de realizar el ensayo a las 16 horas.

## 4.21. Ensayo realizado el día 15/01/09.

## 4.21.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO								
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5								
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>		4:30 PM		<b>FECHA:</b>		15 de enero de 2009		
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>		UNEFA		<b>FOSO:</b>		NORTE		
<b>ANILLO:</b>		26		<b>PAÑO:</b>		15		
<b>Aguja</b> 1"²								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
4:32 PM	128				128	128	9,01	2
4:37 PM	138	136			137	137	9,64	7
4:42 PM	180				180	180	12,67	12
<b>Aguja</b> 1/2"²								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
4:42 PM	122				122	244	17,17	12
4:47 PM	180				180	360	25,33	17
<b>Aguja</b> 1/4"²								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
4:47 PM	176				176	704	49,54	17
4:49 PM	180				180	720	50,67	19
<b>Aguja</b> 1/10"²								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
4:49 PM	134				134	1340	94,30	19
4:51 PM	142				142	1420	99,93	21
4:54 PM	154				154	1540	108,37	24
4:57 PM	170	160			165	1650	116,11	27
5:00 PM	180				180	1800	126,67	30

<b>Aguja</b>		$1/20''^2$						
<b>Hora</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Promedio Lectura</b>	<b>Resistencia (Psi)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo Progresivo</b>
5:00 PM	80				80	1600	112,59	30
5:04 PM	90				90	1800	126,67	34
5:08 PM	152				152	3040	213,93	38
5:12 PM	180				180	3600	253,33	42
<b>Aguja</b>		$1/40''^2$						
<b>Hora</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Promedio Lectura</b>	<b>Resistencia (Psi)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo Progresivo</b>
5:12 AM	130				130	5200	365,92	42
5:15 AM	120	156			138	5520	338,44	45
5:17 AM	100	100			100	4000	281,48	47
5:21 AM	180				180	7200	506,67	51

Tabla 4.101. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 15/01/09.

## 4.21.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

<b>Tiempo Inicial</b>		<b>Tiempo Final</b>	
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
12,88	35	41,65	280

Tabla 4.102. Estimación del Tiempo de Fraguado. 15/01/09.

#### 4.21.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
										CUBOS	CILINDROS	
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	15/01/09	16/01/09	22 Horas	10,00	10,00	2780	5773	58	55,66	44,52
	2	UNEFA	15/01/09	16/01/09	22 Horas	10,00	10,00	2579	5358	54		
	3	UNEFA	15/01/09	16/01/09	24 Horas	10,00	10,00	2643	5573	56	59,82	47,85
	4	UNEFA	15/01/09	16/01/09	24 Horas	10,00	10,00	2679	6390	64		
	5	UNEFA	15/01/09	17/01/09	36 Horas	10,00	10,00	2619	15072	151	149,10	119,28
	6	UNEFA	15/01/09	17/01/09	36 Horas	10,00	10,00	2740	14748	147		

Tabla 4.103. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 15/01/09.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
22	21,84	44,52
24	23,84	47,85
36	35,84	119,28

Tabla 4.104. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 15/01/09.

##### 4.21.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	20,69

Tabla 4.105. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 15/01/09.

### 4.21.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

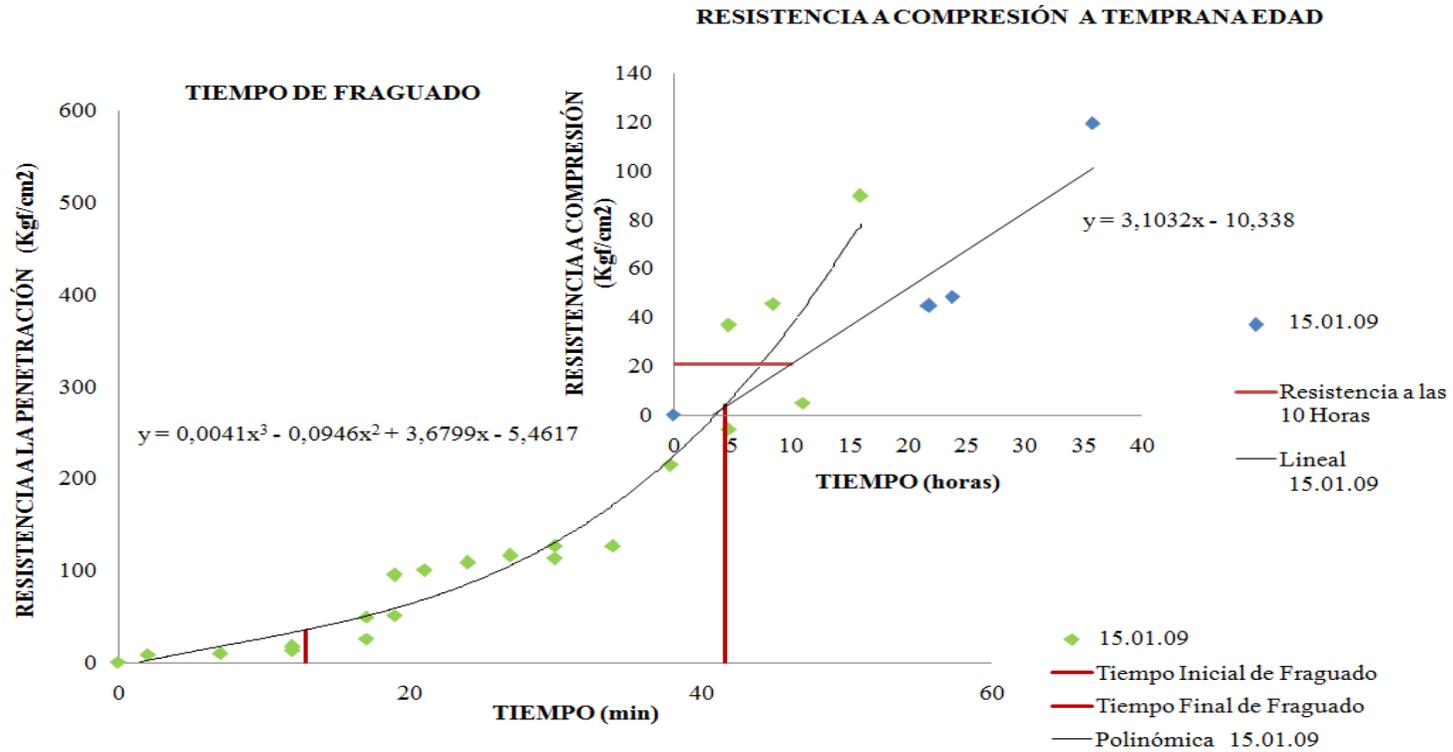


Gráfico 4.21. Ensayo realizado el día 15/01/09.

#### 4.21.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.21. Ensayo realizado el día 15/01/09. Primero se muestra la curva de tiempo de fraguado, la cual cumple con el comportamiento estándar de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal. La muestra obtuvo el tiempo inicial de fraguado a los 12,87 minutos luego de la toma de la muestra y tiempo final de fraguado a los 41,65 minutos luego de la toma de la muestra, el ensayo fue realizado durante un tiempo de 51 minutos. Los valores de tiempo inicial y final de fraguado se calcularon utilizando la ecuación de la curva obtenida, la cual es presentada a continuación:

$$y = 0,0041x^3 - 0,0946x^2 + 3,6799x - 5,4617$$

Posteriormente se muestra la recta de resistencia a compresión elaborada con los valores de los ensayos de resistencia a compresión simple realizados, los cuales fueron: 44,52 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 22 horas, 47,85 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas y 119,28 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 36 horas. Los ensayos correspondientes a las 10 horas fueron realizados a las 22 horas ya que el personal encargado de realizar los ensayos no se encontraba en el laboratorio.

La resistencia obtenida a las 10 horas fue de 20,69 Kgf/cm<sup>2</sup>, se calculó utilizando la ecuación de la recta de mejor ajuste, la cual se muestra a continuación:

$$y = 3,1032x - 10,338$$

Se observa que la resistencia alcanzada a las 10 horas es mucho menor a la resistencia requerida para la excavación y construcción del anillo siguiente.

## 4.22. Ensayo realizado el día 10/02/09.

## 4.22.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	5:20 PM	<b>FECHA:</b>	10 de febrero de 2009
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	NORTE
<b>ANILLO:</b>	32	<b>PAÑO:</b>	10

Aguja 1"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
5:31 PM	94				94	94	6,61	11
5:34 PM	180				180	180	12,67	14

Aguja 1/2"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
5:34 PM	92				92	184	12,95	14
5:36 PM	112				112	224	15,76	16
5:39 PM	120				120	240	16,89	19
5:43 PM	130				130	260	18,30	23
5:46 PM	138				138	276	19,42	26
5:49 PM	150				150	300	21,11	29
5:53 PM	180				180	360	25,33	30

Aguja 1/4"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
5:54 PM	116				116	464	32,65	34
5:59 PM	200				200	800	56,30	39

Aguja 1/10"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
6:00 PM	84				84	840	59,11	40
6:02 PM	94				94	940	66,15	42
6:05 PM	98				98	980	68,96	45
6:07 PM	112				112	1120	78,81	47
6:10 PM	122				122	1220	85,85	50
6:11 PM	200				200	2000	140,74	51

<b>Aguja 1/20<sup>n2</sup></b>								
<b>Hora</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Promedio Lectura</b>	<b>Resistencia (Psi)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo Progresivo</b>
6:13 PM	102				102	2040	143,56	53
6:15 PM	116				116	2320	163,26	55
6:17 PM	126				126	2520	177,33	57
6:23 PM	138				138	2760	194,22	63
6:25 PM	140				140	2800	197,04	65
6:28 PM	180				180	3600	253,33	68
<b>Aguja 1/40<sup>n2</sup></b>								
<b>Hora</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Promedio Lectura</b>	<b>Resistencia (Psi)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo Progresivo</b>
6:30 PM	100				100	4000	281,48	70
6:32 PM	120				120	4800	337,78	72
6:38 PM	164				164	6560	461,63	78
6:40 PM	200				200	8000	562,96	80

Tabla 4.106. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 10/02/09.

## 4.22.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

<b>Tiempo Inicial</b>		<b>Tiempo Final</b>	
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
32,38	35	67,47	280

Tabla 4.107. Estimación del Tiempo de Fraguado. 10/02/09.

#### 4.22.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
										CUBOS	CILINDROS	
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	10/02/09	11/02/09	24 Horas	10,30	10,50	2593	12668	117,13	108,87	87,10
	2	UNEFA	10/02/09	11/02/09	24 Horas	10,50	10,80	2454	11409	100,61		
	3	UNEFA	10/02/09	12/02/09	36 Horas	11,00	10,90	2720	10718	89,39	97,94	78,35
	4	UNEFA	10/02/09	12/02/09	36 Horas	10,90	10,10	2460	11723	106,49		

Tabla 4.108. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 10/02/09.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
24	23,79	87,10
36	35,79	78,35

Tabla 4.109. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 10/02/09.

#### 4.22.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	31,52

Tabla 4.110. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 10/02/09.

### 4.22.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

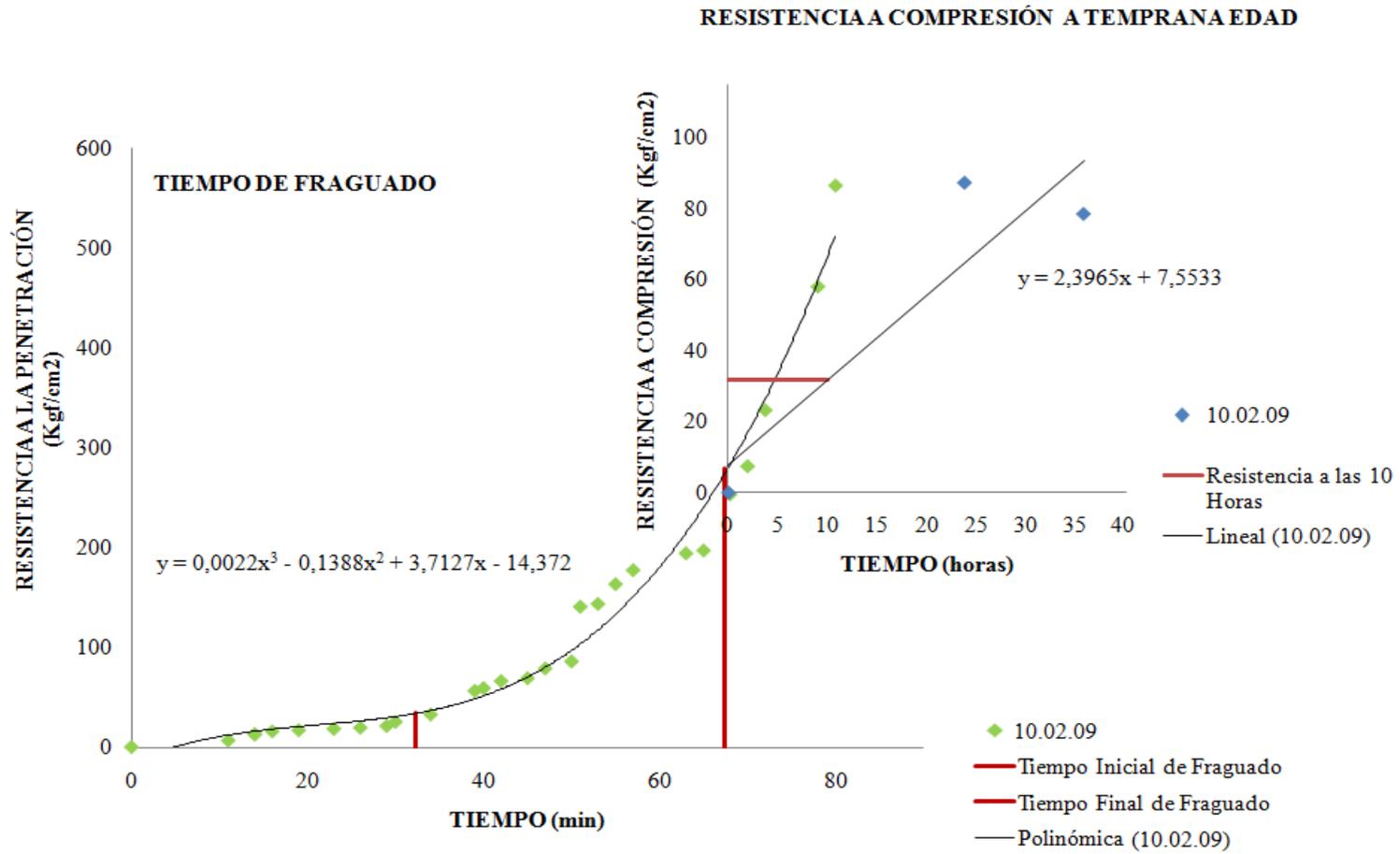


Gráfico 4.22. Ensayo realizado el día 10/02/09.

#### 4.22.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.22. Ensayo realizado el día 10/02/09. Primero se muestra la curva de tiempo de fraguado donde se observa que el tiempo total del ensayo fue de 80 minutos en el cual se obtuvo el tiempo inicial de fraguado a los 32,37 minutos luego de la toma de la muestra; y tiempo final de fraguado a los 67,47 minutos luego de la toma de la muestra. El comportamiento de la curva es polinómica de tercer grado y cumple con el comportamiento patrón de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal. Los resultados del tiempo inicial y final de fraguado fueron obtenidos utilizando la siguiente ecuación:

$$y = 0,0022x^3 - 0,1388x^2 + 3,7127x - 14,372$$

Luego se muestra la recta de resistencia a compresión a temprana edad realizada con los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a compresión, los cuales son: 87,10 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas y 78,35 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 36 horas. Se puede observar que la resistencia presentó una disminución, la misma pudo ser ocasionada por la presencia de vacíos o por mala compactación a la hora de realizar el muestreo.

El ensayo correspondiente a las 10 horas no fue realizado ya que al desencofrar las muestras y preparar las probetas, el concreto no logró la resistencia necesaria causando daño y pérdida de la misma.

Para calcular la resistencia a compresión a las 10 horas se utilizó la ecuación dada por la recta de mejor ajuste, la cual es la siguiente:

$$y = 2,3965x + 7,5533$$

Dando como resultado: 31,51 Kgf/cm<sup>2</sup>, el cual no cumple con la resistencia a las 10 horas de 70 Kgf/cm<sup>2</sup> requerida por el proyecto.

## 4.23. Ensayo realizado el día 11/02/09.

## 4.23.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	5:20 PM	<b>FECHA:</b>	11 de febrero de 2009
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	28	<b>PAÑO:</b>	4

Aguja 1"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
5:31 PM	122				122	122	8,59	11
5:34 PM	180				180	180	12,67	14

Aguja 1/2"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
5:35 PM	96				96	192	13,51	15
5:36 PM	112				112	224	15,76	16
5:40 PM	114				114	228	16,04	20
5:44 PM	134				134	268	18,86	24
5:48 PM	166				166	332	23,36	28
5:51 PM	174				174	348	24,49	31
5:54 PM	180				180	360	25,33	34

Aguja 1/4"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
5:54 PM	118				118	472	33,21	34
5:55 PM	200				200	800	56,30	35

Aguja 1/10"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
5:56 PM	88				88	880	61,93	36
6:03 PM	97				97	970	68,26	43
6:06 PM	104				104	1040	73,18	46
6:08 PM	130				130	1300	91,48	48
6:11 PM	200				200	2000	140,74	51

**Aguja** 1/20<sup>m2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
6:13 PM	106				106	2120	149,18	53
6:15 PM	110				110	2200	154,81	55
6:24 PM	120				120	2400	168,89	64
6:26 PM	180				180	3600	253,33	66

**Aguja** 1/40<sup>m2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
6:31 PM	152				152	6080	427,85	71
6:34 PM	167				167	6680	470,07	74
6:40 PM	200				200	8000	562,96	80

Tabla 4.111. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 11/02/09.

## 4.23.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
33,87	35	66,00	280

Tabla 4.112. Estimación del Tiempo de Fraguado. 11/02/09.

#### 4.23.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
										CUBOS	CILINDROS	
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	11/02/09	12/02/09	24 Horas	10,60	10,80	2508	10523	91,92	96,92	77,53
	2	UNEFA	11/02/09	12/02/09	24 Horas	10,70	10,30	2604	11232	101,91		
	3	UNEFA	11/02/09	13/02/09	36 Horas	10,30	11,00	2560	15014	132,52	129,81	103,85
	4	UNEFA	11/02/09	13/02/09	36 Horas	10,40	10,90	2560	14409	127,11		

Tabla 4.113. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 11/02/09.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
24	23,77	77,53
36	35,77	103,85

Tabla 4.114. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 11/02/09.

##### 4.23.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	31,38

Tabla 4.115. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 11/02/09.

4.23.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

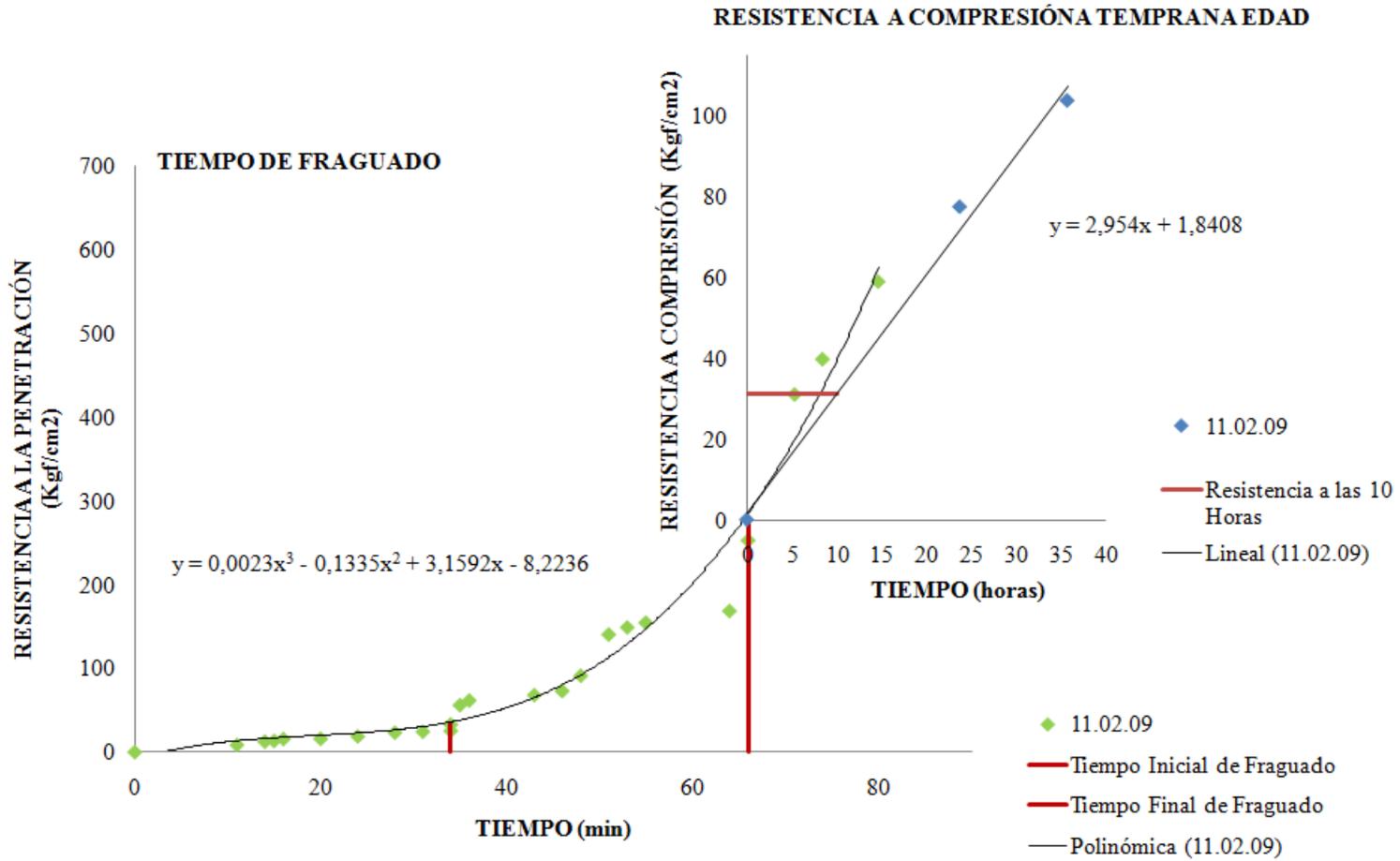


Gráfico 4.23. Ensayo realizado el día 11/02/09.

#### 4.23.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.23. Ensayo realizado el día 11/02/09. Primero se muestra la curva polinómica de tercer grado de tiempo de fraguado, la cual fue elaborada con los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión realizado, dicha curva cumple con el comportamiento ideal de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal. Se observa que el ensayo se completó en un tiempo de 80 minutos, en el cual su tiempo inicial de fraguado se alcanzó en 33,87 minutos luego del proyectado de la muestra y su tiempo final de fraguado se alcanzó en 66 minutos luego del proyectado de la muestra, ambos resultados fueron calculados con la ecuación de la curva, la cual se muestra a continuación:

$$y = 0,0023x^3 - 0,1335x^2 + 3,1592x - 8,2236$$

Segundo se muestra la recta de resistencia a compresión simple, la misma fue elaborada con los resultados de resistencia a compresión de los ensayos realizados a las edades de 24 horas y 36 horas, tales resultados son los siguientes: 77,53 Kgf/cm<sup>2</sup> y 103,85 Kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente. El resultado final de resistencia a las 10 horas se calculó utilizando la ecuación de la recta obtenida, la cual se muestra a continuación:

$$y = 2,954x + 1,8408$$

Dando como resultado 31,38 Kgf/cm<sup>2</sup>, se puede notar que dicha resistencia resultó ser mucho más baja que la resistencia exigida en las premisas de diseño del proyecto de los fosos.

Los ensayos correspondientes a las 10 horas no se ejecutaron debido a que la muestra no obtuvo la resistencia necesaria para el desmolde y preparación de las probetas causando daño y pérdida de las mismas.

## 4.24. Ensayo realizado el día 12/02/09.

## 4.24.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	10:06 AM	FECHA:	12 de febrero de 2009
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	SUR
ANILLO:	28	PAÑO:	12

Aguja 1"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
10:08 AM	110				110	110	7,74	2
10:18 AM	180				180	180	12,67	12

Aguja 1/2"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
10:20 AM	120	118			119	238	16,75	22
10:24 AM	180				180	360	25,33	26

Aguja 1/4"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
10:25 AM	170				170	680	47,85	27
10:27 AM	180				180	720	50,67	29

Aguja 1/10"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
10:27 AM	74				74	740	52,07	29
10:31 AM	80				80	800	56,30	33
10:35 AM	96				96	960	67,56	37
10:39 AM	132				132	1320	92,89	41
10:43 AM	180				180	1800	126,67	45

Aguja 1/20<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
10:45 AM	110				110	2200	154,81	47
10:49 AM	128				128	2560	180,15	51
10:53 AM	136				136	2720	191,41	55
10:57 AM	150				150	3000	211,11	59
11:02 AM	180				180	3600	253,33	64

Aguja 1/40<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:04 AM	130				130	5200	365,92	66
11:08 AM	132				132	5280	371,55	70
11:12 AM	138				138	5520	388,44	74
11:16 AM	144				144	5760	405,33	78
11:20 AM	180				180	7200	506,67	82

Tabla 4.116. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 12/02/09.

## 4.24.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
26,45	35	63,65	280

Tabla 4.117. Estimación del Tiempo de Fraguado. 12/02/09.

#### 4.24.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
											CUBOS	CILINDROS
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	12/02/09	13/02/09	14 Horas	10,00	10,00	2636	4736	47,36	48,25	38,60
	2	UNEFA	12/02/09	13/02/09	14 Horas	10,00	10,00	2563	4914	49,14		
	3	UNEFA	12/02/09	13/02/09	24 Horas	10,00	10,00	2600	9805	98,05	98,41	78,73
	4	UNEFA	12/02/09	13/02/09	24 Horas	10,00	10,00	2760	9877	98,77		

Tabla 4.118. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 12/02/09.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
14	13,69	38,60
24	23,69	78,73

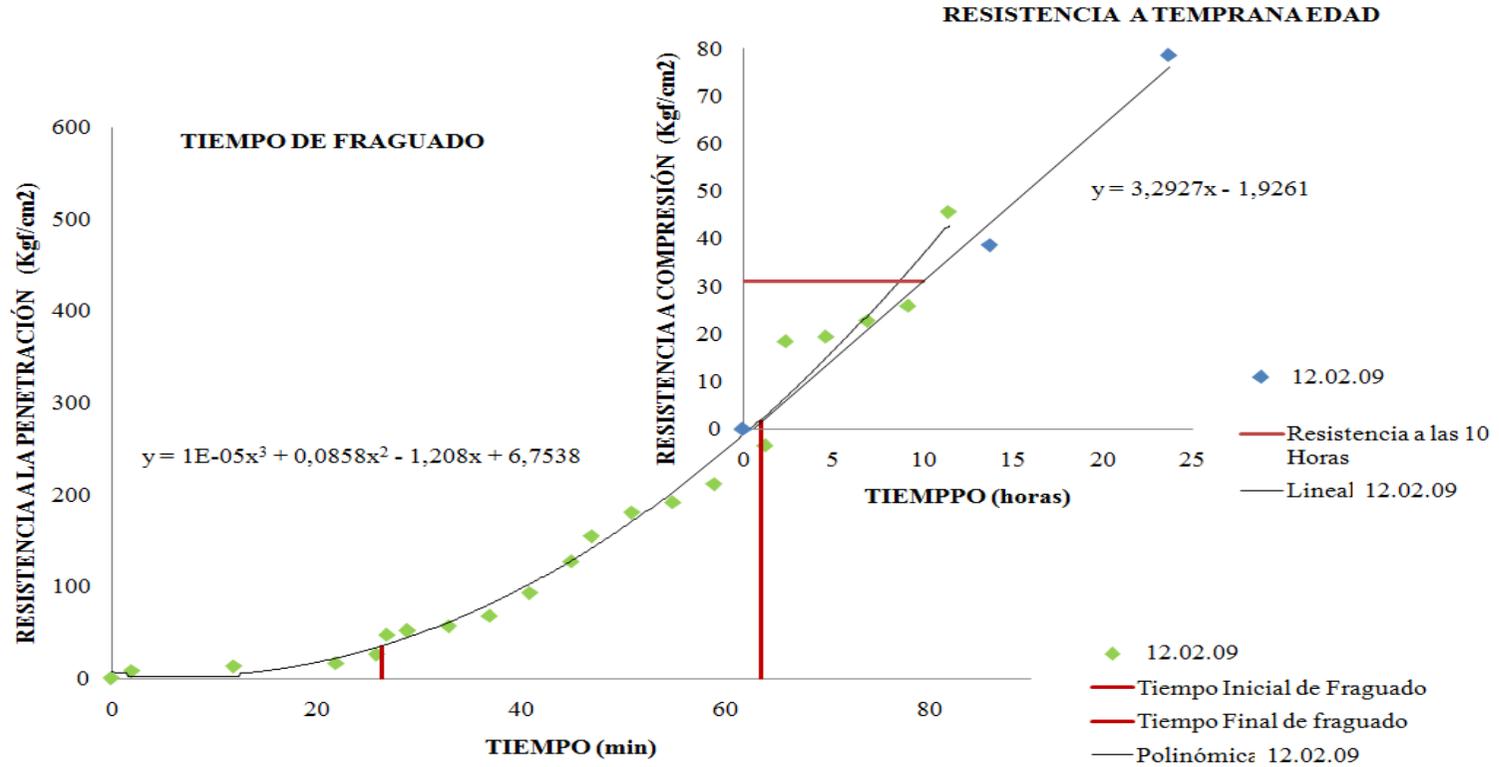
Tabla 4.119. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 12/02/09.

##### 4.24.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	31,00

Tabla 4.120. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 12/02/09.

4.24.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.



eGráfico 4.24. Ensayo realizado el día 12/02/09.

#### 4.24.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.24. Ensayo realizado el día 12/02/09. Primero se muestra la curva de tiempo de fraguado, la cual cumple con el comportamiento estándar de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal. La muestra obtuvo el tiempo inicial de fraguado a los 26,44 minutos luego de la toma de la muestra y el tiempo final de fraguado a los 66,64 minutos luego de la toma de la muestra, el ensayo fue realizado durante un tiempo de 82 minutos. Los valores de tiempo inicial y final de fraguado se calcularon utilizando la ecuación de la curva obtenida, la cual es presentada a continuación:

$$y = 1E-05x^3 + 0,0858x^2 - 1,208x + 6,7538$$

Posteriormente se muestra la recta de resistencia a compresión simple elaborada con los valores de los ensayos de resistencia a compresión realizados, los cuales fueron: 38,60 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 14 horas y 78,73 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas. Estos ensayos fueron realizados a edades distintas a las propuestas inicialmente, ya que el concreto no poseía la resistencia necesaria para preparar las probetas de los ensayos correspondientes a las 10 horas evitando el realizar los ensayos a las 36 horas.

La resistencia obtenida a las 10 horas fue de 31,00 Kgf/cm<sup>2</sup>, se calculó utilizando la ecuación de la recta de mejor ajuste, la cual se muestra a continuación:

$$y = 3,2927x - 1,9261$$

Se puede observar que la resistencia obtenida a las 10 horas, es menor a 70 Kgf/cm<sup>2</sup> requeridos en el proyecto de construcción de los fosos.

## 4.25. Ensayo realizado el día 16/02/09.

## 4.25.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO				USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5							
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>		2:12 PM		<b>FECHA:</b>		16 de febrero de 2009	
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>		UNEFA		<b>FOSO:</b>		SUR	
<b>ANILLO:</b>		29		<b>PAÑO:</b>		14	

Aguja 1<sup>"2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
2:19 PM	86				86	86	6,05	7
2:23 PM	94				94	94	6,61	11
2:28 PM	166				166	166	11,68	16
2:33 PM	180				180	180	12,67	21

Aguja 1/2<sup>"2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
2:34 AM	106				106	212	14,92	22
2:38 AM	180				180	360	25,33	26

Aguja 1/4<sup>"2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
2:39 PM	130				130	520	36,59	27
2:43 PM	140				140	560	39,41	31
2:47 PM	150				150	600	42,22	35
2:54 PM	180				180	720	50,67	42

Aguja 1/10<sup>"2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
2:55 PM	108				108	1080	76,00	43
3:00 PM	150				150	1500	105,56	48
3:05 PM	154				154	1540	108,37	53
3:10 PM	158				158	1580	111,18	58
3:15 PM	180				180	1800	126,67	63

<b>Aguja 1/20<sup>n2</sup></b>								
<b>Hora</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Promedio Lectura</b>	<b>Resistencia (Psi)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo Progresivo</b>
3:16 PM	64				64	1280	90,07	64
3:21 PM	70	64			67	1340	94,30	69
3:33 PM	72				72	1440	101,33	81
3:38 PM	86				86	1720	121,04	86
3:43 PM	90				90	1800	126,67	91
3:48 PM	96				96	1920	135,11	96
3:53 PM	126				126	2520	177,33	101
4:00 PM	128				128	2560	180,15	108
4:07 PM	170				170	3400	239,26	105
4:11 PM	180				180	3600	253,33	119
<b>Aguja 1/40<sup>n2</sup></b>								
<b>Hora</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Promedio Lectura</b>	<b>Resistencia (Psi)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo Progresivo</b>
4:13 PM	90				90	3600	253,33	121
4:14 PM	120	126			123	4920	346,22	122
4:18 PM	150	150			150	6000	422,22	126
4:20 PM	180				180	7200	506,67	128

Tabla 4.121. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 16/02/09.

## 4.25.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

<b>Tiempo Inicial</b>		<b>Tiempo Final</b>	
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
15,81	35	110,57	280

Tabla 4.122. Estimación del Tiempo de Fraguado. 16/02/09.

#### 4.25.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
											CUBOS	CILINDROS
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	16/02/09	17/02/09	17 Horas	10,00	10,00	2462	12110	121,1	126,30	101,04
	2	UNEFA	16/02/09	17/02/09	17 Horas	10,00	10,00	2658	13150	131,5		
	3	UNEFA	16/02/09	17/02/09	24 Horas	10,00	10,00	2670	15240	152,4	150,85	120,68
	4	UNEFA	16/02/09	17/02/09	25 Horas	10,00	10,00	2398	14930	149,3		
	5	UNEFA	16/02/09	18/02/09	36 Horas	10,00	10,00	2507	10736	107,4	111,43	89,14
	6	UNEFA	16/02/09	18/02/09	36 Horas	10,00	10,00	3076	11550	115,5		

Tabla 4.123. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 16/02/09.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
17	16,86	101,04
24	23,86	120,68
36	35,86	89,14

Tabla 4.124. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 16/02/09.

#### 4.25.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	52,89

Tabla 4.125. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 16/02/09.

### 4.25.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

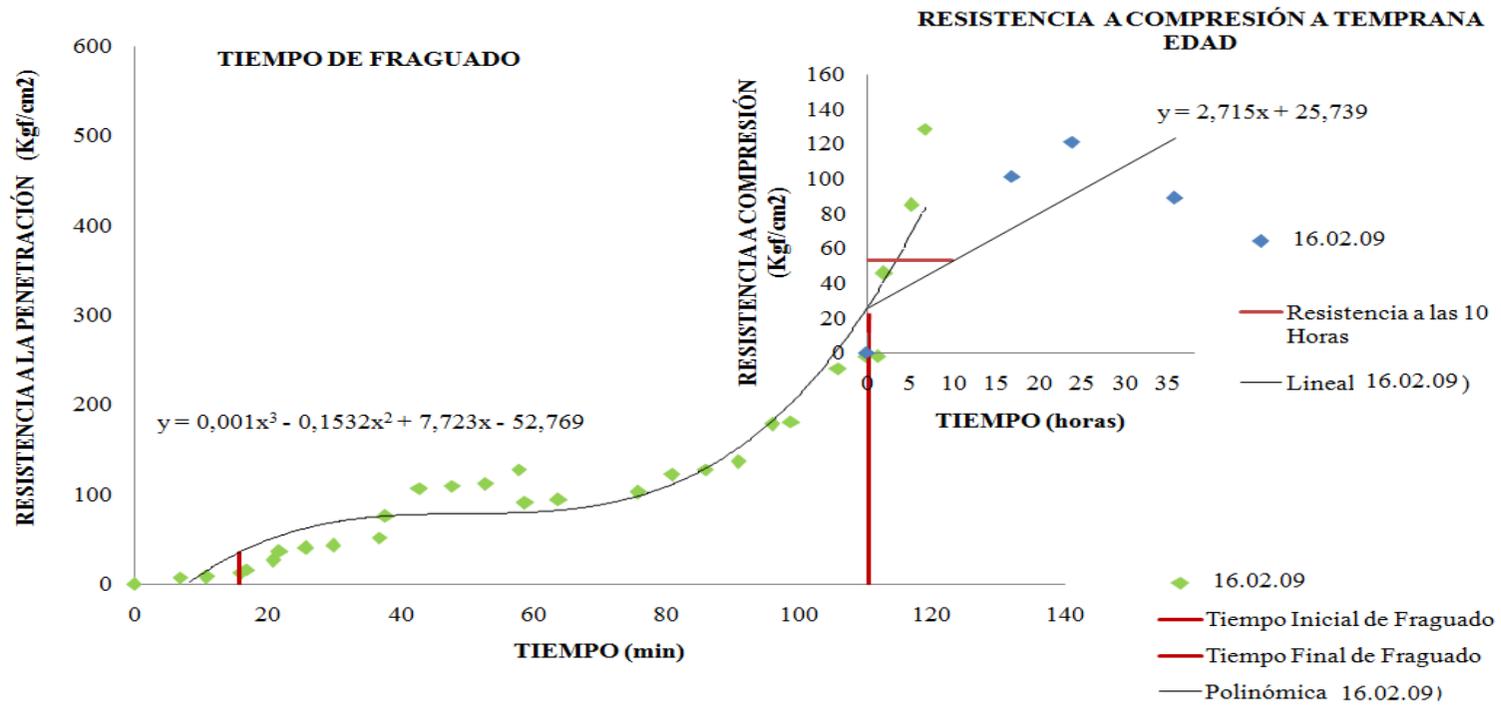


Gráfico 4.25. Ensayo realizado el día 16/02/09.

#### 4.25.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.25. Ensayo realizado el día 16/02/09. Se presenta la curva de tiempo de fraguado y la recta de resistencia a compresión de la muestra ensayada. En la curva primero se observa la duración del ensayo de resistencia a la penetración, el cual se realizó durante un tiempo de 119 minutos, donde el tiempo inicial de fraguado se obtuvo a los 15,81 minutos posterior al muestreo y el tiempo final de fraguado se obtuvo a los 110,57 minutos posterior al muestreo. La curva obtenida es polinómica de tercer grado, se observa un cambio en el comportamiento de la curva al inicio del tiempo de fraguado, esto puede deberse al uso del aditivo acelerante, el cual pudo reaccionar muy rápidamente con la mezcla ensayada. Los tiempos iniciales y finales de fraguado se calcularon utilizando la ecuación de la curva obtenida:

$$y = 0,001x^3 - 0,1532x^2 + 7,723x - 52,769$$

Luego se presenta la recta de desarrollo de la resistencia elaborada utilizando los resultados de los ensayos de resistencia a compresión simple, tales resultados son: 101,04 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 18 horas, 120,68 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas y 89,14 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 36 horas. El ensayo correspondiente a las 10 horas no fue realizado debido a que al momento de realizarlo el personal capacitado para manipular los instrumentos no se encontraba en el laboratorio. Se observa una gran disminución en la resistencia para la edad de 36 horas, esto se pudo deber a presencia de vacíos o una mala compactabilidad de la mezcla al momento del proyectado de las viguetas.

El resultado obtenido a las 10 horas fue de 52,88 Kgf/cm<sup>2</sup>, el cual se calculó utilizando la ecuación de la recta de mejor ajuste mostrada a continuación:

$$y = 2,715x + 25,739$$

Se observa que la resistencia obtenida es mucho menor a la exigida en el proyecto (70 Kgf/cm<sup>2</sup>).

## 4.26. Ensayo realizado el día 18/02/09.

## 4.26.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	11:06 AM	<b>FECHA:</b>	18 de febrero de 2009
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	30	<b>PAÑO:</b>	10

## Aguja 1"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
11:10 AM	66				66	66	4,64	4
11:14 AM	156				156	156	10,98	8
11:18 AM	174				174	174	12,24	12
11:20 AM	180				180	180	12,67	14

## Aguja 1/2"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
11:21 AM	90				90	180	12,67	15
11:25 AM	128				128	256	18,01	19
11:29 AM	180				180	360	25,33	23

## Aguja 1/4"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
11:30 AM	152				152	608	42,79	24
11:31 AM	172				172	688	48,41	25
11:32 AM	178				178	712	50,10	26
11:33 AM	180				180	720	50,67	27

## Aguja 1/10"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
11:38 AM	78				78	780	54,89	32
11:39 AM	85				85	850	59,81	33
11:42 AM	162				162	1620	114,00	36
11:45 AM	168	178			173	1730	121,74	39
11:47 AM	180				180	1800	126,67	41

**Aguja** 1/20<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:49 AM	116				116	2320	163,26	43
11:51 AM	200	200			200	4000	281,48	45

**Aguja** 1/40<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:53 AM	110				110	4400	309,63	47
11:55 AM	92	80			86	3440	242,07	49
11:57 AM	116				116	4640	326,52	51
12:00 PM	154				154	6160	433,48	54
12:04 PM	180				180	7200	506,67	58

Tabla 4.126. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 18/02/09.

**4.26.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.**

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
25,04	35	48,62	280

Tabla 4.127. Estimación del Tiempo de Fraguado. 18/02/09.

#### 4.26.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
											CUBOS	CILINDROS
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	18/02/09	19/02/09	22 Horas	10,00	10,00	3015	5964	59,64	61,78	49,42
	2	UNEFA	18/02/09	19/02/09	22 Horas	10,00	10,00	2789	6392	63,92		
	3	UNEFA	18/02/09	19/02/09	24 Horas	10,00	10,00	2967	6764	67,64	70,06	56,05
	4	UNEFA	18/02/09	19/02/09	24 Horas	10,00	10,00	3168	7248	72,48		
	5	UNEFA	18/02/09	20/02/09	36 Horas	10,00	10,00	2417	13518	135,18	144,06	115,25
	6	UNEFA	18/02/09	20/02/09	36 Horas	10,00	10,00	2399	15294	152,94		

Tabla 4.128. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 18/02/09.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
22	21,84	49,42
24	23,84	56,05
36	35,84	115,25

Tabla 4.129. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 18/02/09.

#### 4.26.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	23,38

Tabla 4.130. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 18/02/09.

4.26.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

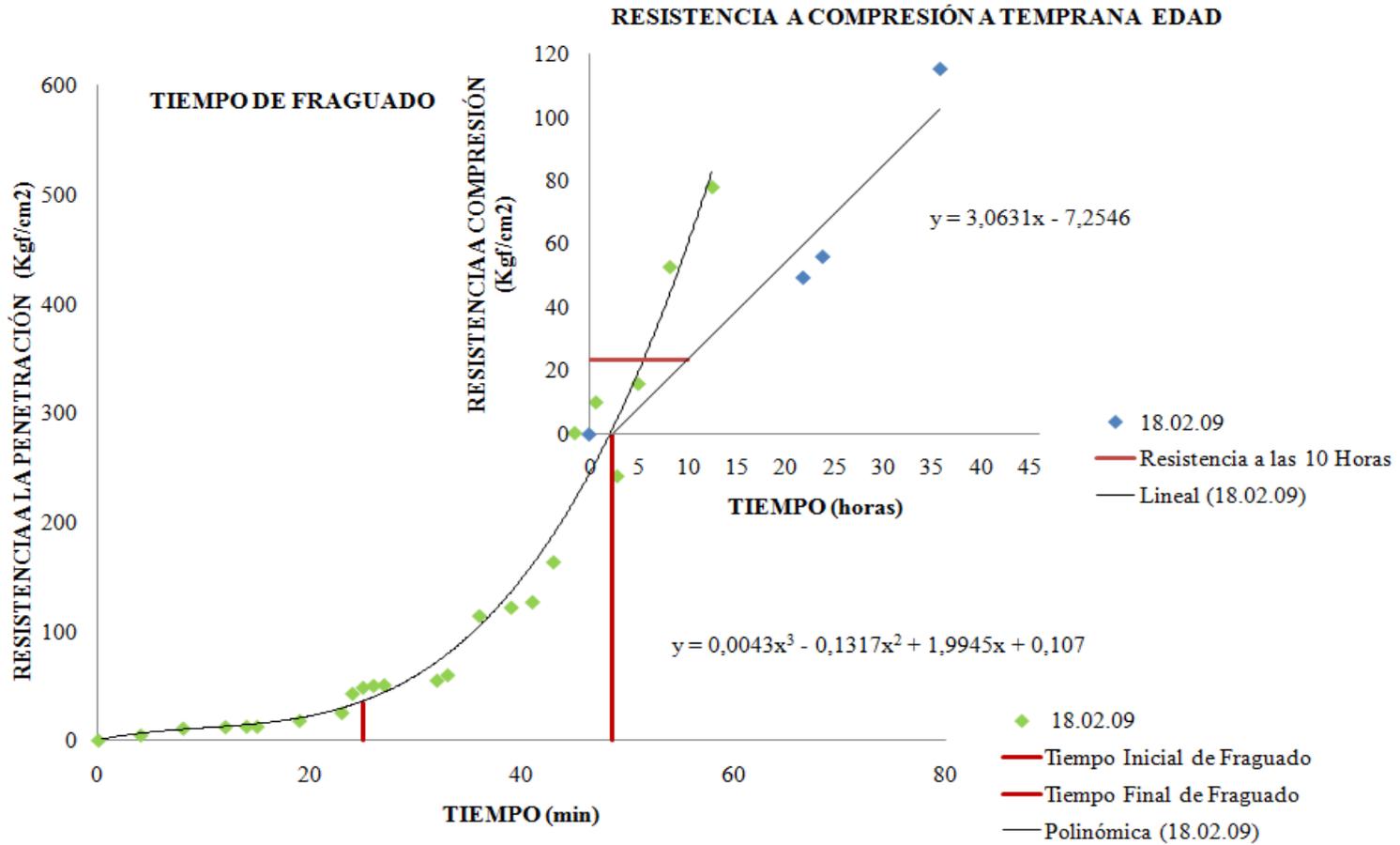


Gráfico 4.26. Ensayo realizado el día 18/02/09.

#### 4.26.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.26. Ensayo realizado el día 18/02/09. Se muestra la curva polinómica de tercer grado de estimación del tiempo de fraguado la cual se construyó con los resultados del ensayo de resistencia a la penetración realizado. El ensayo se completó en un tiempo de 58 minutos, donde el tiempo inicial de fraguado se alcanzó a los 25,04 minutos luego de la proyección del concreto y el tiempo final de fraguado se alcanzó a los 48,62 minutos luego de la proyección del concreto, dichos tiempos fueron calculados utilizando la ecuación de la curva obtenida, la cual tiene el comportamiento ideal de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal, mostrándose a continuación:

$$y = 0,0043x^3 - 0,1317x^2 + 1,9945x + 0,107$$

Posteriormente se muestra la recta de resistencia a compresión elaborada con los valores de los ensayos de resistencia a compresión simple, los cuales fueron: 49,42 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 22 horas, 56,05 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas y 115,25 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 36 horas. Los ensayos correspondientes a las 10 horas fueron realizados a las 22 horas ya que el personal encargado de realizar los ensayos no se encontraba en el laboratorio.

La resistencia obtenida a las 10 horas fue de 23,37 Kgf/cm<sup>2</sup>, se calculó utilizando la ecuación de la recta de mejor ajuste, la cual se muestra a continuación:

$$y = 3,0631x - 7,2546$$

Se observa que la resistencia obtenida es menor a la resistencia requerida para la excavación y construcción del anillo siguiente.

## 4.27. Ensayo realizado el día 19/02/09.

## 4.27.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	2:10 PM	<b>FECHA:</b>	19 de febrero de 2009
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	30	<b>PAÑO:</b>	15

**Aguja** 1"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
2:16 PM	80	92			86	86	6,05	6
2:18 PM	120	126			123	123	8,66	8
2:20 PM	180				180	180	12,67	10

**Aguja** 1/2"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
2:21 PM	180				180	360	25,33	11

**Aguja** 1/4"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
2:23 AM	180				180	720	50,67	13

**Aguja** 1/10"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
2:24 PM	116				116	1160	81,63	14
2:30 PM	180				180	1800	126,67	20

**Aguja** 1/20"<sup>2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
2:38 PM	120				120	2400	168,89	28
2:40 PM	134				134	2680	188,59	30
2:44 PM	156				156	3120	219,55	34
2:46 PM	180				180	3600	253,33	36

**Aguja** 1/40<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
2:47 PM	100	110			105	4200	295,55	37
2:51 PM	122				122	4880	343,41	41
3:58 PM	140				140	5600	394,07	48
3:59 PM	180				180	7200	506,67	49

Tabla 4.131. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 19/02/09.

#### 4.27.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10,50	35	37,28	280

Tabla 4.132. Estimación del Tiempo de Fraguado. 19/02/09.

#### 4.27.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
											CUBOS	CILINDROS
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	19/02/09	19/02/09	10 Horas	10,00	10,00	2339	4673	46,73	47,53	38,02
	2	UNEFA	19/02/09	19/02/09	10 Horas	10,00	10,00	2350	4832	48,32		
	3	UNEFA	19/02/09	20/01/09	16 Horas	10,00	10,00	2259	5373	53,73	56,82	45,46
	4	UNEFA	19/02/09	20/01/09	16 Horas	10,00	10,00	2337	5991	59,91		
	5	UNEFA	19/02/09	20/01/09	24 Horas	10,00	10,00	2153	9513	95,13	94,59	75,67
	6	UNEFA	19/02/09	20/01/09	24 Horas	10,00	10,00	2209	9404	94,04		

Tabla 4.133. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 19/02/09.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
10	9,80	38,02
16	15,80	45,46
24	23,80	75,67

Tabla 4.134. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 19/02/09.

##### 4.27.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	32,57

Tabla 4.135. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 19/02/09.

### 4.27.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

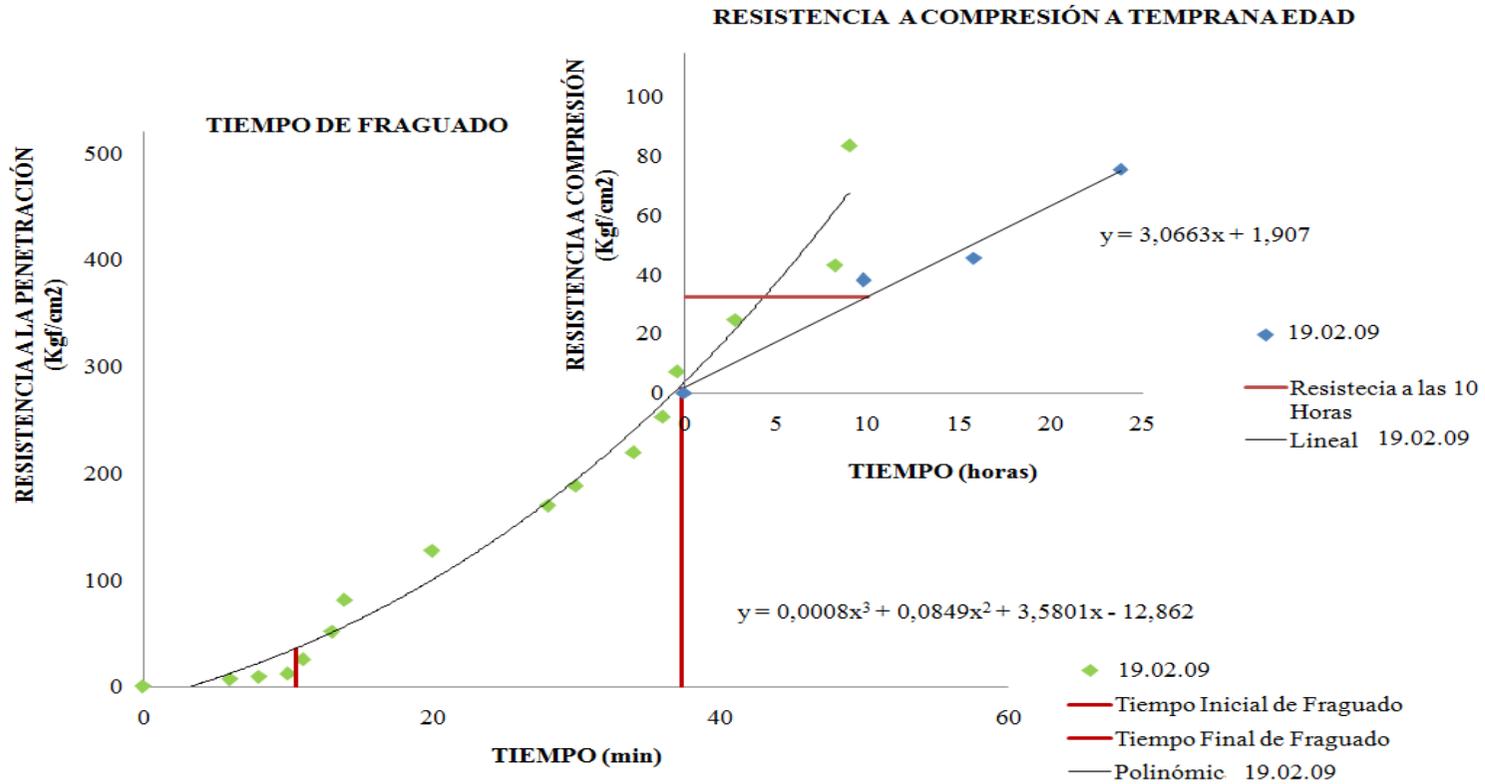


Gráfico 4.27. Ensayo realizado el día 19/02/09.

#### 4.27.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.27. Ensayo realizado el día 19/02/09. Se muestra la curva de tiempo de fraguado elaborada con los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la penetración, la cual es polinómica de tercer grado y cumple con el comportamiento de la curva patrón de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal. Se observa que el ensayo se completó en un tiempo de 49 minutos, obteniéndose el tiempo inicial de fraguado al alcanzar los 10,49 minutos luego de la toma de la muestra y el tiempo final de fraguado al alcanzar los 37,27 minutos luego de la toma de la muestra. Los tiempos de fraguado se calcularon con la ecuación de la curva nombrada anteriormente, la cual se muestra a continuación:

$$y = 0,0008x^3 + 0,0849x^2 + 3,5801x - 12,862$$

También, se muestra la recta de resistencia a compresión elaborada con los resultados de los ensayos de resistencia a compresión simple. Se observan, los valores de resistencia a las distintas edades de ensayo, los cuales son: 38,02 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 10 horas, 45,46 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 16 horas 75,67 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas, los ensayos correspondientes a las 36 horas se realizaron a las 16 horas ya que a la edad mencionada no se contaba con el equipo de ensayo. La resistencia a compresión a las 10 horas fue de 32,57 Kgf/cm<sup>2</sup>, la cual se calculó con la ecuación de la recta obtenida, mostrada a continuación:

$$y = 3,0663x + 1,907$$

Se observa que la resistencia obtenida a las 10 horas es mucho menor a la resistencia requerida para la excavación y construcción del siguiente anillo.

## 4.28. Ensayo realizado el día 25/02/09.

## 4.28.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	2:48 PM	<b>FECHA:</b>	25 de febrero de 2009
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	31	<b>PAÑO:</b>	9

Aguja 1"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
2:57 PM	46				46	46	3,24	9
3:02 PM	48				48	48	3,38	14
3:07 PM	90				90	90	6,33	19
3:12 PM	172				172	172	12,10	24
3:17 PM	180				180	180	12,67	29

Aguja 1/2"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
3:21 PM	102				102	204	14,36	33
3:26 PM	110	106			108	216	15,20	38
3:31 PM	136				136	272	19,14	43
3:36 PM	180				180	360	25,33	48

**Aguja** 1/4<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
3:37 PM	90	92			91	364	25,61	49
3:42 PM	95				95	380	26,74	54
3:47 PM	98	96			97	388	27,30	59
3:52 PM	100				100	400	28,15	64
3:57 PM	110	104			107	428	30,12	69
4:02 PM	120	122			121	484	34,06	74
4:07 PM	132				132	528	37,16	79
4:12 PM	136				136	544	38,28	81
4:19 PM	140				140	560	39,41	91
4:24 PM	142				142	568	39,97	96
4:29 PM	180				180	720	50,67	101

**Aguja** 1/10<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
4:29 PM	88				88	880	61,93	101
4:34 PM	115				115	1150	80,93	106
4:39 PM	118				118	1180	83,04	111
4:44 PM	130				130	1300	91,48	116
4:54 PM	146				146	1460	102,74	126
5:04 PM	160				160	1600	112,59	136
5:14 PM	180				180	1800	126,67	140

**Aguja** 1/20<sup>n2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
5:18 PM	96				96	1920	135,11	144
5:20 PM	100				100	2000	140,74	146
5:24 PM	140				140	2800	197,04	150
5:34 PM	172				172	3440	242,07	160
5:44 PM	200				200	4000	281,48	170

**Aguja** 1/40<sup>m2</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
5:45 PM	112				112	4480	315,26	171
5:50 PM	120				120	4800	337,78	176
5:55 PM	146				146	5840	410,96	181
6:00 PM	158				158	6320	444,74	186
6:05 PM	160				160	6400	450,37	191
6:15 PM	180				180	7200	506,67	201

Tabla 4.136. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 25/02/09.

## 4.28.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

Tiempo Inicial		Tiempo Final	
Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )
61,07	35	149,53	280

Tabla 4.137. Estimación del Tiempo de Fraguado. 25/02/09.

#### 4.28.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
											CUBOS	CILINDROS
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	25/02/09	26/02/09	24 Horas	10,00	10,00	2561	7068	70,68	74,64	59,71
	2	UNEFA	25/02/09	26/02/09	24 Horas	10,00	10,00	2491	7859	78,59		
	3	UNEFA	25/02/09	26/02/09	36 horas	10,00	10,00	2760	16686	166,86	179,71	143,76
	4	UNEFA	25/02/09	26/02/09	36 horas	10,00	10,00	2740	19255	192,55		

Tabla 4.138. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 25/02/09.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
24	23,14	59,71
36	35,14	143,76

Tabla 4.139. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 25/02/09.

##### 4.28.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	31,17

Tabla 4.140. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 25/02/09.

### 4.28.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

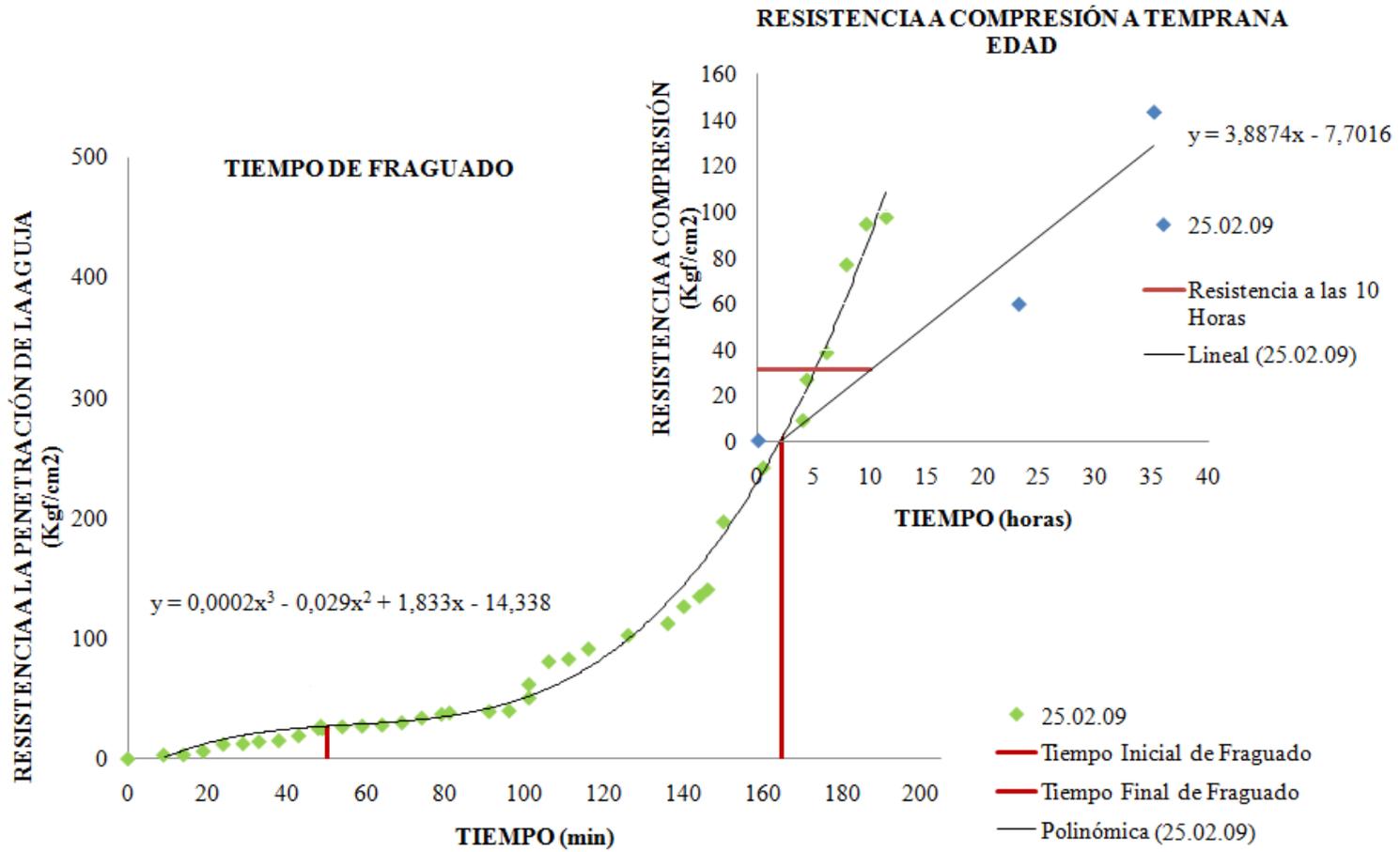


Gráfico 4.28. Ensayo realizado el día 25/02/09.

#### 4.28.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.28. Ensayo realizado el día 25/02/09. Se observa la curva de tiempo de fraguado elaborada con los resultados del ensayo de resistencia a la penetración, la cual cumple con el comportamiento patrón de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal. Se muestra que el ensayo se realizó en un tiempo de 201 minutos obtenido el tiempo inicial de fraguado a los 61,07 minutos luego de la toma de la muestra y su tiempo final de fraguado a los 149,52 minutos luego de la toma de la muestra, ambos resultados se calcularon utilizando la ecuación de la curva nombrada anteriormente, la cual es la siguiente:

$$y = 0,0002x^3 - 0,029x^2 + 1,833x - 14,338$$

En la recta de resistencia a compresión se muestran los resultados de los ensayos realizados en sus edades correspondientes, los cuales fueron: 59,71 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas y 143,76 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 36 horas. Así mismo se muestra el resultado de resistencia a compresión a las 10 horas calculado con la ecuación de la recta obtenida, la cual es:

$$y = 3,8874x - 7,7016$$

Obteniendo una resistencia de: 31,17 Kgf/cm<sup>2</sup>.

Observando los resultados se puede ver que el concreto no alcanzó la resistencia requerida a las 10 horas.

También se observa que los ensayos correspondientes a las 10 horas no lograron ser realizados debido a que el concreto no obtuvo la resistencia necesaria para la preparación de las probetas ocasionando daño y pérdidas de las muestras.

## 4.29. Ensayo realizado el día 26/02/09.

## 4.29.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	2:30 PM	<b>FECHA:</b>	26 de febrero de 2009
<b>FRENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	SUR
<b>ANILLO:</b>	32	<b>PAÑO:</b>	1

Aguja 1"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
2:33 PM	72				72	72	5,07	3
2:35 PM	180				180	180	12,67	5

Aguja 1/2"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
2:40 PM	100				100	200	14,07	10
2:43 PM	180				180	360	25,33	13

Aguja 1/4"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
2:47 PM	90				90	360	25,33	17
2:50 PM	90				90	360	25,33	20
2:53 PM	118				118	472	33,21	23
2:54 PM	180				180	720	50,67	24

Aguja 1/10"²

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm²)	Tiempo Progresivo
2:56 PM	110				110	1100	77,41	26
3:00 PM	120	116			118	1180	83,04	30
3:04 PM	170				170	1700	119,63	34
3:06 PM	180				180	1800	126,67	36

<b>Aguja</b>		$1/20''^2$						
<b>Hora</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Promedio Lectura</b>	<b>Resistencia (Psi)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo Progresivo</b>
3:06 PM	60				60	1200	84,44	36
3:09 PM	98	70			84	1680	118,22	39
3:13 PM	92				92	1840	129,48	43
3:16 PM	132				132	2640	185,78	46
3:20 PM	138				138	2760	194,22	50
3:23 PM	140				140	2800	197,04	53
3:28 PM	144				144	2880	202,67	58
3:33 PM	160				160	3200	225,18	63
3:37 PM	170				170	3400	239,26	67
3:39 PM	180				180	3600	253,33	69
<b>Aguja</b>		$1/40''^2$						
<b>Hora</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Lectura</b>	<b>Promedio Lectura</b>	<b>Resistencia (Psi)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo Progresivo</b>
3:40 PM	80				80	3200	225,18	70
3:41 PM	100	112			106	4240	298,37	71
3:42 PM	120	124			122	4880	343,41	72
3:44 PM	150				150	6000	422,22	74
3:45 PM	180				180	7200	506,67	75

Tabla 4.141. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 26/02/09.

## 4.29.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

<b>Tiempo Inicial</b>		<b>Tiempo Final</b>	
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
13,05	35	66,40	280

Tabla 4.142. Estimación del Tiempo de Fraguado. 26/02/09.

#### 4.29.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
											CUBOS	CILINDROS
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	26/02/09	27/02/09	10 Horas	10,00	10,00	2910	9783	97,83	93,20	74,56
	2	UNEFA	26/02/09	27/02/09	10 Horas	10,00	10,00	2800	8856	88,56		
	3	UNEFA	26/02/09	27/02/09	24 Horas	10,00	10,00	2910	12896	128,96	129,65	103,72
	4	UNEFA	26/02/09	27/02/09	24 Horas	10,00	10,00	2860	13034	130,34		
	5	UNEFA	26/02/09	28/02/09	36 Horas	10,00	10,00	2126	13232	132,32	131,03	104,82
	6	UNEFA	26/02/09	28/02/09	36 Horas	10,00	10,00	2492	12974	129,74		

Tabla 4.143. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 26/02/09.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
10	9,86	74,56
24	23,86	103,72
36	35,86	104,82

Tabla 4.144. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 26/02/09.

##### 4.29.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	50,41

Tabla 4.145. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 26/02/09.

4.29.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

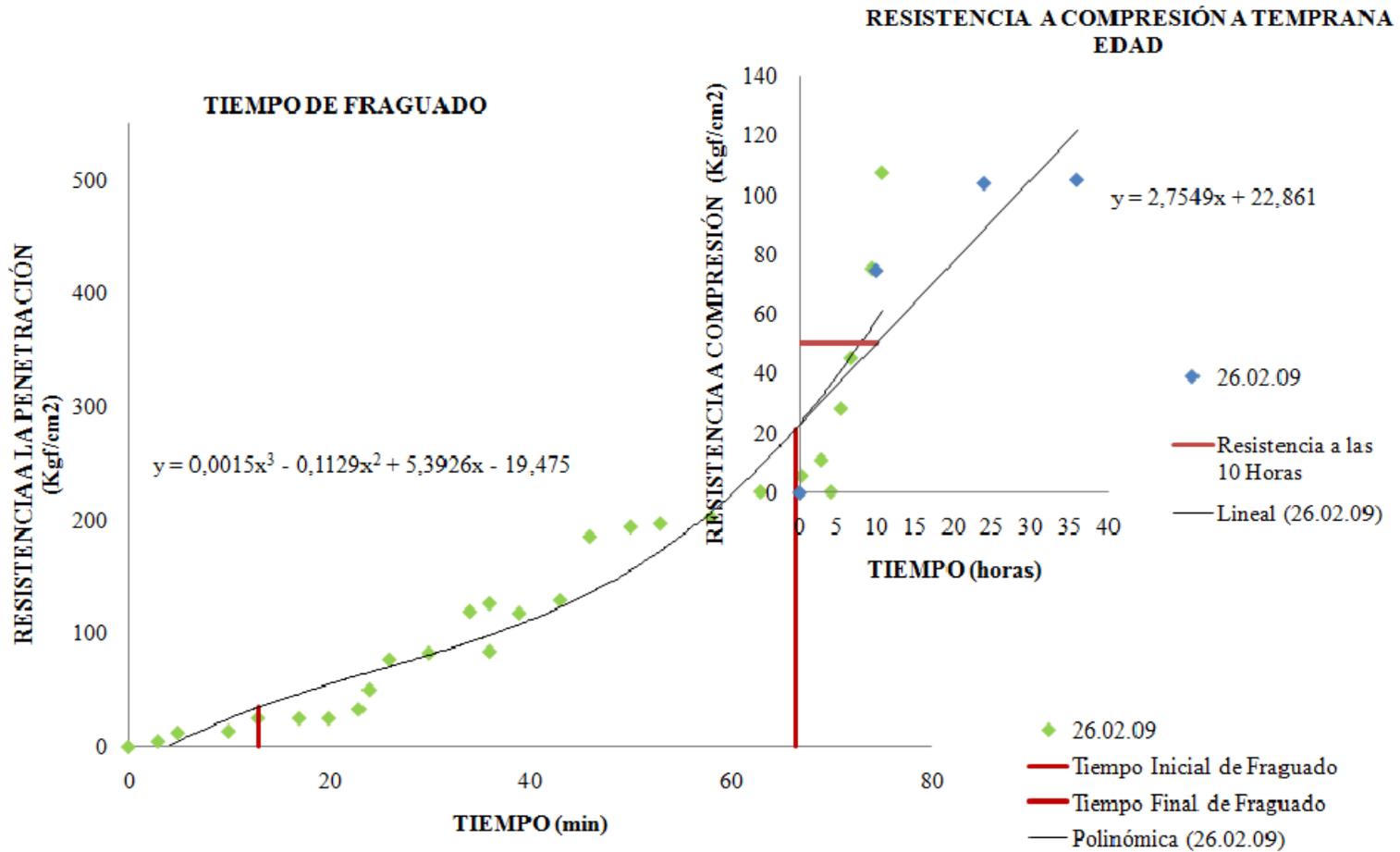


Gráfico 4.29. Ensayo realizado el día 26/02/09.

#### 4.29.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.29. Ensayo realizado el día 26/02/09. Se muestra la curva polinómica de tercer grado de tiempo de fraguado elaborada con los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la penetración, dicha curva posee el comportamiento estándar de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal. Se pudo observar que el ensayo se realizó en un tiempo de 75 minutos alcanzándose el tiempo inicial de fraguado a los 13,04 minutos luego del muestreo y el tiempo final de fraguado 66,40 minutos luego del muestreo. Los valores de tiempo inicial y final de fraguado se calcularon utilizando la ecuación de dicha curva, la cual se presenta a continuación:

$$y = 0,0015x^3 - 0,1129x^2 + 5,3926x - 19,475$$

Seguidamente se muestra la recta de resistencia a compresión realizada con los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a compresión simple, los cuales son: 74,56 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 10 horas, 103,72 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 24 horas y 104,82 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 36 horas, en dichos resultados se observa un incremento de la resistencia bastante bajo desde la edad de 24 horas hasta la edad de 36 horas, lo cual pudo ser ocasionado por inadecuado muestreo causando vacíos en las probetas. El resultado de resistencia a compresión a la edad requerida (10 horas) fue calculado con la ecuación de la recta mostrada a continuación:

$$y = 2,7549x + 22,861$$

Obteniendo una resistencia a compresión de 50,41 Kgf/cm<sup>2</sup>.

Observando los resultados de resistencia a la compresión obtenidos se tiene que la resistencia a compresión a las 10 horas es baja, ya que la resistencia requerida en el proyecto de construcción de los fosos para seguir la excavación es de 70 Kgf/cm<sup>2</sup>.

## 4.30. Ensayo del día 02/03/09.

## 4.30.1. Ensayo de Resistencia a la Penetración.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	11:55 AM	FECHA:	2 de marzo de 2009
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	SUR
ANILLO:	32	PAÑO:	12

Aguja 1<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
11:59 AM	48				48	48	3,38	4
12:03 PM	60				60	60	4,22	8
12:07 PM	92				92	92	6,47	12
12:11 PM	146				146	146	10,27	16
12:16 PM	200				200	200	14,07	21

Aguja 1/2<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
12:17 PM	160				160	320	22,52	22
12:19 PM	200				200	400	28,15	24

Aguja 1/4<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
12:21 PM	50				50	200	14,07	26
12:22 PM	70				70	280	19,70	27
12:24 PM	130				130	520	36,59	29
12:27 PM	138				138	552	38,84	32
12:30 PM	180				180	720	50,67	35

Aguja 1/10<sup>n</sup>

Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
12:32 PM	80	80			80	800	56,30	37
12:37 PM	80	88			84	840	59,11	42
12:42 PM	100				100	1000	70,37	47
12:47 PM	132				132	1320	92,89	52
12:52 PM	166				166	1660	116,81	57
12:59 PM	180				180	1800	126,67	64

<b>Aguja 1/20<sup>m2</sup></b>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
1:00 PM	100				100	2000	140,74	65
1:05 PM	84				84	1680	118,22	70
1:10 PM	100				100	2000	140,74	75
1:15 PM	66	100			83	1660	116,81	80
1:21 PM	180				180	3600	253,33	86
<b>Aguja 1/40<sup>m2</sup></b>								
Hora	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Promedio Lectura	Resistencia (Psi)	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tiempo Progresivo
1:22 PM	80				80	3200	225,18	87
1:27 PM	100	110			105	4200	295,55	92
1:37 PM	152				152	6080	427,85	102
1:45 PM	150	160			155	6200	436,29	110
1:47 PM	180				180	7200	506,67	112

Tabla 4.146. Planilla para Ensayo de resistencia a la Penetración. 02/03/09.

## 4.30.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

<b>Tiempo Inicial</b>		<b>Tiempo Final</b>	
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
29,60	35	95,45	280

Tabla 4.147. Estimación del Tiempo de Fraguado. 02/03/09.

#### 4.30.2. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN												
											CUBOS	CILINDROS
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	Rc	Rc (Prom)	Rc (Prom)	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	(Kgf/cm <sup>2</sup> )	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	02/03/09	03/03/09	17 Horas	10,00	10,00	2794	11020	110,20	109,85	87,88
	2	UNEFA	02/03/09	03/03/09	17 Horas	10,00	10,00	2750	10950	109,50		
	3	UNEFA	02/03/09	03/03/09	24 Horas	10,00	10,00	2440	14150	141,50	143,25	114,60
	4	UNEFA	02/03/09	03/03/09	24 Horas	10,00	10,00	2390	14500	145,00		
	5	UNEFA	02/03/09	04/03/09	36 Horas	10,00	10,00	2493	11250	112,50	115,25	92,20
	6	UNEFA	02/03/09	04/03/09	36 Horas	10,00	10,00	2506	11800	118,00		

Tabla 4.148. Ensayo de Resistencia a Temprana Edad. 02/03/09.

EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN (HORAS)	EDAD DEL ENSAYO A COMPRESIÓN – EL TIEMPO DE FRAGUADO (HORAS)	RESISTENCIA FINAL (Kgf/cm <sup>2</sup> )
0	0	0
17	16,72	87,88
24	23,72	114,60
36	35,72	92,20

Tabla 4.149. Representación de la Resistencia a las Edades de Ensayo. 02/03/09.

##### 4.30.2.1. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.

EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	48,35

Tabla 4.150. Estimación de Resistencia a Compresión a las 10 Horas. 02/03/09.

4.30.3. Gráfico de Resistencia a Temprana Edad.

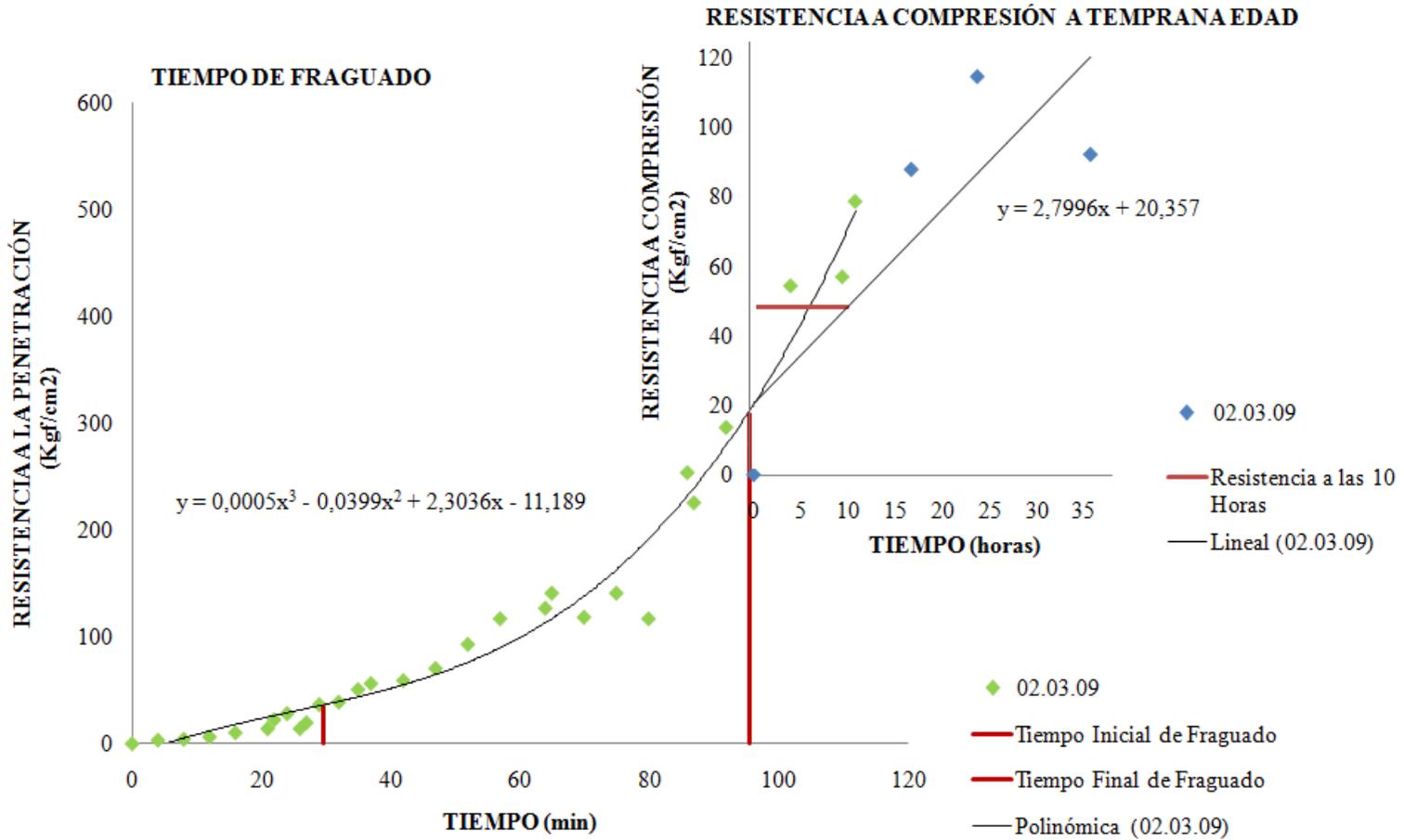


Gráfico 4.30. Ensayo del día 02/03/09.

#### 4.30.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.30. Ensayo realizado el día 02/03/09. Se observa que la curva de tiempo de fraguado cumple con el comportamiento patrón de la curva de un concreto normal, la cual se elaboró con los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la penetración. Se puede notar que dicho ensayo se realizó en un tiempo total de 112 minutos, obteniendo el tiempo inicial de fraguado a los 26,60 minutos luego de la toma de la muestra y el tiempo final de fraguado a los 95,45 minutos luego de la toma de la muestra, tales valores se calcularon con la ecuación de la curva elaborada, la cual es la siguiente:

$$y = 0,0005x^3 - 0,0399x^2 + 2,3036x - 11,189$$

Luego se observa la recta de resistencia a compresión obtenida con los resultado de los ensayos de resistencia a compresión realizados a las edades de 17 horas, 24 horas y 36 horas, los cuales fueron: 87,88 Kgf/cm<sup>2</sup>, 114,60 Kgf/cm<sup>2</sup> y 92,20 Kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente. Se observa que en los resultados obtenidos se presentó una alta disminución de la resistencia, la cual pudo ser ocasionada por algún error en la ejecución de los ensayos o por vacíos, que se hayan formado por un inadecuado proyectado de las viguetas. La resistencia a la edad requerida (10 horas) se calculó con la ecuación de la recta de mejor ajuste elaborada, la cual es:

$$y = 2,7996x + 20,357$$

Dando como resultado 48,35 Kgf/cm<sup>2</sup>. Cabe destacar que el resultado obtenido no cumple las exigencias del proyecto de construcción de los fosos, debido a que para poder realizar la excavación del paño inferior para la construcción del siguiente foso el concreto deberá alcanzar una resistencia de 70 Kgf/cm<sup>2</sup>.

El ensayo correspondiente a las 10 horas fue realizado a las 17 horas ya que en esos momentos el personal del laboratorio capacitado para realizar los ensayos no se encontraba.

#### 4.31. Análisis general

Realizando un análisis general de todos los gráficos obtenidos se observa que la mayoría de las curvas de tiempo de fraguado cumplen con el comportamiento estándar de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal. Se observa además que en los ensayos de resistencia a la penetración se obtuvo una variabilidad en los tiempos de ejecución de los mismos, así como también en los tiempos totales, iniciales y finales de fraguado de cada una de las mezclas ensayadas. Esta diferencia es mayormente ocasionada por las condiciones de campo no controlados a lo largo de la ejecución de cada una de las pruebas ya que la trabajabilidad de la mezcla se ve influenciada debido al tiempo de transporte y una espera prolongada por condiciones de obra.

También se puede observar que las aplicaciones de carga en los ensayos de resistencia a la penetración se realizaron en intervalos de tiempo muy inconstantes ya que dependía de la evolución de dureza que se iba logrando en cada una de las muestras ensayadas.

Por otra parte los ensayos de resistencia a compresión no se lograron realizar a las edades propuestas inicialmente ya que en muchas ocasiones no se alcanzó la resistencia necesaria para el corte y preparación de las probetas causando daños y pérdidas de las mismas, sin embargo se ejecutaron ensayos a por lo menos dos edades distintas en cada uno de los grupos de muestras tomadas y así poder realizar la recta de mejor ajuste.

Se observa que en ninguno de los resultados obtenidos de resistencia a compresión a la edad de 10 horas, alcanzó los  $70 \text{ Kg/cm}^2$  lo cual hace que la construcción no tenga la rapidez deseada ya que si no se obtiene una resistencia de  $70 \text{ Kg/cm}^2$ , no se podrá excavar el paño inferior para la construcción del siguiente anillo hasta que no se alcance la resistencia requerida.

**4.32. Rango de Resistencia a Compresión a las 10 horas.**

**4.32.1. Resultados de la Resistencia a Compresión a Temprana Edad.**

TIEMPO (Horas)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )																													
	21/10/08	22/10/08	23/10/08	29/10/08	30/10/08	17/11/08	19/11/08	20/11/08	24/11/08	25/11/08	26/11/08	27/11/08	01/12/08	02/12/08	03/12/08	08/12/08	09/12/08	10/12/09	12/01/09	14/01/09	15/01/09	10/02/09	11/02/09	12/02/09	16/02/09	18/02/09	19/02/09	25/02/09	26/02/09	02/03/09
0	9,27	6,23	10,23	-4,85	-1,22	-3,04	9,46	14,99	9,21	10,87	0,92	9,24	8,82	-9,67	-2,94	10,30	4,67	21,39	-2,09	0,21	-10,34	7,55	1,84	-1,93	25,74	-7,25	1,91	-7,70	22,86	20,36
1	12,87	10,17	13,41	-1,67	1,82	0,09	12,29	17,75	11,98	13,89	3,98	12,02	11,56	-5,86	-0,39	12,47	7,20	24,62	1,26	3,58	-7,23	9,95	4,79	1,37	28,45	-4,19	4,97	-3,81	25,62	23,16
2	16,46	14,11	16,59	1,51	4,87	3,22	15,13	20,51	14,74	16,91	7,04	14,81	14,30	-2,05	2,15	14,63	9,73	27,84	4,61	6,95	-4,13	12,35	7,75	4,66	31,17	-1,13	8,04	0,07	28,37	25,96
3	20,06	18,05	19,78	4,69	7,91	6,35	17,97	23,26	17,51	19,92	10,09	17,60	17,04	1,76	4,70	16,79	12,26	31,07	7,96	10,32	-1,03	14,74	10,70	7,95	33,88	1,93	11,11	3,96	31,13	28,76
4	23,66	21,99	22,96	7,86	10,96	9,47	20,81	26,02	20,27	22,94	13,15	20,39	19,78	5,57	7,24	18,96	14,79	34,30	11,31	13,69	2,07	17,14	13,66	11,24	36,60	5,00	14,17	7,85	33,88	31,56
5	27,26	25,93	26,14	11,04	14,01	12,60	23,65	28,77	23,04	25,96	16,21	23,18	22,52	9,38	9,79	21,12	17,32	37,52	14,66	17,06	5,18	19,54	16,61	14,54	39,31	8,06	17,24	11,74	36,64	34,36
6	30,86	29,88	29,33	14,22	17,05	15,73	26,48	31,53	25,80	28,98	19,27	25,97	25,26	13,19	12,33	23,29	19,86	40,75	18,01	20,43	8,28	21,93	19,56	17,83	42,03	11,12	20,30	15,62	39,39	37,15
7	34,45	33,82	32,51	17,40	20,10	18,86	29,32	34,28	28,57	32,00	22,33	28,76	28,00	17,00	14,88	25,45	22,39	43,98	21,36	23,80	11,38	24,33	22,52	21,12	44,74	14,19	23,37	19,51	42,15	39,95
8	38,05	37,76	35,69	20,58	23,14	21,99	32,16	37,04	31,33	35,02	25,39	31,55	30,75	20,81	17,42	27,62	24,92	47,20	24,71	27,17	14,49	26,73	25,47	24,42	47,46	17,25	26,44	23,40	44,90	42,75
9	41,65	41,70	38,88	23,76	26,19	25,12	35,00	39,79	34,10	38,04	28,45	34,34	33,49	24,62	19,96	29,78	27,45	50,43	28,05	30,54	17,59	29,12	28,43	27,71	50,17	20,31	29,50	27,29	47,66	45,55
10	45,25	45,64	42,06	26,94	29,24	28,25	37,83	42,55	36,86	41,06	31,51	37,12	36,23	28,43	22,51	31,95	29,98	53,66	31,40	33,91	20,69	31,52	31,38	31,00	52,89	23,38	32,57	31,17	50,41	48,35
11	48,84	49,58	45,24	30,12	32,28	31,38	40,67	45,30	39,63	44,08	34,57	39,91	38,97	32,24	25,05	34,11	32,51	56,89	34,75	37,28	23,80	33,91	34,33	34,29	55,60	26,44	35,64	35,06	53,16	51,15
12	52,44	53,53	48,43	33,30	35,33	34,50	43,51	48,06	42,39	47,10	37,63	42,70	41,71	36,05	27,60	36,28	35,04	60,11	38,10	40,65	26,90	36,31	37,29	37,59	58,32	29,50	38,70	38,95	55,92	53,95
13	56,04	57,47	51,61	36,48	38,37	37,63	46,35	50,82	45,16	50,12	40,69	45,49	44,45	39,86	30,14	38,44	37,57	63,34	41,45	44,02	30,00	38,71	40,24	40,88	61,03	32,57	41,77	42,83	58,67	56,75
14	59,64	61,41	54,79	39,66	41,42	40,76	49,19	53,57	47,92	53,14	43,75	48,28	47,19	43,67	32,69	40,61	40,10	66,57	44,80	47,39	33,11	41,10	43,20	44,17	63,75	35,63	44,84	46,72	61,43	59,55
15	63,24	65,35	57,98	42,84	44,47	43,89	52,02	56,33	50,69	56,16	46,81	51,07	49,93	47,48	35,23	42,77	42,63	69,79	48,15	50,76	36,21	43,50	46,15	47,46	66,46	38,69	47,90	50,61	64,18	62,35
16	66,83	69,29	61,16	46,02	47,51	47,02	54,86	59,08	53,45	59,18	49,87	53,86	52,67	51,29	37,78	44,93	45,16	73,02	51,50	54,13	39,31	45,90	49,10	50,76	69,18	41,76	50,97	54,50	66,94	65,15
17	70,43	73,23	64,34	49,20	50,56	50,15	57,70	61,84	56,22	62,20	52,93	56,65	55,41	55,10	40,32	47,10	47,69	76,25	54,85	57,50	42,42	48,29	52,06	54,05	71,89	44,82	54,03	58,38	69,69	67,95
18	74,03	77,18	67,53	52,38	53,60	53,28	60,54	64,59	58,98	65,21	55,99	59,43	58,15	58,91	42,86	49,26	50,22	79,47	58,20	60,87	45,52	50,69	55,01	57,34	74,61	47,88	57,10	62,27	72,45	70,75
19	77,63		70,71	55,55	56,65	56,41	63,37	67,35	61,75	68,23	59,05	62,22	60,90	62,73	45,41	51,43	52,75	82,70	61,55	64,24	48,62	53,09	57,97	60,64	77,32	50,94	60,17	66,16	75,20	73,55
20	81,22		73,89	58,73	59,70	59,54	66,21	70,10	64,51	71,25	62,11	65,01	63,64	66,54	47,95	53,59	55,28	85,93	64,90	67,61	51,73	55,48	60,92	63,93	80,04	54,01	63,23	70,05	77,96	76,35
21	84,82		77,08	61,91	62,74	62,66	69,05	72,86	67,28	74,27	65,17	67,80	66,38	70,35	50,50	55,76	57,81	89,16	68,25	70,98	54,83	57,88	63,87	67,22	82,75	57,07	66,30	73,93	80,71	79,15
22	88,42		80,26	65,09	65,79	65,79	71,89	75,62	70,04	77,29	68,23	70,59	69,12	74,16	53,04	57,92	60,34	92,38	71,60	74,35	57,93	60,28	66,83	70,51	85,47	60,13	69,37	77,82	83,47	81,95
23	92,02		83,44	68,27	68,83	68,92	74,73	78,37	72,81	80,31	71,29	73,38	71,86	77,97	55,59	60,09	62,87	95,61	74,95	77,72	61,04	62,67	69,78	73,81	88,18	63,20	72,43	81,71	86,22	84,75
24	95,61		86,62	71,45	71,88	72,05	77,56	81,13	75,57	83,33	74,35	76,17	74,60	81,78	58,13	62,25	65,40	98,84	78,30	81,09	64,14	65,07	72,74	77,10	90,90	66,26	75,50	85,60	88,98	87,55
25														85,59	60,67	64,42	67,93	102,06			67,24	67,47	75,69		93,61	69,32		89,48	91,73	90,35
26														89,40	63,22	66,58	70,46	105,29			70,35	69,86	78,64		96,33	72,39		93,37	94,49	93,15
27														93,21	65,76	68,75	72,99	108,52			73,45	72,26	81,60		99,04	75,45		97,26	97,24	95,95
28														97,02	68,31	70,91	75,52	111,74			76,55	74,66	84,55		101,76	78,51		101,15	100,00	98,75
29														100,83	70,85	73,07	78,05	114,97			79,65	77,05	87,51		104,47	81,58		105,03	102,75	101,55
30														104,64	73,40	75,24	80,58	118,20			82,76	79,45	90,46		107,19	84,64		108,92	105,51	104,35
31														108,45	75,94	77,40	83,12	121,43			85,86	81,84	93,41		109,90	87,70		112,81	108,26	107,14
32														112,26	78,49	79,57	85,65	124,65			88,96	84,24	96,37		112,62	90,76		116,70	111,02	109,94
33														116,07	81,03	81,73	88,18	127,88			92,07	86,64	99,32		115,33	93,83		120,58	113,77	112,74
34														119,88	83,57	83,90	90,71	131,11			95,17	89,03	102,28		118,05	96,89		124,47	116,53	115,54
35														123,69	86,12	86,06	93,24	134,33			98,27	91,43	105,23		120,76	99,95		128,36	119,28	118,34
36														127,50	88,66	88,23	95,77	137,56			101,38	93,83	108,18		123,48	103,02		132,24	122,04	121,14

**Tabla 4.151. Resultados de la Resistencia a Compresión a Temprana Edad.**

**4.32.2. Estimación del Rango de Resistencia a compresión a las 10 Horas**

RANGO RESISTENCIA A COMPRESION A LAS 10 HORAS		
EDAD (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ (Kgf/cm <sup>2</sup> )
10	20,69	32,96
10	53,66	

**Tabla 4.152. Rango de Resistencia a Compresión a las 10 Horas.**

### 4.32.3. Gráfico de rango de resistencia a las 10 horas

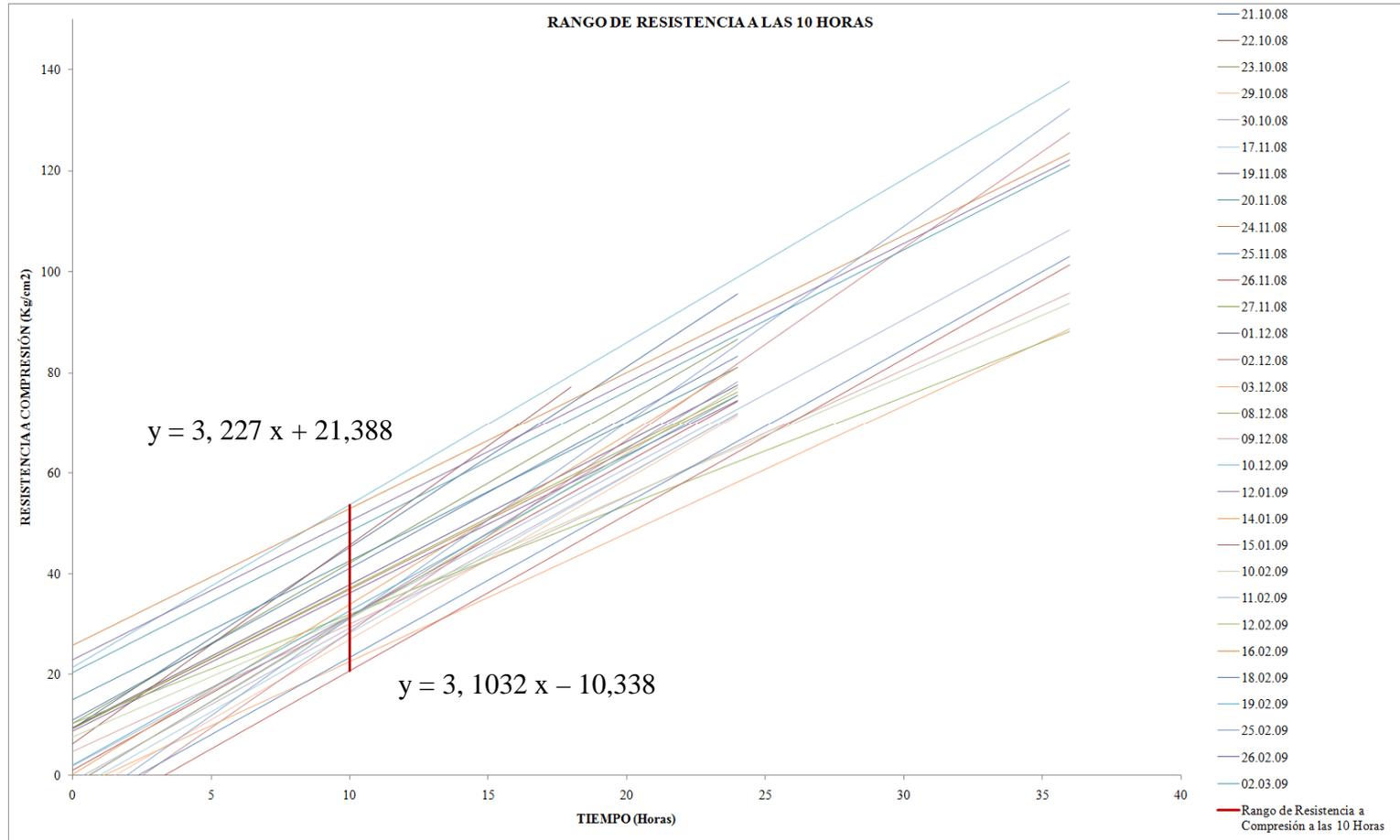


Gráfico 4.31. Rango de Resistencia a Compresión a las 10 horas.

**4.32.4. Análisis de resultados.**

En el Gráfico 4.32. Rango de Resistencia a Compresión a las 10 horas. Se muestran las rectas de cada uno de los ensayos de resistencia a compresión realizados, los cuales están representados en un tiempo de 0 horas a 36 horas. Las rectas fueron elaboradas con cada una de las ecuaciones descritas anteriormente en los resultados de cada uno de los ensayos, finalmente el rango de valores de resistencia a compresión a las 10 horas fue calculado tomando la recta de menor valor hasta llegar a la recta de mayor valor utilizando las ecuaciones correspondientes en cada una, las mismas se muestran a continuación:

$$\text{Recta menor: } y = 3,1032x - 10,338$$

$$\text{Recta mayor: } y = 3,227x + 21,388.$$

Dando un rango de valores de resistencia a las 10 horas que va de 20,69 Kgf/cm<sup>2</sup> a 53,66 Kgf/cm<sup>2</sup>.

Se observa que el rango de valores es bastante bajo con respecto al requerimiento de proyecto de construcción de los fosos, ya que para la realizar la excavación del paño inferior para la construcción del anillo, el concreto debe alcanzar una resistencia de 70 Kgf/cm<sup>2</sup>.

**4.33. Curva Promedio de Resistencia a Temprana Edad.**

**4.33.1. Resultados de los Ensayos de Resistencia a la penetración. Tiempo de Fraguado Promedio.**

TIEMPO (Horas)	RESISTENCIA LA PENETRACIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )																									PROMEDIO					
	21/10/08	22/10/08	23/10/08	29/10/08	30/10/08	17/11/08	19/11/08	20/11/08	24/11/08	25/11/08	26/11/08	27/11/08	01/12/08	02/12/08	03/12/08	08/12/08	09/12/08	10/12/09	12/01/09	14/01/09	15/01/09	10/02/09	11/02/09	12/02/09	16/02/09		18/02/09	19/02/09	25/02/09	26/02/09	02/03/09
0	-37,88	-34,86	-2,25	18,93	-28,15	22,79	39,47	18,69	14,97	7,06	6,42	13,81	12,19	-9,83	-2,41	-33,08	-18,72	-35,53	2,28	-12,53	-5,46	-14,37	-8,22	6,75	-2,77	0,11	-12,86	-14,34	-19,48	-11,19	-3,18
1	-35,83	-29,91	-1,06	17,41	-15,52	17,04	34,34	15,73	14,66	7,30	4,74	11,75	10,86	-8,83	-1,27	-26,16	-14,70	-32,17	3,65	-8,60	-1,87	-10,80	-5,20	5,63	4,80	1,97	-9,20	-12,53	-14,19	-8,92	-1,62
2	-33,81	-25,11	0,07	15,93	-4,71	12,11	29,54	13,09	14,38	7,60	3,36	10,09	9,82	-7,86	-0,20	-19,60	-10,94	-28,95	4,96	-5,00	1,55	-7,48	-2,42	4,68	12,07	3,60	-5,36	-10,79	-9,13	-6,74	-0,12
3	-31,83	-20,47	1,14	14,50	4,42	7,97	25,06	10,74	14,15	7,96	2,25	8,82	9,08	-6,92	0,80	-13,37	-7,44	-25,87	6,20	-1,71	4,84	-4,42	0,11	3,90	19,05	5,02	-1,34	-9,09	-4,27	-4,62	1,31
4	-29,88	-15,98	2,16	13,12	11,99	4,60	20,91	8,70	13,96	8,38	1,43	7,93	8,63	-6,00	1,73	-7,46	-4,19	-22,93	7,39	1,30	8,01	-1,60	2,42	3,30	25,74	6,25	2,87	-7,46	0,38	-2,58	2,69
5	-27,96	-11,64	3,12	11,77	18,14	1,99	17,07	6,94	13,80	8,86	0,88	7,42	8,48	-5,10	2,59	-1,86	-1,18	-20,12	8,52	4,05	11,09	1,00	4,52	2,86	32,14	7,32	7,26	-5,87	4,85	-0,61	4,03
6	-26,07	-7,45	4,03	10,48	23,00	0,10	13,55	5,48	13,69	9,40	0,60	7,28	8,61	-4,23	3,39	3,45	1,61	-17,45	9,60	6,56	14,10	3,38	6,42	2,60	38,27	8,26	11,85	-4,34	9,14	1,30	5,33
7	-24,21	-3,41	4,89	9,24	26,69	-1,06	10,34	4,30	13,61	10,00	0,59	7,50	9,03	-3,39	4,14	8,48	4,19	-14,90	10,64	8,87	17,07	5,57	8,14	2,51	44,13	9,09	16,63	-2,86	13,26	3,15	6,62
8	-22,38	0,49	5,70	8,04	29,35	-1,54	7,44	3,40	13,58	10,66	0,84	8,08	9,73	-2,56	4,82	13,25	6,57	-12,48	11,64	10,99	20,02	7,57	9,68	2,59	49,72	9,84	21,62	-1,43	17,21	4,94	7,89
9	-20,59	4,26	6,47	6,89	31,10	-1,34	4,84	2,78	13,59	11,37	1,34	9,01	10,70	-1,76	5,45	17,77	8,76	-10,17	12,61	12,95	22,98	9,40	11,07	2,84	55,06	10,52	26,82	-0,04	21,01	6,68	9,15
10	-18,82	7,88	7,19	5,80	32,08	-0,48	2,53	2,44	13,64	12,14	2,10	10,28	11,96	-0,98	6,03	22,04	10,77	-7,99	13,54	14,79	25,98	11,08	12,32	3,26	60,14	11,18	32,23	1,29	24,66	8,36	10,42
11	-17,08	11,36	7,88	4,76	32,42	1,01	0,52	2,36	13,73	12,96	3,10	11,89	13,48	-0,22	6,56	26,10	12,62	-5,91	14,44	16,51	29,03	12,60	13,44	3,86	64,98	11,83	37,86	2,58	28,18	9,99	11,70
12	-15,37	14,72	8,53	3,78	32,25	3,11	-1,20	2,55	13,86	13,84	4,34	13,83	15,28	0,51	7,04	29,94	14,33	-3,95	15,32	18,15	32,16	13,99	14,44	4,63	69,57	12,51	43,71	3,83	31,57	11,57	13,01
13	-13,68	17,94	9,14	2,85	31,69	5,81	-2,64	2,99	14,03	14,78	5,82	16,09	17,34	1,23	7,48	33,59	15,89	-2,09	16,18	19,74	35,40	15,27	15,34	5,57	73,94	13,23	49,79	5,03	34,84	13,11	14,34
14	-12,03	21,03	9,73	1,97	30,89	9,08	-3,79	3,69	14,25	15,77	7,53	18,67	19,67	1,93	7,87	37,06	17,32	-0,33	17,03	21,29	38,77	16,44	16,15	6,69	78,07	14,02	56,10	6,19	38,01	14,61	15,72
15	-10,40	24,00	10,28	1,16	29,96	12,91	-4,67	4,65	14,50	16,81	9,47	21,56	22,26	2,61	8,22	40,36	18,64	1,32	17,87	22,84	42,29	17,51	16,89	7,97	81,98	14,90	62,64	7,31	41,07	16,08	17,15
16	-8,79	26,84	10,80	0,40	29,03	17,28	-5,28	5,85	14,81	17,91	11,63	24,75	25,10	3,27	8,53	43,50	19,85	2,89	18,70	24,41	45,99	18,51	17,57	9,43	85,68	15,92	69,43	8,39	44,05	17,50	18,64
17	-7,21	29,56	11,30	-0,29	28,25	22,16	-5,62	7,30	15,15	19,06	14,01	28,24	28,20	3,91	8,81	46,50	20,97	4,36	19,52	26,02	49,90	19,44	18,20	11,06	89,16	17,08	76,47	9,42	46,94	18,90	20,19
18	-5,66	32,16	11,78	-0,93	27,74	27,53	-5,69	8,98	15,54	20,26	16,60	32,02	31,56	4,54	9,05	49,38	22,02	5,74	20,35	27,70	54,04	20,32	18,80	12,87	92,44	18,41	83,75	10,43	49,76	20,26	21,83
19	-4,12	34,65	12,23	-1,50	27,62	33,38	-5,51	10,90	15,97	21,51	19,40	36,09	35,16	5,15	9,26	52,14	22,99	7,04	21,19	29,47	58,43	21,15	19,38	14,84	95,52	19,95	91,30	11,39	52,52	21,61	23,55
20	-2,62	37,02	12,67	-2,00	28,03	39,69	-5,07	13,05	16,45	22,81	22,40	40,43	39,00	5,75	9,45	54,80	23,91	8,26	22,03	31,36	63,10	21,96	19,96	16,99	98,41	21,72	99,10	12,32	55,22	22,92	25,37
21	-1,13	39,28	13,09	-2,44	29,11	46,44	-4,38	15,43	16,97	24,16	25,60	45,04	43,09	6,32	9,61	57,38	24,79	9,40	22,89	33,40	68,07	22,76	20,55	19,32	101,11	23,73	107,17	13,22	57,87	24,22	27,29
22	0,34	41,43	13,50	-2,82	30,97	53,60	-3,44	18,02	17,53	25,57	28,99	49,92	47,42	6,89	9,74	59,89	25,63	10,47	23,77	35,61	73,37	23,55	21,16	21,81	103,64	26,03	115,51	14,08	60,49	25,50	29,33
23	1,78	43,47	13,90	-3,13	33,75	61,15	-2,25	20,84	18,14	27,02	32,57	55,05	51,99	7,44	9,85	62,33	26,45	11,47	24,67	38,01	79,02	24,36	21,80	24,48	105,98	28,63	124,13	14,91	63,08	26,77	31,49
24	3,20	45,41	14,29	-3,37	37,58	69,09	-0,83	23,87	18,80	28,51	36,34	60,44	56,79	7,98	9,95	64,74	27,27	12,40	25,60	40,63	85,04	25,20	22,50	27,32	108,16	31,56	133,02	15,71	65,65	28,03	33,79
25	4,60	47,24	14,68	-3,54	42,59	77,38	0,82	27,11	19,50	30,06	40,28	66,07	61,82	8,50	10,03	67,11	28,09	13,27	26,55	43,50	91,47	26,07	23,26	30,34	110,18	34,84	142,20	16,49	68,22	29,28	36,22
26	5,98	48,98	15,06	-3,63	48,91	86,01	2,71	30,56	20,24	31,65	44,40	71,94	67,08	9,01	10,09	69,47	28,93	14,08	27,55	46,64	98,33	27,00	24,09	33,52	112,04	38,51	151,67	17,23	70,78	30,52	38,81
27	7,35	50,61	15,44	-3,66	56,67	94,96	4,82	34,21	21,04	33,29	48,69	78,04	72,56	9,51	10,14	71,82	29,80	14,84	28,58	50,07	105,63	27,99	25,02	36,88	113,75	42,59	161,44	17,95	73,35	31,76	41,56
28	8,69	52,15	15,82	-3,61	66,01	104,20	7,15	38,05	21,88	34,98	53,14	84,36	78,27	10,00	10,18	74,18	30,70	15,54	29,66	53,82	113,41	29,06	26,06	40,42	115,32	47,09	171,50	18,64	75,93	33,01	44,48
29	10,02	53,60	16,20	-3,49	77,04	113,72	9,71	42,09	22,76	36,71	57,75	90,90	84,19	10,48	10,22	76,57	31,66	16,20	30,79	57,92	121,69	30,22	27,21	44,12	116,75	52,06	181,87	19,31	78,55	34,25	47,58
30	11,33	54,96	16,59	-3,29	89,90	123,50	12,47	46,32	23,70	38,49	62,52	97,66	90,33	10,95	10,25	79,00	32,69	16,81	31,96	62,40	130,50	31,49	28,50	48,00	118,04	57,51	192,55	19,95	81,19	35,51	50,87
31	12,62	56,23	16,99	-3,01	104,73	133,52	15,45	50,73	24,68	40,30	67,43	104,62	96,68	11,41	10,27	81,48	33,79	17,38	33,20	67,27	139,85	32,88	29,94	52,06	119,21	63,47	203,54	20,57	83,89	36,77	54,35
32	13,90	57,42	17,40	-2,66	121,65	143,76	18,63	55,32	25,71	42,17	72,50	111,77	103,24	11,87	10,30	84,03	34,98	17,91	34,49	72,56	149,77	34,39	31,53	56,28	120,26	69,97	214,85	21,18	86,63	38,05	58,04
33	15,16	58,52	17,82	-2,22	140,78	154,20	22,01	60,09	26,78	44,07	77,70	119,12	110,01	12,31	10,33	86,65	36,26	18,41	35,85	78,29	160,30	36,06	33,30	60,69	121,19	77,03	226,49	21,76	89,44	39,35	61,95
34	16,41	59,54	18,26	-1,71	162,27	164,81	25,59	65,03	27,91	46,02	83,04	126,65	116,99	12,75	10,37	89,38	37,67	18,87	37,28	84,50	171,44	37,88	35,26	65,26	122,02	84,68	238,45	22,32	92,32	40,66	66,08
35	17,64	60,48	18,72	-1,11	186,25	175,59	29,36	70,14	29,08	48,01	88,51	134,36	124,16	13,17	10,41	92,20	39,19	19,32	38,78	91,21	183,24	39,87	37,42	70,01	122,74	92,94	250,74	22,87	95,28	42,00	70,45
36	18,86	61,35	19,19	-0,43	212,83	186,50	33,31	75,41	30,30	50,04	94,10	142,25	131,53	13,60	10,47	95,15	40,85	19,74	40,36	98,44	195,70	42,04	39,80	74,93	123,37	101,85	263,38	23,40	98,32	43,36	75,06
37	20,07	62,14	19,69	0,33	242,16	197,53	37,46	80,84	31,57	52,11																					

TIEMPO	RESISTENCIA LA PENETRACIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )																														
(Horas)	21/10/08	22/10/08	23/10/08	29/10/08	30/10/08	17/11/08	19/11/08	20/11/08	24/11/08	25/11/08	26/11/08	27/11/08	01/12/08	02/12/08	03/12/08	08/12/08	09/12/08	10/12/09	12/01/09	14/01/09	15/01/09	10/02/09	11/02/09	12/02/09	16/02/09	18/02/09	19/02/09	25/02/09	26/02/09	02/03/09	PROMEDIO
51	35,92	66,86	30,42	20,57		353,48	112,45	171,26	54,71	85,01	189,93	276,62	263,80	19,61	14,07	163,35	90,31	25,70	76,19	286,74	480,03	105,79	110,76	169,64	125,28	329,67		30,25	160,87	68,84	146,33
52	37,01	66,84	31,55	22,75		363,93	118,85	178,58	56,75	87,61	196,89	286,36	273,93	20,02	14,60	170,11	95,79	26,24	79,58	305,76		112,71	118,47	177,35	125,18	352,32		30,68	166,57	71,01	138,30
53	38,09	66,78	32,74	25,03		374,18	125,37	185,99	58,85	90,25	203,90	296,15	284,20	20,43	15,19	177,24	101,60	26,82	83,12	325,73		120,04	126,63	185,23	125,09	376,04		31,13	172,51	73,26	144,36
54	39,16	66,69	33,99	27,41		384,22	132,00	193,49	61,01	92,91	210,94	306,00	294,62	20,84	15,83	184,73	107,77	27,44	86,81	346,67		127,79	135,25	193,29	125,01	400,87		31,57	178,71	75,59	150,62
55	40,24	66,57	35,31	29,90		394,02	138,74	201,07	63,21	95,61	218,03	315,89	305,18	21,26	16,53	192,61	114,30	28,11	90,66	368,62		135,98	144,36	201,52	124,94	426,82		32,03	185,16	78,00	157,06
56	41,31	66,42	36,70	32,50		403,56	145,59	208,73	65,48	98,33	225,14	325,83	315,88	21,69	17,28	200,89	121,21	28,82	94,67	391,60		144,62	153,95	209,93	124,90	453,94		32,49	191,88	80,49	163,71
57	42,38	66,24	38,16	35,20		412,83	152,53	216,47	67,80	101,09	232,28	335,79	326,71	22,12	18,09	209,57	128,51	29,59	98,84	415,62		153,72	164,05	218,51	124,89	482,23		32,96	198,88	83,08	170,55
58	43,46	66,04	39,69	38,01		421,80	159,57	224,28	70,17	103,87	239,43	345,78	337,68	22,56	18,97	218,68	136,21	30,41	103,19	440,72		163,29	174,67	227,27	124,91	511,73		33,44	206,17	85,75	177,60
59	44,53	65,83	41,30	40,94		430,46	166,71	232,15	72,60	106,67	246,61	355,80	348,77	23,00	19,91	228,24	144,32	31,30	107,71	466,93		173,35	185,83	236,21	124,98			33,94	213,75	88,52	169,31
60	45,60	65,59	42,99	43,98		438,78	173,93	240,09	75,09	109,51	253,79	365,82	359,99	23,46	20,92	238,24	152,86	32,24	112,40			183,91	197,53	245,31	125,09			34,44	221,64	91,39	161,23
61	46,68	65,33	44,75	47,13		446,74	181,23	248,09	77,63	112,37	260,98	375,86	371,33	23,92	22,00	248,71	161,83	33,26	117,28			194,99	209,79	254,60	125,26			34,96	229,84	94,35	166,81
62	47,75	65,07	46,60	50,39		454,33	188,62	256,14	80,23	115,25	268,18	385,89	382,79	24,39	23,15	259,66	171,25	34,34	122,35			206,59	222,63	264,06	125,48			35,50	238,37	97,42	172,51
63	48,83	64,79	48,54	53,77		461,53	196,07	264,24	82,88	118,16	275,37	395,92	394,37	24,88	24,37	271,10	181,13	35,50	127,60			218,73	236,05	273,69	125,78			36,05	247,23	100,60	178,33
64	49,91	64,50	50,56	57,27		468,30	203,60	272,39	85,60	121,10	282,55	405,93	406,06	25,37	25,67	283,05	191,48	36,74	133,06			231,43	250,08	283,50	126,14			36,62	256,43	103,88	184,29
65	51,00	64,21	52,67	60,88		474,65	211,20	280,58	88,37	124,06	289,72	415,93	417,86	25,87	27,05	295,53	202,32	38,05	138,71			244,70	264,72	293,49	126,58			37,21	265,98	107,28	190,37
66	52,09	63,91	54,88	64,62		480,54	218,86	288,81	91,20	127,04	296,87	425,89	429,77	26,39	28,52	308,53	213,66	39,46	144,56			258,54	280,00	303,65	127,11			37,82	275,89	110,79	196,58
67	53,18	63,61	57,18	68,47		485,95	226,57	297,07	94,08	130,04	303,99	435,83	441,79	26,92	30,06	322,09	225,50	40,95	150,62			272,98	295,92	313,98	127,72			38,44	286,17	114,42	202,93
68	54,28	63,31	59,57	72,45		490,87	234,34	305,35	97,03	133,07	311,09	445,73	453,91	27,46	31,70	336,21	237,86	42,53	156,90			288,03	312,49	324,49	128,43			39,10	296,82	118,17	209,41
69	55,39	63,02	62,07	76,55		495,28	242,16	313,67	100,03	136,11	318,16			28,02	33,42	350,91	250,76	44,21	163,39			303,70	329,74	335,18	129,24			39,77	307,86	122,05	191,55
70	56,51	62,73	64,67	80,77		499,15	250,03	322,00	103,10	139,18	325,19			28,59	35,23	366,20	264,20	45,99	170,10			320,00	347,67	346,04	130,16			40,47	319,30	126,05	197,87
71	57,63	62,45	67,37	85,12			257,93	330,36	106,22	142,27	332,18			29,17	37,14	382,09	278,19	47,87	177,03			336,94	366,30	357,08	131,19			41,20	331,14	130,19	188,42
72	58,76	62,18	70,18	89,60			265,88	338,72	109,40	145,38	339,12			29,77	39,15	398,60	292,76	49,86	184,19			354,55	385,65	368,30	132,35			41,95	343,39	134,45	195,22
73	59,89	61,92	73,10	94,20			273,86	347,09	112,64	148,50	346,02			30,38	41,25	415,74	307,90	51,96	191,59			372,83	405,72	379,69	133,62			42,73	356,07	138,86	202,22
74	61,04	61,68	76,13	98,93			281,86	355,47	115,95	151,64	352,85			31,02	43,45	433,53	323,64	54,17	199,22			391,79	426,53	391,25	135,03			43,54	369,17	143,40	209,42
75	62,20	61,45	79,27	103,79			289,89	363,84	119,31	154,81	359,62			31,67	45,76	451,98	339,98	56,50	207,09			411,46	448,09	403,00	136,58			44,39	382,72	148,08	216,83
76	63,36	61,25	82,53	108,78			297,94	372,22	122,73	157,98	366,33			32,33	48,17		356,94	58,95	215,21			431,83	470,42	414,92	138,27			45,26		152,91	202,39
77	64,54	61,06	85,91	113,91			306,01	380,58	126,22	161,18	372,97			33,02	50,69		374,52	61,53	223,58			452,93	493,54	427,01	140,11			46,17		157,89	209,24
78	65,73	60,90	89,41	119,16			314,09	388,93	129,77	164,39	379,53			33,72	53,33		392,75	64,23	232,21			474,77	517,45	439,28	142,11			47,11		163,02	216,26
79	66,93	60,77	93,04	124,56			322,18	397,26	133,38	167,62	386,01			34,45	56,07		411,63	67,07	241,09			497,37	542,17	451,73	144,27			48,09		168,30	223,46
80	68,15	60,67	96,79	130,09			330,27	405,58	137,05	170,86	392,41			35,19	58,93		431,17	70,04	250,23			520,72	567,71	464,35	146,59			49,10		173,74	230,84
81	69,38	60,60	100,66	135,75			338,36	413,86	140,78	174,11	398,72			35,96	61,91			73,15	259,64					477,15	149,09			50,15		179,34	183,70
82	70,62	60,57	104,67	141,56			346,44	422,12	144,58	177,38	404,93			36,75	65,01			76,40	269,32					490,13	151,77			51,25		185,10	188,34
83	71,88	60,57	108,82	147,50			354,52	430,34	148,43	180,66	411,04			37,55	68,23			79,80	279,27						154,63			52,38		191,03	172,37
84	73,15	60,61	113,09	153,59			362,58	438,53	152,36	183,95	417,05			38,39	71,57			83,34	289,51						157,69			53,55		197,13	176,60
85	74,44	60,69	117,51	159,81			370,63	446,67	156,34	187,26	422,95			39,24	75,05			87,05	300,02						160,94			54,77		203,40	180,89
86	75,74	60,82	122,07	166,18			378,65	454,77	160,39	190,57	428,74			40,12	78,65			90,91	310,83						164,40			56,03		209,85	185,26
87	77,06	60,99	126,77	172,70			386,65	462,81	164,51	193,90	434,41			41,02	82,39			94,92	321,92						168,06			57,33		216,47	189,70
88	78,40	61,21	131,61	179,36			394,62	470,80	168,68	197,23	439,95			41,95	86,26			99,11	333,31						171,95			58,68		223,28	194,21
89	79,76	61,49	136,60	186,17			402,55	478,74	172,93	200,58	445,37			42,90	90,26			103,46	345,01						176,05			60,08		230,27	198,80
90	81,13	61,81	141,74	193,12			410,45	486,61	177,24	203,93	450,65			43,88	94,41			107,98	357,00						180,38			61,53		237,45	203,46
91	82,53	62,20	147,04	200,23			418,30	494,41	181,61	207,29	455,80			44,89	98,70			112,68	369,31						184,95			63,03		244,81	208,20
92	83,94	62,64	152,49	207,																											

TIEMPO (Horas)	RESISTENCIA LA PENETRACIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )																													
	21/10/08	22/10/08	23/10/08	29/10/08	30/10/08	17/11/08	19/11/08	20/11/08	24/11/08	25/11/08	26/11/08	27/11/08	01/12/08	02/12/08	03/12/08	08/12/08	09/12/08	10/12/09	12/01/09	14/01/09	15/01/09	10/02/09	11/02/09	12/02/09	16/02/09	18/02/09	19/02/09	25/02/09	26/02/09	02/03/09
101	97,68	69,63	208,89	279,74			493,56		229,01	241,21				56,56	149,90			170,07	510,23						244,76			81,03	329,61	217,87
102	99,33	70,79	216,02	288,56			500,67		234,12	244,62				57,90	155,91			176,93	526,21						252,29			83,15	339,26	223,58
103	101,00	72,03	223,33	297,55			507,68		239,31	248,03				59,27	162,09			184,01	542,54						260,13			85,35	349,15	229,41
104	102,70	73,36	230,83	306,71			514,60		244,56	251,44				60,68	168,44			191,31	559,24						268,28			87,60	359,26	235,36
105	104,43	74,78	238,51	316,02			521,41		249,88	254,85				62,13	174,96			198,84	576,30						276,74			89,93	369,60	241,44
106	106,19	76,29	246,38	325,51			528,12		255,27	258,26				63,61	181,66			206,59							285,53			92,32	380,18	218,81
107	107,98	77,89	254,44	335,17			534,72		260,73	261,67				65,12	188,55			214,58							294,65			94,78	391,00	224,19
108	109,80	79,59	262,69	344,99			541,21		266,26	265,08				66,68	195,61			222,80							304,10			97,31	402,06	229,68
109	111,64	81,40	271,14	354,98					271,86	268,48				68,27	202,86			231,27							313,90			99,92	413,37	206,88
110	113,52	83,30	279,78	365,15					277,54	271,88				69,90	210,30			239,97							324,04			102,59	424,92	212,54
111	115,43	85,30	288,63	375,49					283,28	275,27				71,57	217,93			248,93							334,54			105,34	436,72	218,34
112	117,37	87,42	297,68	386,01					289,10	278,66				73,27	225,75			258,13							345,39			108,17	448,77	224,27
113	119,35	89,64	306,93	396,70					294,99	282,05				75,02	233,77			267,59							356,62			111,07	459,23	230,34
114	121,35	91,97	316,40	407,56					300,95	285,43				76,81	241,98			277,31							368,21			114,05	470,19	236,55
115	123,39	94,42	326,07	418,61					306,98	288,80				78,64	250,39			287,28							380,18			117,11	481,15	242,90
116	125,47	96,98	335,95	429,83					313,09	292,17				80,51	259,00			297,53							392,54			120,25	492,11	249,39
117	127,58	99,66	346,05	441,24					319,27	295,53				82,42	267,82			308,04							405,28			123,46	503,07	256,03
118	129,72	102,46	356,37	452,82					325,52	298,88				84,38	276,84			318,82							418,42			126,77	514,03	262,82
119	131,91	105,39	366,90	464,59					331,85	302,22				86,38	286,07			329,88							431,96			130,15	524,99	269,76
120	134,13	108,44	377,66	476,55					338,25	305,55				88,43	295,52			341,22										133,62	535,95	259,94
121	136,38	111,62	388,64						344,72	308,87				90,51	305,18			352,84										137,18	546,91	241,77
122	138,68	114,93	399,85						351,27	312,19				92,65	315,05			364,75										140,82	557,87	247,80
123	141,01	118,37	411,29						357,90	315,49				94,83	325,14			376,95										144,55	568,83	253,95
124	143,38	121,95	422,96						364,60	318,77				97,06	335,46			389,44										148,37	579,79	260,22
125	145,79	125,66	434,87						371,37	322,05				99,33	346,00			402,23										152,29	590,75	266,62
126	148,24	129,52	447,01						378,22	325,31				101,65	356,76			415,32										156,29	601,71	273,15
127	150,74	133,51	459,39						385,15	328,56				104,02	367,75			428,72										160,39	612,67	279,80
128	153,27	137,65	472,01						392,16	331,80				106,44	378,97			442,42										164,58	623,63	286,59
129	155,85	141,94	484,87						399,24	335,02				108,91	390,43			456,44										168,87	634,59	293,51
130	158,47	146,38	497,98						406,40	338,23				111,43	402,12			470,77										173,25	645,55	300,56
131	161,13	150,97	511,34						413,63	341,41				114,00	414,04			485,42										177,73	656,51	307,74
132	163,84	155,72	524,95						420,95	344,59				116,63	426,21			500,39										182,32	667,47	315,06
133	166,59	160,62	538,81						428,34	347,74				119,30	438,62			515,69										187,00	678,43	322,52
134	169,39	165,68	552,93						435,81	350,88				122,03				531,31										191,78	689,39	314,98
135	172,23	170,90	567,31						443,35	354,00				124,80				547,28										196,67	700,35	322,07
136	175,12	176,29	581,94						450,98	357,10				127,64				563,58										201,66	711,31	329,29
137	178,06	181,84	596,84						458,69	360,18				130,53				580,21										206,75	722,27	336,64
138	181,04	187,56	612,01						466,47	363,24				133,47				597,20										211,95	733,23	344,12
139	184,07	193,46							474,34	366,28				136,47				614,53										217,26	744,19	312,34
140	187,15	199,52							482,29	369,30				139,52				632,21										222,68	755,15	318,95
141	190,28	205,77							490,31	372,30				142,63														228,21	766,11	271,58
142	193,46	212,19							498,42	375,27				145,80														233,85	777,07	276,50
143	196,69	218,79							506,61	378,22				149,03														239,60	788,03	281,49
144	199,98	225,57							514,88	381,15				152,31														245,47	798,99	286,56
145	203,31								523,23	384,05				155,66														251,45	809,95	303,54
146	206,70								531,66	386,93				159,06														257,54	820,91	308,38
147	210,14								540,17	389,78				162,53														263,76	831,87	313,27
148	213,63								548,77	392,60				166,05														270,09	842,83	318,23
149	217,18								557,45	395,40				169,64														276,54	853,79	323,24
150	220,78								566,22	398,17				173,29														283,11	864,75	328,31

TIEMPO (Horas)	RESISTENCIA LA PENETRACIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )																																	
	21/10/08	22/10/08	23/10/08	29/10/08	30/10/08	17/11/08	19/11/08	20/11/08	24/11/08	25/11/08	26/11/08	27/11/08	01/12/08	02/12/08	03/12/08	08/12/08	09/12/08	10/12/09	12/01/09	14/01/09	15/01/09	10/02/09	11/02/09	12/02/09	16/02/09	18/02/09	19/02/09	25/02/09	26/02/09	02/03/09	PROMEDIO			
151	224,43									400,91				177,00																	289,80			273,03
152	228,14									403,63				180,77																	296,62			277,29
153	231,91									406,31				184,61																	303,56			281,60
154	235,74									408,97				188,52																	310,63			285,96
155	239,62									411,59				192,49																	317,82			290,36
156	243,57									414,19				196,52																	325,14			294,85
157	247,57									416,75				200,62																	332,60			299,38
158	251,63									419,28				204,79																	340,18			303,97
159	255,75									421,78				209,03																	347,89			308,61
160	259,94									424,24				213,33																	355,74			313,31
161	264,18									426,67				217,71																	363,72			318,07
162	268,49									429,07				222,15																	371,83			322,88
163	272,86									431,43				226,66																	380,08			327,76
164	277,29									433,75				231,24																	388,47			332,69
165	281,78									436,04				235,90																	397,00			337,68
166	286,34									438,29				240,62																	405,67			342,73
167	290,97									440,51				245,42																	414,48			347,84
168	295,66									442,68				250,30																	423,43			353,02
169	300,42									444,82				255,24																	432,53			358,25
170	305,24									446,92				260,26																	441,77			363,55
171	310,13									448,97				265,35																	451,18			368,90
172	315,09									450,99				270,52																	460,61			374,32
173	320,12									452,97				275,77																	470,3			379,81
174	325,22									454,90				281,09																	480,20			385,35
175	330,38									456,79				286,49																	490,18			390,96
176	335,62									458,64				291,97																	500,32			396,40
177	340,93									460,44				297,52																	510,60			402,37
178	346,31									462,20				303,16																	521,05			408,18
179	351,76									463,92				308,87																	531,64			414,05
180	357,28									465,59				314,67																	542,40			419,98
181	362,88									467,21				320,54																	553,31			425,99
182	368,55									468,79				326,50																	564,38			432,06
183	374,30									470,32				332,54																	575,61			438,19
184	380,12									471,81				338,66																	587,01			444,40
185	386,02									473,24				344,86																	598,56			450,67
186	392,00									474,63				351,15																	610,28			457,01
187	398,05									475,96				357,53																	622,17			463,43
188	404,18									477,25				363,98																	634,22			469,91
189	410,38									478,48				370,53																	646,44			476,46
190	416,67									479,66				377,16																	658,83			483,08
191	423,03									480,80																					671,39			525,07
192	429,48									481,87																					684,11			531,82
193	436,00									482,90																					697,02			538,64
194	442,61									483,87																					710,09			545,52
195	449,30									484,79																					723,34			552,48
196	456,07									485,65																					736,77			559,50
197	462,93									486,46																					750,37			566,59
198	469,86									487,21																					764,15			573,74
199	476,89									487,90																					778,11			580,97
200										488,54																					792,26			640,40

TIEMPO	RESISTENCIA LA PENETRACIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )																																
	(Horas)	21/10/08	22/10/08	23/10/08	29/10/08	30/10/08	17/11/08	19/11/08	20/11/08	24/11/08	25/11/08	26/11/08	27/11/08	01/12/08	02/12/08	03/12/08	08/12/08	09/12/08	10/12/09	12/01/09	14/01/09	15/01/09	10/02/09	11/02/09	12/02/09	16/02/09	18/02/09	19/02/09	25/02/09	26/02/09	02/03/09	PROMEDIO	
201										489,121																							489,12
202										489,64																							489,64
203										490,10																							490,10
204										490,50																							490,50
205										490,84																							490,84
206										491,12																							491,12
207										491,34																							491,34
208										491,49																							491,49
209										491,59																							491,59
210										491,62																							491,62
211										491,58																							491,58
212										491,48																							491,48
213										491,32																							491,32
214										491,09																							491,09
215										490,79																							490,79

Tabla 4.153.Promedio del Tiempo de Fraguado.

4.33.1.1. Estimación del Tiempo de Fraguado.

TIEMPO DE FRAGUADO			
TIEMPO INICIAL		TIEMPO FINAL	
TIEMPO (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )	TIEMPO (HORAS)	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
17,22	35	127,98	280

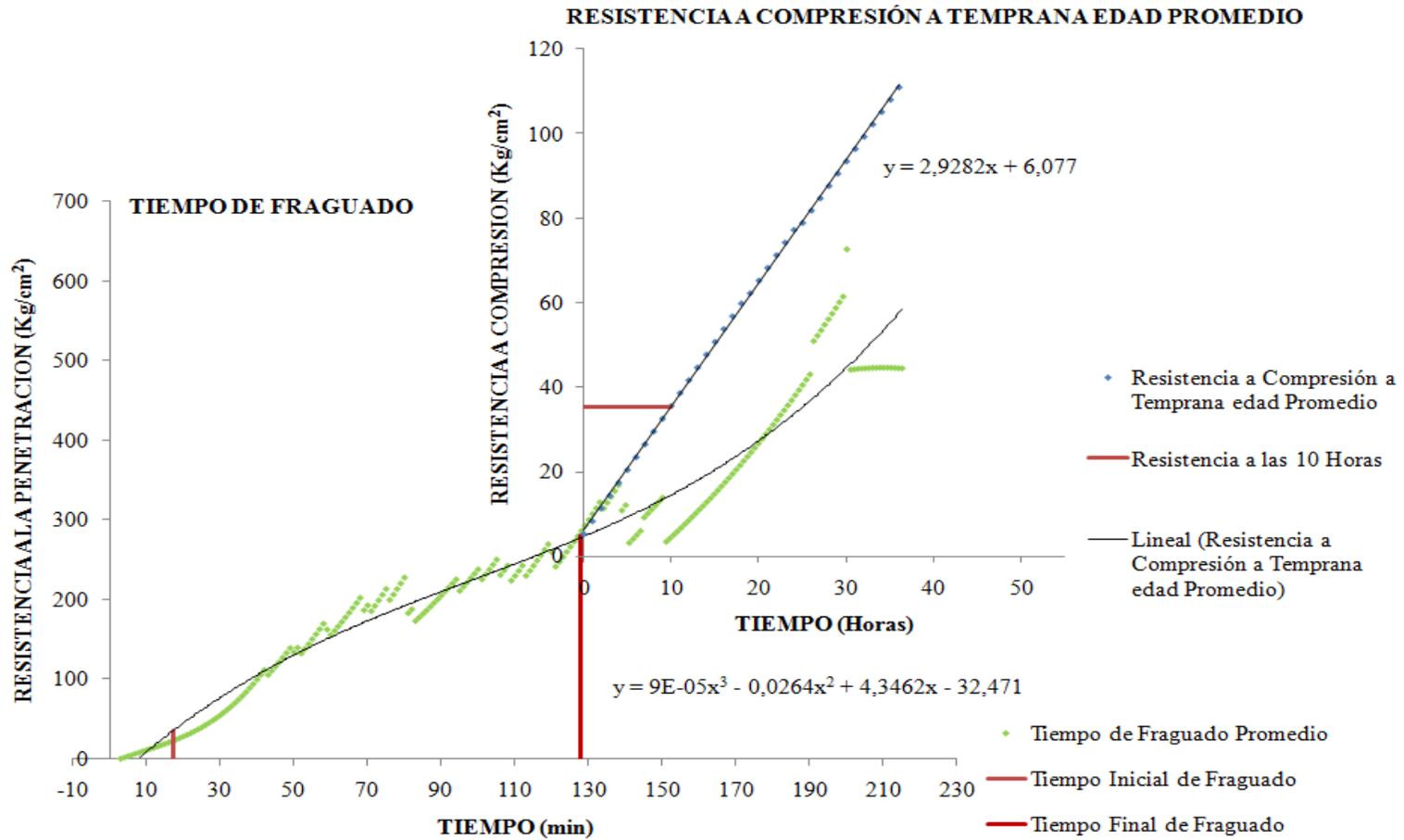
Tabla 4.154.Estimación del Tiempo Inicial y Final de Fraguado Promedio.

**4.33.2. Resultados de los Ensayos de Resistencia a Compresión. Promedio.**

TIEMPO (Horas)	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )																													
	21/10/08	22/10/08	23/10/08	29/10/08	30/10/08	17/11/08	19/11/08	20/11/08	24/11/08	25/11/08	26/11/08	27/11/08	01/12/08	02/12/08	03/12/08	08/12/08	09/12/08	10/12/09	12/01/09	14/01/09	15/01/09	10/02/09	11/02/09	12/02/09	16/02/09	18/02/09	19/02/09	25/02/09	26/02/09	02/03/09
0	9,27	6,23	10,23	-4,85	-1,22	-3,04	9,46	14,99	9,21	10,87	0,92	9,24	8,82	-9,67	-2,94	10,30	4,67	21,39	-2,09	0,21	-10,34	7,55	1,84	-1,93	25,74	-7,25	1,91	-7,70	22,86	20,36
1	12,87	10,17	13,41	-1,67	1,82	0,09	12,29	17,75	11,98	13,89	3,98	12,02	11,56	-5,86	-0,39	12,47	7,20	24,62	1,26	3,58	-7,23	9,95	4,79	1,37	28,45	-4,19	4,97	-3,81	25,62	23,16
2	16,46	14,11	16,59	1,51	4,87	3,22	15,13	20,51	14,74	16,91	7,04	14,81	14,30	-2,05	2,15	14,63	9,73	27,84	4,61	6,95	-4,13	12,35	7,75	4,66	31,17	-1,13	8,04	0,07	28,37	25,96
3	20,06	18,05	19,78	4,69	7,91	6,35	17,97	23,26	17,51	19,92	10,09	17,60	17,04	1,76	4,70	16,79	12,26	31,07	7,96	10,32	-1,03	14,74	10,70	7,95	33,88	1,93	11,11	3,96	31,13	28,76
4	23,66	21,99	22,96	7,86	10,96	9,47	20,81	26,02	20,27	22,94	13,15	20,39	19,78	5,57	7,24	18,96	14,79	34,30	11,31	13,69	2,07	17,14	13,66	11,24	36,60	5,00	14,17	7,85	33,88	31,56
5	27,26	25,93	26,14	11,04	14,01	12,60	23,65	28,77	23,04	25,96	16,21	23,18	22,52	9,38	9,79	21,12	17,32	37,52	14,66	17,06	5,18	19,54	16,61	14,54	39,31	8,06	17,24	11,74	36,64	34,36
6	30,86	29,88	29,33	14,22	17,05	15,73	26,48	31,53	25,80	28,98	19,27	25,97	25,26	13,19	12,33	23,29	19,86	40,75	18,01	20,43	8,28	21,93	19,56	17,83	42,03	11,12	20,30	15,62	39,39	37,15
7	34,45	33,82	32,51	17,40	20,10	18,86	29,32	34,28	28,57	32,00	22,33	28,76	28,00	17,00	14,88	25,45	22,39	43,98	21,36	23,80	11,38	24,33	22,52	21,12	44,74	14,19	23,37	19,51	42,15	39,95
8	38,05	37,76	35,69	20,58	23,14	21,99	32,16	37,04	31,33	35,02	25,39	31,55	30,75	20,81	17,42	27,62	24,92	47,20	24,71	27,17	14,49	26,73	25,47	24,42	47,46	17,25	26,44	23,40	44,90	42,75
9	41,65	41,70	38,88	23,76	26,19	25,12	35,00	39,79	34,10	38,04	28,45	34,34	33,49	24,62	19,96	29,78	27,45	50,43	28,05	30,54	17,59	29,12	28,43	27,71	50,17	20,31	29,50	27,29	47,66	45,55
10	45,25	45,64	42,06	26,94	29,24	28,25	37,83	42,55	36,86	41,06	31,51	37,12	36,23	28,43	22,51	31,95	29,98	53,66	31,40	33,91	20,69	31,52	31,38	31,00	52,89	23,38	32,57	31,17	50,41	48,35
11	48,84	49,58	45,24	30,12	32,28	31,38	40,67	45,30	39,63	44,08	34,57	39,91	38,97	32,24	25,05	34,11	32,51	56,89	34,75	37,28	23,80	33,91	34,33	34,29	55,60	26,44	35,64	35,06	53,16	51,15
12	52,44	53,53	48,43	33,30	35,33	34,50	43,51	48,06	42,39	47,10	37,63	42,70	41,71	36,05	27,60	36,28	35,04	60,11	38,10	40,65	26,90	36,31	37,29	37,59	58,32	29,50	38,70	38,95	55,92	53,95
13	56,04	57,47	51,61	36,48	38,37	37,63	46,35	50,82	45,16	50,12	40,69	45,49	44,45	39,86	30,14	38,44	37,57	63,34	41,45	44,02	30,00	38,71	40,24	40,88	61,03	32,57	41,77	42,83	58,67	56,75
14	59,64	61,41	54,79	39,66	41,42	40,76	49,19	53,57	47,92	53,14	43,75	48,28	47,19	43,67	32,69	40,61	40,10	66,57	44,80	47,39	33,11	41,10	43,20	44,17	63,75	35,63	44,84	46,72	61,43	59,55
15	63,24	65,35	57,98	42,84	44,47	43,89	52,02	56,33	50,69	56,16	46,81	51,07	49,93	47,48	35,23	42,77	42,63	69,79	48,15	50,76	36,21	43,50	46,15	47,46	66,46	38,69	47,90	50,61	64,18	62,35
16	66,83	69,29	61,16	46,02	47,51	47,02	54,86	59,08	53,45	59,18	49,87	53,86	52,67	51,29	37,78	44,93	45,16	73,02	51,50	54,13	39,31	45,90	49,10	50,76	69,18	41,76	50,97	54,50	66,94	65,15
17	70,43	73,23	64,34	49,20	50,56	50,15	57,70	61,84	56,22	62,20	52,93	56,65	55,41	55,10	40,32	47,10	47,69	76,25	54,85	57,50	42,42	48,29	52,06	54,05	71,89	44,82	54,03	58,38	69,69	67,95
18	74,03	77,18	67,53	52,38	53,60	53,28	60,54	64,59	58,98	65,21	55,99	59,43	58,15	58,91	42,86	49,26	50,22	79,47	58,20	60,87	45,52	50,69	55,01	57,34	74,61	47,88	57,10	62,27	72,45	70,75
19	77,63		70,71	55,55	56,65	56,41	63,37	67,35	61,75	68,23	59,05	62,22	60,90	62,73	45,41	51,43	52,75	82,70	61,55	64,24	48,62	53,09	57,97	60,64	77,32	50,94	60,17	66,16	75,20	73,55
20	81,22		73,89	58,73	59,70	59,54	66,21	70,10	64,51	71,25	62,11	65,01	63,64	66,54	47,95	53,59	55,28	85,93	64,90	67,61	51,73	55,48	60,92	63,93	80,04	54,01	63,23	70,05	77,96	76,35
21	84,82		77,08	61,91	62,74	62,66	69,05	72,86	67,28	74,27	65,17	67,80	66,38	70,35	50,50	55,76	57,81	89,16	68,25	70,98	54,83	57,88	63,87	67,22	82,75	57,07	66,30	73,93	80,71	79,15
22	88,42		80,26	65,09	65,79	65,79	71,89	75,62	70,04	77,29	68,23	70,59	69,12	74,16	53,04	57,92	60,34	92,38	71,60	74,35	57,93	60,28	66,83	70,51	85,47	60,13	69,37	77,82	83,47	81,95
23	92,02		83,44	68,27	68,83	68,92	74,73	78,37	72,81	80,31	71,29	73,38	71,86	77,97	55,59	60,09	62,87	95,61	74,95	77,72	61,04	62,67	69,78	73,81	88,18	63,20	72,43	81,71	86,22	84,75
24	95,61		86,62	71,45	71,88	72,05	77,56	81,13	75,57	83,33	74,35	76,17	74,60	81,78	58,13	62,25	65,40	98,84	78,30	81,09	64,14	65,07	72,74	77,10	90,90	66,26	75,50	85,60	88,98	87,55
25														85,59	60,67	64,42	67,93	102,06			67,24	67,47	75,69		93,61	69,32		89,48	91,73	90,35
26														89,40	63,22	66,58	70,46	105,29			70,35	69,86	78,64		96,33	72,39		93,37	94,49	93,15
27														93,21	65,76	68,75	72,99	108,52			73,45	72,26	81,60		99,04	75,45		97,26	97,24	95,95
28														97,02	68,31	70,91	75,52	111,74			76,55	74,66	84,55		101,76	78,51		101,15	100,00	98,75
29														100,83	70,85	73,07	78,05	114,97			79,65	77,05	87,51		104,47	81,58		105,03	102,75	101,55
30														104,64	73,40	75,24	80,58	118,20			82,76	79,45	90,46		107,19	84,64		108,92	105,51	104,35
31														108,45	75,94	77,40	83,12	121,43			85,86	81,84	93,41		109,90	87,70		112,81	108,26	107,14
32														112,26	78,49	79,57	85,65	124,65			88,96	84,24	96,37		112,62	90,76		116,70	111,02	109,94
33														116,07	81,03	81,73	88,18	127,88			92,07	86,64	99,32		115,33	93,83		120,58	113,77	112,74
34														119,88	83,57	83,90	90,71	131,11			95,17	89,03	102,28		118,05	96,89		124,47	116,53	115,54
35														123,69	86,12	86,06	93,24	134,33			98,27	91,43	105,23		120,76	99,95		128,36	119,28	118,34
36														127,50	88,66	88,23	95,77	137,56			101,38	93,83	108,18		123,48	103,02		132,24	122,04	121,14

**Tabla 4.155. Promedio de la Resistencia a Compresión a Temprana Edad.**

**4.33.3. Curva de Calibración Promedio de la Resistencia a Temprana Edad del Concreto Proyectado.**



**Gráfico 4.33. Curva de Calibración Promedio de la Resistencia a Compresión a Temprana Edad del Concreto Proyectado.**

#### 4.33.4. Análisis de Resultados.

En el Gráfico 4.34. Curva de Calibración Promedio de la Resistencia a Compresión a Temprana Edad del Concreto Proyectado. Se presenta la curva de tiempo de fraguado promedio y la recta de resistencia a compresión promedio de las muestras ensayadas. En la curva, se observa que el diseño de mezcla utilizado alcanza el tiempo inicial de fraguado en un tiempo de 17,22 minutos y el tiempo final de fraguado en un tiempo de 127,98 minutos. La curva obtenida es polinómica de tercer grado, se puede apreciar que al inicio se presenta un concavidad contraria a la del comportamiento de la curva de tiempo de fraguado de un concreto normal, esto puede deberse al uso del aditivo acelerante, el cual pudo reaccionar muy rápidamente con el concreto elevando las resistencias a la penetración al inicio del fraguado del mismo. Los tiempos iniciales y finales de fraguado se calcularon utilizando la ecuación de la curva promedio obtenida, la cual se muestra a continuación:

$$y = 0,00009x^3 - 0,0264x^2 + 4,3462x - 32,471$$

Luego se presenta la recta de inicio del desarrollo de la resistencia del concreto. Se observa que la mezcla utilizada logra un incremento de la resistencia prácticamente lineal. Igualmente se observa que el resultado de resistencia a las 10 horas es bastante bajo con respecto al requerimiento del proyecto de construcción de los fosos, ya que el concreto debe alcanzar una resistencia a de 70 Kgf/cm<sup>2</sup> para poder excavar el paño inferior para la construcción del siguiente, por lo que la velocidad de producción se verá afectada por esta resistencia.

El promedio de resistencia a las 10 horas se calculó utilizando la ecuación de la recta representada, la cual se muestra a continuación:

$$y = 2,9282x + 6,077.$$

**4.34. Resistencia a Compresión. característica.****4.34.1. Resultado de la Resistencia a Compresión a las 10 horas.**

FECHA	RESISTENCIA (Kgf/cm <sup>2</sup> )	EDAD (HORAS)
21/10/08	45,247	10
22/10/08	45,643	10
23/10/08	52,575	10
29/10/08	37,834	10
30/10/08	42,549	10
17/11/08	36,863	10
19/11/08	41,060	10
20/11/08	31,513	10
24/11/08	37,124	10
25/11/08	36,228	10
26/11/08	48,353	10
27/11/08	52,889	10
01/12/08	23,376	10
02/12/08	20,694	10
03/12/08	31,947	10
08/12/08	50,410	10
09/12/08	32,570	10
10/12/09	33,908	10
12/01/09	31,172	10
14/01/09	28,431	10
15/01/09	31,001	10
10/02/09	31,404	10
11/02/09	53,658	10
12/02/09	22,509	10
16/02/09	31,381	10
18/02/09	29,977	10
19/02/09	31,518	10
25/02/09	29,235	10
26/02/09	28,247	10
02/03/09	26,941	10

**Tabla 4.156. Resistencia a Compresión a las 10 horas.**

<b>RESISTENCIA PROMEDIO</b>	$\sigma$	<b>Fc</b>
<b>(Kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>(Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
35,88	9,29339689	23,42

**Tabla 4.157. Resistencia característica.**

#### **4.34.2. Análisis de Resultados.**

Finalmente se muestra la resistencia característica, la misma se calculó utilizando principios estadísticos ya que la resistencia de un material no es parámetro determinístico si no probabilístico, para ello se realizaron los siguientes cálculos:

Se calculó un promedio de la resistencia el cual, dió como resultado 35,88 Kg/cm<sup>2</sup>, luego se calculó la desviación estándar para obtener el valor de la fracción defectuosa o cuantil, dando como resultado 9,293 y finalmente se calculó la resistencia característica Fc, la cual dió como resultado 23,42 Kg/cm<sup>2</sup>. También se observa que la resistencia final es mucho menor a la requerida en el proyecto de construcción de los fosos, ya que para poder realizar la excavación del paño inferior y así poder construir el siguiente anillo, el concreto debe alcanzar una resistencia de 70 Kg/cm<sup>2</sup>.

## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en los ensayos realizados y los respectivos cálculos, se establecen las siguientes conclusiones:

- La curva de calibración del concreto proyectado utilizado como revestimiento final en los fosos Norte y Sur de la estación UNEFA, se obtuvo satisfactoriamente.
- El tiempo final de fraguado del diseño de mezcla de concreto utilizado en el revestimiento final de los Fosos Norte y Sur de la estación UNEFA, se obtiene a los 127,98 minutos luego de su proyección.
- La resistencia a compresión del diseño de mezcla de concreto utilizado en el revestimiento final de los Fosos Norte y Sur de la estación UNEFA, es de 23,42 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 10 horas.
- La resistencia a compresión del diseño de mezcla de concreto utilizado en el revestimiento final de los Fosos Norte y Sur de la estación UNEFA, varía en un rango de 20, 69 Kgf/cm<sup>2</sup> a 53,66 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 10 horas.
- El aditivo utilizado no logra que en el concreto proyectado utilizado en el revestimiento final de los Fosos Norte y Sur de la estación UNEFA, alcance la resistencia requerida por el proyecto de construcción de los fosos de 70 Kgf/cm<sup>2</sup> a las 10 horas.
- Debido a que la resistencia a compresión del concreto proyectado a las 10 horas es menor a 70 Kgf/cm<sup>2</sup> y no cumple con la resistencia requerida en el proyecto de construcción de los fosos, la excavación de cada paño inferior para la construcción del siguiente anillo, no se realizará hasta que el concreto proyectado alcance la resistencia exigida.

## **RECOMENDACIONES**

Con los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se recomienda:

- Realizar ensayos a otros diseños de mezclas de mayor resistencia y verificar el valor de resistencia a las 10 horas y a los 28 días.
- Realizar los ensayos al mismo diseño de mezcla aumentando la cantidad de aditivo acelerador y verificar el valor de resistencia a las 10 horas y a los 28 días.
- Realizar los ensayos al mismo diseño de mezcla utilizando otro tipo de aditivo acelerador y verificar el valor de resistencia las 10 horas y a los 28 días.
- Como el requerimiento de resistencia de 70 Kgf/cm<sup>2</sup> es para poder excavar el paño inferior para la construcción del siguiente anillo y realmente en campo la excavación real de cada anillo se realiza alrededor de 3 días, vale la pena modificar el requerimiento de resistencia de 70 Kgf/cm<sup>2</sup>, a un tiempo mayor de acuerdo a la realidad de la construcción.

En la ejecución de los ensayos se tomaron en cuenta algunos aspectos importantes, los cuales se recomienda llevar a cabo para próximos estudios:

- Tener un lanzador especializado para evitar malos proyectados del concreto tanto en las tomas de las muestras como en las superficies de construcción.
- Evitar daños a las muestras al momento de transportarlas.
- Calibrar los equipos antes de realizar los ensayos para evitar errores al momento de su ejecución.

- Tratar de que la superficie de la vigueta quede lo suficientemente lisa al momento de enrazarla para evitar errores en la aplicación de la carga.
- Realizar las aplicaciones de carga en un tiempo y movimiento uniforme para evitar errores en la lectura.
- Tratar de realizar el ensayo de resistencia a la penetración en un lugar adecuado donde se tenga una superficie totalmente plana para evitar errores de paralaje.
- Realizar la preparación de las probetas evitando daños y tratando de dejar las superficies de las caras lo mas lisas y paralelas posibles para impedir errores en los ensayos de resistencia a compresión.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Delpino A., Maria A; Prof. Peñuela, Cesar** (Tutor Académico); **Ing. Linares, Edgar** (Tutor Industrial); **Ing. Acuña, Rafael** (Tutor Industrial) (2008). *Estudio del concreto proyectado fibro-reforzado a ser utilizado en el revestimiento primario del túnel minero de la Rinconada, perteneciente al proyecto línea III del metro de Caracas*. Trabajo Especial de Grado. Ingeniería Civil. UCV. Caracas.
2. **Norma Chilena Oficial NCH 1037-1977**. “*Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas*”. **Chile: INN**.
3. **Norma Venezolana COVENIN 345-80**. “*Método para la extracción de probetas cilíndricas y viguetas de concreto endurecido*”. **Venezuela: FONDONORMA**.
4. **Norma Venezolana COVENIN 352-79**. “*Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas de concreto por resistencia a la penetración*”. **Venezuela: FONDONORMA**.
5. **Melbye, Tom; Dismmonck, Ross y Garshol, Knut F.** (1994). *Shotcrete para soportes de rocas*. Construction chemicals. 132 p.
6. **Mikaty, M., Padrón, María A. y Figuera L.** (2005). *Instructivo para la presentación de tesis de de pre grado, post grado, doctorado y trabajos de ascenso*. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
7. **Neville, Adam M. y Brooks J., J.** (1998). *Tecnología del concreto*, 1ra ed.
8. **Porrero S., Joaquín; Ramos R., Carlos; Grases G., José y Velazco, Gilberto J** (2004). *Manual del concreto estructural*, 1ra ed. Caracas: SIDETUR. 503 p.

9. **Sánchez de G., Diego** (2002). *Durabilidad y patología del concreto*, 1ra ed. Bogotá ASOCRETO. 219 p.

#### **REFERENCIAS ELECTRONICAS**

1. **Bautista, Díaz, Ruiz, Sánchez** (2004). *Revista de Ingeniería, N° 19*. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Disponible en: <http://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/Rev19-7.pdf>.

[Consulta: 16-02-2009].

# **ANEXOS**

**Anexo N°1.**

**Planillas de Campo para Ensayos de Resistencia a la Penetración.**

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	9:48 am	FECHA:	21/10/08
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	326
ANILLO:	8	PAÑO:	5

**Aguja 1"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
9:50	30	30	30
10:15	40		
10:25	70		
10:28	100		
10:35	180		

**Aguja 1/10"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
11:01	80		
11:02	100		
11:03	120		
11:06	140		
11:07	140		
11:10	160		
11:16	180		

**Aguja 1/2"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
10:41	130		
10:46	140		
10:47	140		
10:54	190		

**Aguja 1/20"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
11:17	92		
11:27	100	90	110
11:40	110		
11:50	130		
12:15	140	170	160
12:17	160		
12:25	180		

**Aguja 1/4"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
10:55	100		
10:56	120		
10:58	150		
11:00	170		
11:01	180		

**Aguja 1/40"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
12:30	90	98	106
12:32	120		
12:40	138		
12:50	170	165	170
12:55	175		
12:58	180		

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	4:26 pm	FECHA:	22/10/08
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	502
ANILLO:	9	PAÑO:	15

Aguja 1"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
4:30	70	80	
4:31	120		
4:32	120		
4:34			

Aguja 1/10"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
4:54	44		
4:55	68	50	42
4:58	72		
5:06	88		
5:14	135		
5:28	140	132	
5:34	146		
5:49	148		
5:57	172		
6:27	180		

Aguja 1/2"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
4:35	44		
4:36	70	64	
4:37	72		
4:39	120		
4:40	122		
4:42	124		
4:44	126		
4:48	130		
4:50	200		

Aguja 1/20"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
6:28	100		
6:29	120		
6:31	130		
6:40	200		

Aguja 1/4"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
4:50	80		
4:52	160		
4:54	200		

Aguja 1/40"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
6:41	80		
6:43	88		
6:48	90		
6:49	132		
6:50	140		

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	9:20 am	FECHA:	23/10/08
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	302
ANILLO:	9	PAÑO:	15

Aguja 1"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
9:30	40	50	
9:31	60		
9:32	136		
9:34	150		
9:40	180		

Aguja 1/10"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
10:26	80		
10:28	82	84	82
10:32	86		
10:34	88		
10:36	135		
10:38	140	132	
10:40	146		
10:44	148		
10:48	172		
10:54	180		

Aguja 1/2"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
9:42	92		
9:45	98	100	
9:46	110		
9:50	122		
9:55	124		
10:00	136		
10:04	164		
10:08	178		
10:12	200		

Aguja 1/20"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
10:58	98		
11:02	122		
11:06	148		
11:09	200		

Aguja 1/4"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
10:14	110		
10:16	140		
10:20	152		
10:22	180		

Aguja 1/40"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
11:16	102		
11:19	132		
11:24	148		
11:26	178		
11:39	186		

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	11:40 am	FECHA:	29/10/08
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	308
ANILLO:	11	PAÑO:	6

Aguja 1"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
11:48	60		
11:49	74		
12:00	88		
12:04	110		
12:08	150		
12:14	180		

Aguja 1/10"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
1:06	96		
1:08	180		

Aguja 1/2"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
12:25	94		
12:30	116		
12:32	158		
12:39	180		

Aguja 1/20"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
1:09	98		
1:12	142		
1:19	180		

Aguja 1/4"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
12:44	142		
12:47	144		
12:53	164		
1:01	168		
1:03	180		

Aguja 1/40"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
1:24	98		
1:29	112		
1:30	130		
1:45	156		
1:50	184		



DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	9:30	FECHA:	27/11/08
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	SUR
ANILLO:	16	PAÑO:	4

Aguja 1"

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
9:38	190		

Aguja 1/10"

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
9:54	90		
9:56	96		
9:57	109		
9:58	114		
10:01	152		
10:03	180		

Aguja 1/2"

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
9:39	108		
9:41	120		
9:43	180		

Aguja 1/20"

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
10:06	92		
10:07	140		
10:08	180		

Aguja 1/4"

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
9:45	98		
9:47	122		
9:50	152		
9:53	180		

Aguja 1/40"

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
10:09	98		
10:12	100		
10:15	110		
10:35	130		
10:45	152		
10:50	180		

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	10:20 am	FECHA:	19/11/08
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	52
ANILLO:	17	PAÑO:	6

**Aguja 1"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
10:26	40		
10:27	66		
10:29	108		
10:32	162		
10:37	200		

**Aguja 1/10"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
11:05	122	116	
11:12	128	130	
11:17	160	168	
11:19	180		

**Aguja 1/2"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
10:39	100	112	
10:41	120	122	
10:44	160	154	
10:48	166		
10:49	180	188	

**Aguja 1/20"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
11:23	110	114	
11:24	178	134	
11:27	168		
11:30	180		

**Aguja 1/4"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
10:50	90	96	
10:54	120	128	
10:57	136	136	
11:00	160		
11:03	180		

**Aguja 1/40"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
11:35	92	116	
11:42	128	140	
11:05	156		
11:09	174		
11:15	178		
11:28	180		



DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	11:10 AM	FECHA:	24/11/08
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	SUR
ANILLO:	18	PAÑO:	6

**Aguja 1"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
11:15	140		
11:17	154		
11:20	200		

**Aguja 1/10"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
12:03	126		
12:10	128	130	
12:17	134		
12:24	140		
12:28	142		
12:32	166		
12:38	190		

**Aguja 1/2"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
11:25	114		
11:28	128		
11:31	148		
11:36	152		
11:38	166		
11:40	188		

**Aguja 1/20"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
12:43	132		
12:49	144		
12:53	160		
12:5	200		

**Aguja 1/4"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
11:42	102	94	
11:43	152		
11:54	196		

**Aguja 1/40"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
1:01	110		
1:06	117		
1:09	126		
1:15	148		
1:20	150		
1:24	163		
1:29	170		
1:35	178		
1:40	196		

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	5:30 pm	FECHA:	28/11/09
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	SUE
ANILLO:	18	PAÑO:	9

Aguja 1"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
5:11	140		
5:14	154		
5:16	200		

Aguja 1/10"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
5:50	126		
5:53	128	130	
5:56	134		
6:01	140		
6:06	142		
6:18	166		
6:28	190		

Aguja 1/2"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
5:19	33		
5:22	60		
5:26	84		
5:30	156		
5:34	156		
5:36	188		

Aguja 1/20"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
6:31	132		
6:41	144		
6:51	160		
7:09	200		

Aguja 1/4"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
5:39	102	94	
5:44	152		
5:49	196		

Aguja 1/40"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
7:09	110		
7:12	116		
7:27	126		
7:40	148		
7:44	150		
7:49	168		
7:56	170		
8:04	178		
8:05	196		





DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	2:51 pm	FECHA:	02/12/08
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	802
ANILLO:	20	PAÑO:	3

Aguja 1"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
2:59	40		
3:04	48		
3:09	52	50	
3:14	62		
3:22	120		
3:29	160		
3:34	180		

Aguja 1/10"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
4:16	106	109	
4:21	110		
4:26	112	114	
4:34	124		
4:40	140		
4:50	152		
5:00	180		

Aguja 1/2"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
3:34	92		
3:39	94		
3:44	100		
3:49	120		
3:54	160		
3:59	180		

Aguja 1/20"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
5:09	96		
5:14	100		
5:24	140		
5:34	172		
5:44	200		

Aguja 1/4"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
4:00	100		
4:05	110		
4:10	140		
4:15	180		

Aguja 1/40"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
5:49	106		
5:53	120	122	
6:05	144		
6:15	152		
6:20	156	160	
6:25	180		



DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	2:30 pm	FECHA:	08/22/09
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	SJ8
ANILLO:	29	PAÑO:	10

**Aguja 1"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
2:35	70		
2:39	180		

**Aguja 1/10"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
2:58	80		
3:01	108		
3:05	180		

**Aguja 1/2"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
2:40	120		
2:44	170		
2:46	180	180	

**Aguja 1/20"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
3:07	99		
3:10	82	112	
3:13	110		
3:17	120	126	
3:20	138	130	
3:30	140		
3:35	150		
3:38	180		

**Aguja 1/4"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
2:48	72		
2:50	90		
2:54	180		

**Aguja 1/40"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
3:39	108		
3:40	120	118	
3:42	140	142	
3:43	150	156	
3:44	160		
3:45	180		























DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	2:48 pm	FECHA:	25/02/09
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	SUB
ANILLO:	31	PAÑO:	9

**Aguja 1"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
2:57	46		
3:02	48		
3:07	90		
3:12	172		
3:17	180		

**Aguja 1/10"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
4:29	98		
4:34	115		
4:39	118		
4:44	130		
4:54	146		
5:04	160		
5:14	180		

**Aguja 1/2"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
3:21	102		
3:26	110	106	
3:31	136		
3:36	180		

**Aguja 1/20"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
5:18	96		
5:20	100		
5:24	140		
5:34	172		
5:44	200		

**Aguja 1/4"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
3:32	90	92	
3:42	95		
3:47	98	96	
3:52	100		
3:57	110	109	
4:02	120	122	
4:07	132		
4:12	136		
4:19	140		
4:24	142		

**Aguja 1/40"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
5:45	112		
5:50	120		
5:55	146		
6:00	158		
6:05	160		
6:15	180		

**DETERMINACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETROMETRO**

**METRO DE CARACAS - LÍNEA 5**

<b>HORA DE PROYECTADO:</b>	2:30 pm	<b>FECHA:</b>	26 de febrero de 2009
<b>RENTE DE TRABAJO:</b>	UNEFA	<b>FOSO:</b>	Sur
<b>ANILLO:</b>	32	<b>PAÑO:</b>	1

**Aguja 1"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
2:33	72		
2:35	180		

**Aguja 1/10"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
2:56	110		
3:00	120	116	
3:04	170		
3:06	180		

**Aguja 1/2"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
2:40	100		
2:43	180		

**Aguja 1/20"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
3:06	60		
3:09	98	70	
3:13	92		
3:16	132		
3:20	138		
3:23	140		
3:28	144		
3:33	160		
3:37	170		
3:39	180		

**Aguja 1/4"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
2:47	90		
2:50	90		
2:53	118		
2:54	180		

**Aguja 1/40"**

Hora	Lectura	Lectura	Lectura
3:40	80		
3:41	100	112	
3:42	120	124	
3:44	150		
3:45	180		

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO USANDO PENETRÓMETRO			
METRO DE CARACAS - LÍNEA 5			
HORA DE PROYECTADO:	11:55 AM	FECHA:	02/03/09
FRENTE DE TRABAJO:	UNEFA	FOSO:	SUB
ANILLO:	32	PAÑO:	12

Aguja 1"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
12:59	48		
12:03	60		
12:07	92		
12:11	146		
12:16	200		

Aguja 1/10"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
12:32	80	80	
12:37	80	88	
12:42	100		
12:47	132		
12:52	166		
12:59	190		

Aguja 1/2"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
12:17	160		
12:19	200		

Aguja 1/20"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
12:00	100		
12:05	84		
12:10	100		
12:15	66	100	
12:21	180		

Aguja 1/4"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
12:23	50		
12:27	70		
12:28	130		
12:29	138		
12:30	180		

Aguja 1/40"			
Hora	Lectura	Lectura	Lectura
12:22	90		
12:27	100	110	
12:37	152		
12:45	150	160	
12:47	180		

**Anexo N°2.**

**Planillas de Campo para Ensayos de Resistencia a Compresión Simple.**

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
MUESTRA Nº	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	21/10/09	21/10/09	10H	10	10	2180	7200
	2	UNEFA	21/10/09	21/10/09	10H	9,5	10	2120	7100
	3	UNEFA	21/10/09	22/10/09	24H	9,5	10	2123	20977
	4	UNEFA	21/10/09	22/10/09	24H	9,9	10	2103	20691
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
MUESTRA Nº	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	22/10/09	22/10/09	10H	10	10	1996	7356
	2	UNEFA	22/10/09	22/10/09	10H	9,7	10	2169	7254
	3	UNEFA	22/10/09	23/10/09	23H	10	10	1900	8672
	4	UNEFA	22/10/09	23/10/09	23H	10	10	2100	8624
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
MUESTRA Nº	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	23/10/09	23/10/09	10H	9,9	9,9	2130	7000
	2	UNEFA	23/10/09	23/10/09	10H	10	10	2100	7300
	3	UNEFA	23/10/09	24/10/09	24H	10	10	2094	9546
	4	UNEFA	23/10/09	24/10/09	24H	10	10	2062	9998
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso (gr)	Carga (kg)	
					(Cm)	(Cm)			
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	29/10/08	30/10/08	19 H	10,6	10,9	2540	6023
	2	UNEFA	29/10/08	30/10/08	19 H	10,6	10,9	2300	2905
	3	UNEFA	29/10/08	30/10/08	24 H	10,7	10,9	2540	12398
	4	UNEFA	29/10/08	30/10/08	24 H	10,7	10,6	2580	12948
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA ACOMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso (gr)	Carga (kg)	
					(Cm)	(Cm)			
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	30/10/08	31/10/08	19 H	10,3	10,6	2540	7418
	2	UNEFA	30/10/08	31/10/08	19 H	10,6	10,3	2660	6391
	3	UNEFA	30/10/08	31/10/08	24 H	10,4	10,5	2580	10495
	4	UNEFA	30/10/08	31/10/08	24 H	10,9	11	2700	11354
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso (gr)	Carga (kg)	
					(Cm)	(Cm)			
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	17/11/08	18/11/08	19 H	10,6	10,7	2700	7059
	2	UNEFA	17/11/08	18/11/08	19 H	10,6	10,8	2620	4532
	3	UNEFA	17/11/08	18/11/08	24 H	10,3	11	2420	12398
	4	UNEFA	17/11/08	18/11/08	24 H	11	10,8	2660	11356
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
MUESTRA Nº	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso (gr)	Carga (kg)	
					(Cm)	(Cm)			
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	19/11/08	19/11/08	10 H	10	99	2100	6280
	2	UNEFA	19/11/08	19/11/08	10 H	9	10	2000	6000
	3	UNEFA	19/11/08	20/11/08	24 H	10	10	2100	8710
	4	UNEFA	19/11/08	20/11/08	24 H	9,8	10	2153	8510
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
MUESTRA Nº	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso (gr)	Carga (kg)	
					(Cm)	(Cm)			
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	20/11/08	20/11/08	10 H	10	10	2100	8500
	2	UNEFA	20/11/08	20/11/08	10 H	10	10	2000	8700
	3	UNEFA	20/11/08	21/11/08	24 H	10	10	2156	8690
	4	UNEFA	20/11/08	21/11/08	24 H	10	10	2100	8100
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
MUESTRA Nº	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso (gr)	Carga (kg)	
					(Cm)	(Cm)			
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	24/11/08	24/11/08	10 H	10	10	2100	6980
	2	UNEFA	24/11/08	24/11/08	10 H	10	10	2100	6200
	3	UNEFA	24/11/08	25/11/08	24 H	10	10	2200	8320
	4	UNEFA	24/11/08	25/11/08	24 H	10	10	2145	8620
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNZFA	25/11/08	25/11/08	10 H	10	10	2100	6400
	2	UNZFA	25/11/08	25/11/08	10 H	10	9	2000	6210
	3	UNZFA	25/11/08	26/11/08	24 H	10	9	2220	8400
	4	UNZFA	25/11/08	26/11/08	24 H	10	10	2120	8610
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNZFA	26/11/08	27/11/08	13 H	9,8	10	2000	7100
	2	UNZFA	26/11/08	27/11/08	13 H	10	11	2100	7200
	3	UNZFA	26/11/08	27/11/08	24 H	10	10	2030	8660
	4	UNZFA	26/11/08	27/11/08	24 H	10	10	2200	8800
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNZFA	27/11/08	27/11/08	10 H	10	10	2100	6500
	2	UNZFA	27/11/08	27/11/08	10 H	10	10	2200	6500
	3	UNZFA	27/11/08	28/11/08	24 H	10	9,8	2200	8500
	4	UNZFA	27/11/08	28/11/08	24 H	10	9,8	2100	8400
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA ACOMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	01/12/08	01/12/08	10 H	10	10	2400	6420
	2	UNEFA	01/12/08	01/12/08	10 H	10	10	2400	6200
	3	UNEFA	01/12/08	02/12/08	24 H	10	10	2445	8620
	4	UNEFA	01/12/08	02/12/08	24 H	10	10	2300	8310
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA ACOMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	02/12/08	03/12/08	24 H	10	10	2355	4150
	2	UNEFA	02/12/08	03/12/08	24 H	10	10	2447	8836
	3	UNEFA	02/12/08	04/12/08	36 H	10	10	2820	19836
	4	UNEFA	02/12/08	04/12/08	36 H	10	10	2880	16564
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA ACOMPRESIÓN								
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	03/12/08	04/12/08	24h	12	11	2785	8354
	2	UNEFA	03/12/08	04/12/08	24h	12	12	2804	8441
	3	UNEFA	03/12/08	05/12/08	36h	10	10	2758	11509
	4	UNEFA	03/12/08	05/12/08	36h	10	10	2698	11954
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA ACOMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	08/12/08	09/12/08	18h	10	10	2818	7624
	2	UNEFA	08/12/08	09/12/08	18h	10	10	2458	8598
	3	UNEFA	08/12/08	09/12/08	24h	10	10	2814	8419
	4	UNEFA	08/12/08	09/12/08	24h	10	10	2596	8717
	5	UNEFA	08/12/08	10/12/08	36h	10	10	2126	9275
	6	UNEFA	08/12/08	10/12/08	36h	10	10	2492	9574

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	09/12/08	10/12/08	24h	10,70	10,80	2639	10954
	2	UNEFA	09/12/08	10/12/08	24h	10,80	10,80	2685	11977
	3	UNEFA	09/12/08	11/12/08	36h	10,60	11,00	2760	13850
	4	UNEFA	09/12/08	11/12/08	36h	10,90	11,00	2580	11568
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	10/12/08	11/12/08	24h	10	10	2960	20186
	2	UNEFA	10/12/08	11/12/08	24h	11	11	2940	24232
	3	UNEFA	10/12/08	12/12/08	36h	10	10	2585	11318
	4	UNEFA	10/12/08	12/12/08	36h	10	10	2142	12223
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA ACOMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	12/01/09	13/01/09	14h	10	10	2610	4627
	2	UNEFA	12/01/09	13/01/09	14h	10	10	2621	5032
	3	UNEFA	12/01/09	13/01/09	24h	10	10	2680	8945
	4	UNEFA	12/01/09	13/01/09	24h	10	10	2680	11036
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	14/01/09	14/01/09	10h	10	10	2310	4850
	2	UNEFA	14/01/09	14/01/09	10h	10	10	2540	4910
	3	UNEFA	14/01/09	15/01/09	16h	10	10	2412	5500
	4	UNEFA	14/01/09	15/01/09	16h	10	10	2500	5620
	5	UNEFA	14/01/09	15/01/09	24h	10	10	2220	10100
	6	UNEFA	14/01/09	15/01/09	24h	10	10	2230	11000

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	15/01/09	16/01/09	22 H	10	10	2780	5773
	2	UNEFA	15/01/09	16/01/09	22 H	10	10	2579	5358
	3	UNEFA	15/01/09	16/01/09	24 H	10	10	2643	5573
	4	UNEFA	15/01/09	16/01/09	24 H	10	10	2679	6390
	5	UNEFA	15/01/09	17/01/09	36 H	10	10	2619	13072
	6	UNEFA	15/01/09	17/01/09	36 H	10	10	2740	14748

ENSAYO DE RESISTENCIA ACOMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	10/02/09	11/02/09	24 H	10,3	10,5	2593	12669
	2	UNEFA	10/02/09	11/02/09	24 H	10,3	10,3	2454	11490
	3	UNEFA	10/02/09	12/02/09	36 H	11	10,9	2720	10718
	4	UNEFA	10/02/09	12/02/09	36 H	10,9	10,10	2460	11723
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	11/02/09	12/02/09	24 H	10,6	10,8	2508	10523
	2	UNEFA	11/02/09	12/02/09	24 H	10,7	10,30	2604	11232
	3	UNEFA	11/02/09	13/02/09	36 H	10,3	11	2560	15014
	4	UNEFA	11/02/09	13/02/09	36 H	10,9	10,9	2560	14209
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNeFA	12/02/09	13/02/09	19 #	10	10	2636	4736
	2	UNeFA	12/02/09	13/02/09	19 #	10	10	2563	4914
	3	UNeFA	12/02/09	13/02/09	24 #	10	10	2600	9305
	4	UNeFA	12/02/09	13/02/09	24 #	10	10	2760	9877
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA ACOMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNeFA	16/02/09	17/02/09	17 #	10	10	2462	12110
	2	UNeFA	16/02/09	17/02/09	17 #	10	10	2658	13150
	3	UNeFA	16/02/09	17/02/09	24 #	10	10	2670	15240
	4	UNeFA	16/02/09	17/02/09	24 #	10	10	2398	14930
	5	UNeFA	16/02/09	18/02/09	36 #	10	10	2507	10736
	6	UNeFA	16/02/09	18/02/09	36 #	10	10	3076	11550

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNeFA	18/02/09	19/02/09	22 #	10	10	3015	5964
	2	UNeFA	18/02/09	19/02/09	22 #	10	10	2789	6392
	3	UNeFA	18/02/09	19/02/09	24 #	10	10	2967	6764
	4	UNeFA	18/02/09	19/02/09	24 #	10	10	3168	7248
	5	UNeFA	18/02/09	20/02/09	36 #	10	10	2417	13518
	6	UNeFA	18/02/09	20/02/09	36 #	10	10	2399	15294

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	12/02/09	13/02/09	19 #	10	10	2636	4736
	2	UNEFA	12/02/09	13/02/09	19 #	10	10	2563	4914
	3	UNEFA	12/02/09	13/02/09	24 #	10	10	2600	9305
	4	UNEFA	12/02/09	13/02/09	24 #	10	10	2760	9877
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA ACOMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	16/02/09	17/02/09	17 #	10	10	2462	12110
	2	UNEFA	16/02/09	17/02/09	17 #	10	10	2658	13150
	3	UNEFA	16/02/09	17/02/09	24 #	10	10	2670	15240
	4	UNEFA	16/02/09	17/02/09	24 #	10	10	2398	14930
	5	UNEFA	16/02/09	18/02/09	36 #	10	10	2507	10736
	6	UNEFA	16/02/09	18/02/09	36 #	10	10	3076	11550

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso	Carga	
					(Cm)	(Cm)	(gr)	(kg)	
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	18/02/09	19/02/09	22 #	10	10	3015	5964
	2	UNEFA	18/02/09	19/02/09	22 #	10	10	2789	6392
	3	UNEFA	18/02/09	19/02/09	24 #	10	10	2967	6764
	4	UNEFA	18/02/09	19/02/09	24 #	10	10	3168	7248
	5	UNEFA	18/02/09	20/02/09	36 #	10	10	2417	13518
	6	UNEFA	18/02/09	20/02/09	36 #	10	10	2399	15294

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso (gr)	Carga (kg)	
					(Cm)	(Cm)			
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1	UNEFA	02/03/09	03/02/09	17 H	10	10	2714	11020
	2	UNEFA	02/03/09	03/02/09	17 H	10	10	2750	10950
	3	UNEFA	02/03/09	03/02/09	24 H	10	10	2440	14150
	4	UNEFA	02/03/09	03/02/09	24 H	10	10	2390	14500
	5	UNEFA	02/03/09	04/02/09	36 H	10	10	2493	11250
	6	UNEFA	02/03/09	04/02/09	36 H	10	10	2506	11800

ENSAYO DE RESISTENCIA ACOMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso (gr)	Carga (kg)	
					(Cm)	(Cm)			
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
MUESTRA N°	FRENTE	FECHA TOMA	FECHA ENSAYO	EDAD	D	H	Peso (gr)	Carga (kg)	
					(Cm)	(Cm)			
ENSAYOS A TEMPRANA EDAD	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								

**Anexo N°3.**

**Ficha Técnica del Aditivo Acelerador de Fraguado Meyco SA 160.**



The Chemical Company

## MEYCO® SA160

Acelerante líquido, libre de álcali, de alto desempeño para shotcrete

### USOS RECOMENDADOS

- Soporte temporal y permanente de rocas en túneles
- Soporte de rocas en proyectos de minería subterránea
- Pisos en malas condiciones
- Estabilización de declives
- Aceleración de grouts cementicios, como los que se usan en los revestimientos de túneles por máquinas perforadoras de túneles (TBM), inyección subterránea de cemento, y relleno de concreto en espuma

### DESCRIPCION

MEYCO SA160 es un acelerante libre de álcali, de alto desempeño para concreto proyectado o shotcrete. Es un aditivo líquido cuya dosificación puede variarse para obtener los tiempos de endurecimiento y fraguado deseados. Es adecuado para todas las aplicaciones donde se requieren capas gruesas con una resistencia inicial alta, y buena resistencia final.

### CARACTERÍSTICAS

- Se obtiene un espesor de recubrimiento de 150 a 300 mm (6 -12 in) en una sola pasada (como

en aceleradores en base a aluminato)

- Desarrolla una resistencia inicial continua
- Durabilidad excelente de la resistencia final

### BENEFICIOS

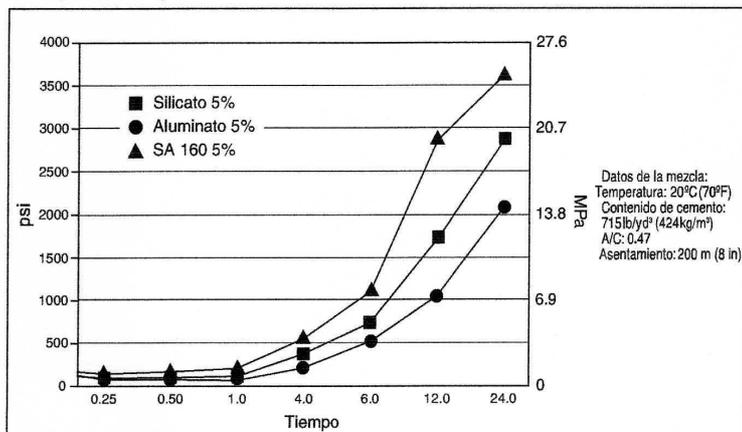
- Fácil de manejar y dosificar en forma precisa.
- Muy bajo desprendimiento de polvo y por lo tanto, crea un ambiente de trabajo saludable
- Mejora la seguridad laboral ya que no es agresivo, reduce el impacto ambiental y disminuye los costos

### CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO

Forma	Líquida
Color	Beige
Densidad, 20°C	1.41 ± 0.03
pH (1:1 solución acuosa)	2.5 - 3
Viscosidad	
Haake Sp 1, 20°C (1)	> 450 ± 50 MPa.s
Estabilidad térmica	5°C - 35°C (41 a 95°F)
Contenido de Cloruros	< 0.1%

(1) Depende del grado de agitación y temperatura del producto

### Resistencia a la Compresión





Basf Chemical Company

## FORMA DE APLICACION

### Preparación de la superficie

El substrato debe estar limpio, sin material suelto y a preferencia húmedo.

### Dosificación

La dosificación de MEYCOSA 160 depende de la temperatura del concreto, aire y substrato. Otro factor importante que influye en la dosificación es la actividad del cemento. Dependiendo de el tipo requerido de fraguado y resistencia temprana, el consumo del aditivo MEYCOSA160 normalmente fluctúa entre 4-8% del peso del cemento. Sobredosis de > 10% pueden resultar en una disminución de resistencia final.

En todos los casos se recomienda realizar pruebas preliminares para verificar el fraguado y asistencia a las 24 horas de los cementos que utilizarán en el proyecto.

### Aplicación

MEYCO SA160 se dosifica en la boquilla. Como MEYCO SA 160 es una suspensión por lo que no todas las bombas de proyección funcionarán de manera apropiada. Para asegurar una dosificación constante y precisa, asegurando la calidad del concreto proyectado, recomendamos la utilización de las siguientes bombas de dosificación:

• Mono bombas (bombas de tornillo)

• Bombas peristálticas tipo Bredel

• MEYCO@Dosa

• No debe ser usada también con

• Bombas de membrana

• MEYCO@Mix

• Bombas de engranaje

• No debe usar con:

• Bombas de pistón

• Bombas con válvulas de globo y asiento

• Tanques presurizados

• Bombas de engranajes

Nota: No utilice filtros en la línea de succión, ya que pueden causar taponamiento. Preferiblemente el material se debe extraer del fondo del tambor/ contenedor.

### Limpeza

Antes de utilizar MEYCO@ SA160, el equipo de dosificación y demás partes del sistema se deben limpiar por completo con abundante agua. El no hacerlo provoca taponamientos en el sistema. Asegúrese de que todos los operadores involucrados en la operación estén bien informados.

## RECOMENDACIONES

### Compatibilidad

No mezcle MEYCO SA 160 con otros aceleradores que no sean de BASF, ya que esto causará inmediato taponamiento de los equipos de dosificación.

### EMPAQUE

MEYCO SA160 se suministra en tambores de 185l ( 49 gal) , tanques de 1018 l ( 269 gal) y a granel.

## ALMACENAMIENTO

MEYCO SA160 debe almacenarse mínimo a 5°C (45°F) y máximo a 35°C (95°F), en contenedores cerrados de plástico, fibra de vidrio o acero inoxidable. No debe almacenarse en contenedores metálicos convencionales, puesto que el pH del producto induce corrosión que puede afectar su desempeño.

Después de un almacenamiento prolongado recomendamos que MEYCO SA160 sea siempre reconstituido mediante agitación mecánica o recirculación. No se debe utilizar aire comprimido.

Los contenedores abiertos permitirán el contacto prolongado con el aire causando la formación de una película delgada y grumos que pueden bloquear el sistema acelerante.

Antes de usar cualquier producto que se haya congelado, consulte a su representante local BASF.

Si se almacena en su envase original bien cerrado, bajo las condiciones descritas arriba, tiene una vida útil de 3 meses, como mínimo.

## SEGURIDAD

### Riesgos

MEYCO SA160 no contiene sustancias peligrosas que requieran un etiquetado especial. Sin embargo, se deben tomar las mismas precauciones a las indicadas para el uso y manejo de productos cementicios.

### Precauciones

Mantenga fuera del alcance de los niños. Mantenga el recipiente cerrado cuando no se utilice. Evite el contacto con la piel, los ojos y la ropa. Lave sus manos perfectamente después de usar el producto. Use guantes protectores y lentes de protección. Debe seguir las advertencias indicadas en la etiqueta hasta que el envase sea comercialmente limpiado y reacondicionado.

### Primeros auxilios

En el caso de contacto con los ojos, lave perfectamente con agua limpia por un mínimo de 15 minutos. Si hay contacto con la piel, lave el área afectada con agua y jabón. Si la irritación persiste, busque atención médica. Retire y lave la ropa contaminada.

Para mayor información, consulte la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para este producto, o al representante local de BASF.

BASF Construction Chemicals  
700 Chagrin Blvd.  
Cleveland, OH, USA, 44122  
16-839-7550

México 5899-3984	Guadalajara 33-3811-7335	Monterrey 81-8335-4425	Mérida 999-925-6127	Tijuana 664-686-6655		
Santa Rica 3-2440-9110	Panamá 507-300-1360	Puerto Rico 1-787-258-2737	Rep. Dominicana 809-334-1026			
Argentina 34-8843-3000	Brasil 55-11-2718-5555	Chile 56-2-799-4300	Colombia 57-1-632-2260	Ecuador 593-2-3-979-500	Perú 511-385-0109	Venezuela 58-212-256-0011

[www.la.cc.basf.com](http://www.la.cc.basf.com)

© Marca registrada de BASF Aktiengesellschaft  
© 2008, 10/08 BASF Construction Chemicals