

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD DE LA RESISTENCIA DEL
CONCRETO USANDO ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES Y
CEMENTO PORTLAND TIPO I**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

DANIEL CASTRO TERÁN

Lima- Perú

2010

DEDICATORIA

A mis queridos padres Jaime Castro e Hilda Terán por su gran apoyo y comprensión en la realización de este trabajo

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento es a la Ing. Ana Torre Carrillo por su apoyo, paciencia y colaboración en la elaboración de esta tesis

INDICE

	Pag
RESÚMEN	1
LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE CUADROS	5
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO I: ADITIVOS EN EL CONCRETO	9
1.1 DEFINICION	9
1.2 ANTECEDENTES	9
1.2.1 Aditivos de Segunda Generación	10
1.2.2 Aditivos de Última Generación	11
1.3 USO DE LOS ADITIVOS	13
1.4 CLASIFICACION DE LOS ADITIVOS	13
1.5 REQUISITOS DE LA NORMA	16
1.6 DOSIFICACION DE LOS ADITIVOS	18
1.7 EQUIPO DE DOSIFICACION	19
1.7.1 Dosificadores volumétricos de desplazamiento positivo	19
1.7.2 Recipientes volumétricos visibles	20
1.7.3 Sistemas controlados por medidor de tiempo	20
1.7.4 Dosificación por peso	21
CAPÍTULO II: ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES	22
2.1 ANTECEDENTES	22
2.2 DEFINICION	23

2.3 TIPOS DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES	23
2.4 MODOS DE ACCION	24
2.5 MICRO ESTRUCTURA	25
2.6 MECANISMO DE ACCION DE LOS ADITIVOS SP	26
2.7 CAMPOS DE APLICACIÓN Y VENTAJAS	26
2.8 PRECAUCIONES	27
2.9 ADITIVOS SP BASADOS EN POLICARBOXILATOS Y POLIETER	27
2.9.1 Efectos de los aditivos PCs y PEs sobre las propiedades reológicas de las pastas, morteros y concretos de cemento Pórtland	28
2.9.2 Efectos de los aditivos PCs y PEs sobre los procesos de hidratación de las pastas de cemento y sobre la microestructura y morfología de los productos de reacción	29
2.10 ADITIVOS A USAR EN LA INVESTIGACION	30
2.10.1 Z Fluidizante SR	30
2.10.2 Rheobuild 1000	31
2.10.3 Glenium 4700R	34
2.10.4 Polyheed 770R	36
CAPÍTULO 3: DISEÑO DE MEZCLA	39
3.1 INTRODUCCION	39
3.1.1 Características Físicas de los Agregados	39

3.1.2 Agregado fino	39
3.1.3 Agregado grueso	43
3.2 METODO DE DISEÑO DE MEZCLA	47
3.3 CRITERIO DE DISEÑO DE MEZCLA	47
3.4 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLA	49
3.5 DISEÑO DE MEZCLA	49
3.5.1 Consideraciones del diseño	52
CAPÍTULO 4: ANALISIS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN EL CONCRETO FRESCO	65
4.0 INTRODUCCION	65
4.1 PESO UNITARIO	65
4.2 ASENTAMIENTO	67
4.3 FLUIDEZ	70
4.4 CONTENIDO DE AIRE	73
4.5 EXUDACION	74
4.6 TIEMPO DE FRAGUADO	78
4.7 CUADRO COMP. CON RESPECTO AL CONCRETO PATRON	98
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN EL CONCRETO ENDURECIDO	
5.0 INTRODUCCION	105
5.1 RESISTENCIA A LA COMPRESION	106

5.2 RESISTENCIA A LA TRACCION	114
5.3 MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO	117
5.4 ADHERENCIA AL ACERO DE REFUERZO	121
5.5 CONTROL DE TEMPERATURA	122
5.6 CUADRO COMP. CON RESPECTO AL CONCRETO PATRON	123
5.7 ANALISIS DE COSTO	126
CAPÍTULO 6: ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES EN OBRA	
6.1 COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN OBRA CON EL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE GLENIUM 4700R	133
6.2 COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN OBRA CON EL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE RHEOBUILD 1000	134
CONCLUSIONES	136
RECOMENDACIONES	140
BIBLIOGRAFÍA	141
ANEXOS	144

RESUMEN

Este estudio comprenderá seis capítulos, por lo que a continuación se presenta un resumen de descripción de cada uno de ellos:

- **Capítulo I:** Se define y estudia a los aditivos en el concreto, antecedentes, uso, clasificación y dosificación.
- **Capítulo II:** Se define y clasifica a los aditivos superplastificantes, campos de aplicación, ventajas, recomendaciones de empleo y precauciones que se debe tener en su aplicación. Describimos los aditivos a usar en la presente tesis.
- **Capítulo III:** Se estudia las características físicas de los agregados, el procedimiento del diseño de mezcla del concreto patrón y diseño con aplicación del aditivo utilizando volúmenes absolutos.
- **Capítulo IV:** Describimos los ensayos del concreto al estado fresco: Peso Unitario, Consistencia, Tiempo de Fraguado, Fluidéz y Exudación. Se muestran los cuadros y gráficas de resultado resumen, en la que se apreciarán los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio. Se realizará el análisis de los resultados de los ensayos del concreto en estado fresco. Realizaremos cuadros y gráficos comparativos, todos respecto al concreto patrón, para visualizar de manera más práctica los resultados y la influencia del aditivo sobre el concreto patrón.
- **Capítulo V:** Describimos los ensayos del concreto al estado endurecido: Resistencia a la Compresión, Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral y Módulo Elástico Estático. Se muestran los cuadros y gráficas de resultado resumen, en la que se apreciarán los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio. Se realizará el análisis de los resultados de los ensayos del concreto en estado endurecido. Realizaremos cuadros y gráficos comparativos, todos respecto al concreto patrón, para visualizar de manera más práctica los resultados y

la influencia del aditivo sobre el concreto patrón. Se presenta el análisis de costo del concreto, comparando el concreto con aditivo y diferentes dosificaciones respecto al concreto patrón y así vemos como varía el costo.

- **Capítulo VI:** Se realiza el análisis del comportamiento del concreto con aditivos superplastificantes en obra.

Presentándose finalmente: conclusiones y recomendaciones, bibliografía y anexos, donde se adjuntan detalles de resultados de los ensayos y además de una sección de fotografías.

LISTA DE FIGURAS

GRÁFICO	DESCRIPCION	PAG
N° 4.1	ENSAYO DE PESO UNITARIO VS. DOSIFICACIÓN DEL ADITIVO	66
N° 4.2	ENSAYO DE ASENTAMIENTO VS. DOSIFICACIÓN DEL ADITIVO	69
N° 4.3	ENSAYO DE FLUIDEZ VS. DOSIFICACIÓN DEL ADITIVO	72
N° 4.4	ENSAYO DE EXUDACIÓN VS. DOSIFICACIÓN DEL ADITIVO	77
N° 4.5	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA INICIAL VS. DOSIFICACIÓN DEL ADITIVO	80
N° 4.6	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA FINAL VS. DOSIFICACIÓN DEL ADITIVO	81
N° 4.7	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G1)	83
N° 4.8	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G2)	84
N° 4.9	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G3)	86
N° 4.10	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G4)	87
N° 4.11	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G5)	89
N° 4.12	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G6)	90
N° 4.13	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G7)	92
N° 4.14	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G8)	93
N° 4.15	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G9)	95
N° 4.16	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G10)	96
N° 4.17	ANÁLISIS COMPARATIVO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (ENSAYO DE PESO UNITARIO)	99
N° 4.18	ANÁLISIS COMPARATIVO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (ENSAYO DE ASENTAMIENTO)	100
N° 4.19	ANÁLISIS COMPARATIVO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (ENSAYO DE FLUIDEZ)	101
N° 4.20	ANÁLISIS COMPARATIVO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (ENSAYO DE EXUDACION)	102
N° 4.21	ANÁLISIS COMPARATIVO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA INICIAL)	103
N° 4.22	ANÁLISIS COMPARATIVO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA FINAL)	104
N° 5.1	ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (SIN REDUCCIÓN DE AGUA) VS DOSIFICACION DE ADITIVO	109

N° 5.2 ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (CON REDUCCIÓN DE AGUA) VS DOSIFICACION DE ADITIVO	112
N° 5.3 REDUCCIÓN DE AGUA VS. DOSIFICACIÓN DEL ADITIVO	113
N° 5.4 ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL VS DOSIFICACION DEL ADITIVO	116
N° 5.5 ENSAYO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO VS. DOSIF. DEL ADITIVO	120
N° 5.6 ANÁLISIS COMPARATIVO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION CON REDUCCION DE AGUA)	125

LISTA DE CUADROS

CUADRO	DESCRIPCION	PAG
Nº 3.1	DISEÑO DEL CONCRETO CON ADITIVO (DISEÑO G2*a G6*)	63
Nº 3.2	DISEÑO DEL CONCRETO CON ADITIVO (DISEÑO G7*a G10*)	64
Nº 4.1	ENSAYO DE PESO UNITARIO	66
Nº 4.2	ENSAYO DE ASENTAMIENTO	68
Nº 4.3	ENSAYO DE FLUIDEZ	71
Nº 4.4	ENSAYO DE EXUDACIÓN	76
Nº 4.5	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO	79
Nº 4.6	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G1)	82
Nº 4.7	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G2)	82
Nº 4.8	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G3)	85
Nº 4.9	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G4)	85
Nº 4.10	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G5)	88
Nº 4.11	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G6)	88
Nº 4.12	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G7)	91
Nº 4.13	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G8)	91
Nº 4.14	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G9)	94
Nº 4.15	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA (DISEÑO G10)	94
Nº 4.16	CUADRO COMPARATIVO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO)	98
Nº 5.1	ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (SIN REDUCCIÓN DE AGUA)	108
Nº 5.2	ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (CON REDUCCIÓN DE AGUA)	111
Nº 5.3	ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL	115
Nº 5.4	ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO.	119
Nº 5.5	ENSAYO DE TEMPERATURA	122
Nº 5.6	CUADRO COMPARATIVO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (ENSAYOS DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO: RESISTENCIA A LA COMPRESION (SIN REDUCCION DE AGUA), RESISTENCIA A LA TRACCION, MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO	123

N° 5.7	CUADRO COMPARATIVO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON REDUCCIÓN DE AGUA)	124
N° 5.8	CANTIDAD DE MATERIAL POR METRO CÚBICO DE CONCRETO (DISEÑO G2* a G5* y G1)	127
N° 5.9	CANTIDAD DE MATERIAL POR METRO CÚBICO DE CONCRETO (DISEÑO G6* a G10*)	128
N° 5.10	COSTO TOTAL DE CADA DISEÑO POR METRO CÚBICO DE CONCRETO (DISEÑO G2* a G5* y G1)	129
N° 5.11	COSTO TOTAL DE CADA DISEÑO POR METRO CÚBICO DE CONCRETO (DISEÑO G6* a G10*)	130

INTRODUCCION

La tecnología de concreto en nuestro país hace ya algunos años que está tomando importancia a este campo, teniendo en cuenta que ésta es una especialidad con base científica ilimitada y que se va aprendiendo con la práctica.

En la tecnología de concreto moderno se cuenta con los siguientes componentes: el cemento, los agregados, el agua, los aditivos y las adiciones como fibras, puzolanas, etc.

Hoy en día el uso de aditivos en el mundo es cada vez más amplio, con el pasar del tiempo se va consolidando en el ámbito internacional, en la actualidad se considera a los aditivos como un componente normal dentro de la tecnología del concreto.

En nuestro país existe una variedad de climas y condiciones ambientales, por esta razón es un desafío producir concreto durable en la sierra donde presenta diferentes altitudes y climas variados, en la selva ya que presenta fuertes lluvias y en la costa ya que en la mayor parte presenta un clima cálido. Por eso que en cada parte de nuestro país es un reto producir un concreto durable y cada vez se espera mayores soluciones que contribuyan al avance de la tecnología del concreto local.

Los aditivos permiten controlar ciertas características del concreto, permitiendo con esto la mejora de la mezcla del concreto y de los procesos constructivos.

En los últimos años la construcción y más específicamente hablando la tecnología del concreto, se ve influenciada por la llegada de una nueva variedad importante de aditivos provenientes de diferentes partes del mundo, los que los lleva a ser probados y evaluados a nivel de laboratorio, con todos los materiales y las condiciones propias del lugar, con el objetivo de tener los reales efectos sobre el concreto, antes de que se usen en las obras.

En nuestro país la empresa BASF está ofreciendo productos en el mercado como RHEOBUILD 1000, GLENIUM 4700R y POLYHEED 770R aditivos superplastificantes, a los cuales se desea investigar los beneficios que puede proporcionar en la calidad del concreto.

En nuestro país la empresa Z ADITIVOS está ofreciendo su producto en el mercado Z FLUIDIZANTE SR aditivo superplastificante, al cual se desea investigar los beneficios que puede proporcionar en la calidad del concreto.

El objetivo del presente trabajo es analizar la variabilidad de la resistencia del concreto utilizando diferentes marcas y dosificaciones de aditivos superplastificantes manteniendo la relación agua – cemento y utilizando cemento Pórtland tipo I.

En estas tesis las dosificaciones de los aditivos superplastificantes están dadas de acuerdo a la recomendación del fabricante, dicha cantidad tiene un intervalo diferente para cada aditivo utilizado. Para el caso de la mezcla del concreto con el aditivo Z FLUIDIZANTE SR el intervalo está entre 5 y 8 cm³/kg de cemento, para el caso de la mezcla del concreto con el aditivo GLENIUM 4700R el intervalo está entre 6 y 10 cm³/kg de cemento y para el caso de la mezcla del concreto con el aditivo RHEOBUILD 1000 el intervalo está entre 8 y 12 cm³/kg de cemento.

CAPITULO I

ADITIVOS EN EL CONCRETO

CAPITULO 1: ADITIVOS EN EL CONCRETO

1.1 DEFINICIÓN.

Un aditivo es un material distinto del agua, agregados y cemento que se usa como ingrediente en concretos o morteros y se añade a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado en porcentaje no mayores del 5% de la masa del cemento.

Esta definición excluye, por ejemplo, a las fibras metálicas, las puzolanas y otros.

Los aditivos pueden ser usados para modificar las propiedades del concreto en tal forma que lo hagan más adecuado para las condiciones de trabajo o por economía.

Se debe usar un aditivo solamente después de una evaluación adecuada de sus efectos que demuestre efectividad en ese concreto en particular y bajo las condiciones en que se intenta usarlo.

Es requisito que los aditivos cumplan con las especificaciones aplicables de ASTM u otras apropiadas.

Al usar un aditivo, debe ponerse especial atención en las instrucciones que suministre el fabricante del producto.

En la actualidad los aditivos permiten la producción de concretos con características diferentes a los tradicionales. Dichos concretos han dado un creciente impulso a la construcción y se consideran como un nuevo ingrediente, conjuntamente con el cemento, el agua y los agregados.

1.2 ANTECEDENTES.

Los antecedentes más remotos de los aditivos químicos se encuentran en los concretos romanos, a los cuales se incorporaba sangre y clara de huevo.

La fabricación del cemento Pórtland alrededor de 1850 y el desarrollo del concreto armado, llegó a regular el fraguado con el cloruro de calcio, patentado en 1885. Al inicio del siglo XX se efectuaron sin éxito comercial estudios sobre diferentes aditivos.

El primer antecedente de los aditivos químicos modernos se encuentra en el empleo ocasional del sulfonato naftaleno formaldehído, que fue utilizado en 1930 para actuar como dispersante en concretos con adiciones de negro de humo, destinados a carriles de pavimentos que por su coloración pudieran llamar la atención de los conductores de vehículos. Si bien en 1932 se registro una patente de los EE.UU. no se aplicó por su elevado costo y exceder los requerimientos de las construcciones de concreto de esa época.

1.2.1 ADITIVOS DE SEGUNDA GENERACIÓN.

En la década del 60, especialmente por el desarrollo del concreto premezclado, se llevaron a cabo investigaciones para una nueva generación de aditivos con elevados niveles de reducción de agua en las mezclas de concreto, que fueron denominados superplastificantes o aditivos reductores de agua de alto rango.

En Alemania se estudio la aplicación de superplastificantes en base a las sales de formaldehído melamina sulfonato, productos que inicialmente se encontraban en el mercado para otros usos industriales, que luego tuvieron gran desarrollo en la industria del premezclado.

Paralelamente en Japón se investigaron productos a base de sales de formaldehído naftaleno sulfánicos, que fueron empleados intensamente en Estados Unidos, especialmente en concretos de alta resistencia.

Los aditivos llamados de segunda generación fueron normalizados por ASTM en 1970, incluyéndolos como tipo F y G en la norma de aditivos químicos; con propiedades de actuar como reductores de agua y como retardadores de fraguado.

A diferencia de los reductores de primera generación, que permiten una reducción del contenido de agua al 95%, los reductores de alto rango llegan al 88% como mínimo.

En la actualidad una tercera generación de aditivos se introduce rápidamente, solucionando el problema de la pérdida de asentamiento con el tiempo, que afectaba al concreto premezclado, en especial en regiones cálidas.

A nuestro juicio los siguientes criterios en la selección y uso de aditivos químicos son pertinentes:

- Establecer cuál es la característica principal del concreto que es modificada por el aditivo, cuales son las características secundarias que son modificadas en menores medidas y cuales son los parámetros a controlar, por eventuales desarreglos que pudieran presentarse.
- Conocer el tipo de constituyente básico del aditivo para aprovechar la experiencia y las investigaciones existentes.
- En los casos de aditivos reductores de agua, con función de acelerar o retardar el fraguado (especialmente en los del tipo de alto rango) conviene evaluar la compatibilidad del aditivo con el cemento utilizado.

1.2.2 ADITIVOS DE ÚLTIMA GENERACIÓN.

Durante los últimos años, coincidiendo con la consolidación de la aplicación en concreto de la nueva química basada en policarboxilatos, se ha promocionado de manera intensa la introducción de estos aditivos para la producción del que llamamos el concreto convencional. Inicialmente estos nuevos aditivos de última generación fueron introducidos en el sector del prefabricado y para los concretos de elevadas prestaciones. En ambos casos existen unos denominadores comunes que en su día facilitaron el éxito de esta nueva química: elevadas cantidades de cemento, consistencias elevadas, tiempos de transporte reducidos y esencialmente, concretos sujetos a numerosos controles, tanto para garantizar la calidad del concreto como su producción. El exitoso rendimiento de los aditivos basados en policarboxilatos ya

ha quedado más que reconocido en los concretos de altas prestaciones y en el concreto para prefabricado.

A partir de aquí, el siguiente escalón: introducir los aditivos de última generación basados en policarboxilatos en el concreto convencional. Los esfuerzos realizados para esta finalidad en este último periodo han sido intensos y, como no, han reportado cosas buenas y cosas malas. Mientras en el sector del prefabricado los puntos clave son la reducción de agua como tal (acompañada de una elevada resistencia inicial) y los acabados del concreto, en el concreto convencional, y a pesar de tratarse de un concreto con menores exigencias de resistencia y de acabados, los requisitos podríamos asegurar que han aumentado considerando las peculiaridades de estos nuevos aditivos. Ya no es todo simplemente reducir agua, deben observarse muchos puntos más que generalmente son los que cuestionan o ratifican la viabilidad de los aditivos basados en policarboxilatos para la producción diaria del concreto convencional.

Formular un concreto convencional con un aditivo de última generación será rentable siempre que exista una reducción de cemento suficiente para compensar el costo del aditivo y que, obviamente, siga ofreciendo la resistencia mecánica especificada. Esto no es lo más difícil, pues se trata simplemente de reducir agua, que es lo que mejor hacen este tipo de aditivos. Sin embargo, esta reducción de cemento y el propio uso de aditivos tan energéticos acarrea varios efectos secundarios que muchas veces no son considerados inicialmente y que al final reportan graves problemas en la obras como insuficiente docilidad, malos bombeos, etc.

Los factores más importantes que deben contrastarse con especial atención, evidentemente a parte de las resistencias mecánicas, podrían ser los siguientes: Mantenimiento de la consistencia, docilidad, bombeabilidad y regularidad en la producción y en la calidad del concreto.

1.3 USOS DE LOS ADITIVOS.

Los aditivos pueden usarse para los siguientes fines:

- Aumentar la trabajabilidad sin aumentar el contenido del agua o para reducir el contenido de agua, logrando la misma trabajabilidad.
- Acelerar la velocidad de desarrollo de resistencia a edades tempranas.
- Aumentar la resistencia.
- Retardar o acelerar el fraguado inicial.
- Retardar o reducir el desarrollo de calor.
- Modificar la velocidad o la aptitud de sangrado o ambos.
- Aumentar la durabilidad o la resistencia a condiciones severas de exposición incluyendo la aplicación de sales para quitar el hielo.
- Controlar la expansión causada por la reacción de los álcalis con ciertos constituyentes de los agregados.
- Reducir el flujo capilar del agua.
- Reducir la permeabilidad a los líquidos.
- Para producir concreto celular.
- Mayor facilidad para el bombeo.
- Reducir el asentamiento, especialmente en mezclas para rellenos.
- Aumentar la adherencia del concreto en el acero.
- Aumentar la adherencia entre el concreto viejo y nuevo.
- Producir concreto o mortero de color.
- Obtener concreto o morteros con propiedades fungicidas, germicidas o insecticidas.
- Inhibir la corrosión de metales sujetos a corrosión embebidos en el concreto.
- Reducir el costo unitario del concreto.

1.4 CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS.

No es fácil clasificar a los aditivos, debido a que ellos pueden ser clasificados genéricamente o con relación a los efectos característicos derivados de su empleo; pueden modificar más de una propiedad del concreto.

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

De acuerdo a la norma ASTM C-494, los aditivos se clasifican en:

- TIPO A: Los cuales actúan como reductores de agua.
- TIPO B: Los cuales actúan como retardadores el tiempo de fraguado.
- TIPO C: Los cuales actúan como acelerantes.
- TIPO D: Los cuales actúan como reductores de agua y retardadores de fragua.
- TIPO E: Los cuales actúan como reductores de agua y acelerantes.
- TIPO F: Los cuales actúan como reductores de agua de alto rango.
- TIPO G: Los cuales actúan como reductores de agua de alto rango y retardadores.

Los aditivos de los grupos Tipo F y Tipo G son usualmente conocidos como aditivos superplastificantes.

Existen otros tipos de clasificaciones de aditivos de acuerdo a los efectos de su empleo o a los tipos de materiales constituyentes.

La recomendación ACI 212 clasifica a los aditivos en los siguientes grupos:

- **Acelerantes:** Los cuales tienen por finalidad incrementar significativamente el desarrollo inicial de resistencia en compresión y/o acortar el tiempo de fraguado.
- **Incorporadores de aire:** Los cuales tienen por objetivo mejorar el comportamiento del concreto frente a los procesos de congelación y deshielo que se producen en sus poros capilares cuando él está saturado y sometido a temperatura bajo 0°C.

- **Reductores de agua y reguladores de fragua:** Los cuales tienen por finalidad reducir los requisitos de agua de la mezcla o modificar las condiciones de fraguado de la misma, o ambas.
- **Aditivos minerales:** Ya sean cementantes o puzolánicos, los cuales tienen por finalidad mejorar el comportamiento al estado fresco de mezclas deficientes en partículas muy finas y, en algunos casos, incrementar la resistencia final del concreto. A los aditivos de este grupo en la actualidad se les considera como adiciones.
- **Generadores de gas:** Tienen por finalidad controlar los procesos de exudación y asentamiento mediante la liberación de burbujas de gas en la mezcla fresca.
- **Aditivos para inyecciones:** Tienen por finalidad retardar el tiempo de fraguado en cimentaciones especiales en las que las distancias de bombeo son muy grandes.
- **Productores de expansión:** Tienen por finalidad minimizar los efectos adversos de la contracción por secado del concreto.
- **Ligantes:** Tienen por única finalidad incrementar las propiedades ligantes de mezclas mediante la emulsión de un polímero orgánico.
- **Ayudas para bombeo:** Tienen por finalidad mejorar la facilidad de bombeo del concreto por incremento de la viscosidad del agua de la mezcla.
- **Colorantes:** Tienen por finalidad producir en el concreto el color deseado sin afectar las propiedades de la mezcla.
- **Floculantes:** Tienen por finalidad incrementar la velocidad de exudación y disminuir el volumen de ésta, al mismo tiempo que reducen el flujo e incrementan la cohesividad y rigidización inicial de la mezcla.

- **Fungicidas, insecticidas y germicidas:** Tienen por finalidad inhibir o controlar el crecimiento de bacterias y hongos en pisos y paredes.
- **Impermeabilizantes:** Los cuales tienen por finalidad contribuir a controlar las filtraciones a través de las grietas, reduciendo la penetración del agua, en un concreto no saturado, desde el lado húmedo al lado seco.
- **Reductores de permeabilidad:** Los cuales tienen por finalidad reducir la velocidad con la cual el agua puede circular a través de un elemento de concreto saturado, bajo una gradiente hidráulica mantenida externamente.
- **Controladores de reacción álcali-agregado:** Los cuales tienen por finalidad reducir, evitar o controlar la reacción entre los álcalis del cemento y elementos que puedan estar presentes en los agregados reactivos.
- **Inhibidores de la corrosión:** Los cuales tienen por finalidad inhibir, retardar o reducir la corrosión del acero de refuerzo y elementos metálicos embebidos en el concreto.
- **Superplastificantes:** También conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango, los cuales tienen por finalidad reducir en forma importante el contenido de agua del concreto manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado. Igualmente se emplean para incrementar el asentamiento sin necesidad de aumentar el contenido de agua de la mezcla.

1.5 REQUISITOS DE LA NORMA.

Tanto las normas peruanas como las norteamericanas del ASTM que les sirven de antecedentes, normalizan a los aditivos de acuerdo a la función que cumplen en el concreto. En la Comunidad Europea las normas normalizan los aditivos químicos según sean aplicados a pastas

de cemento, morteros, concretos y concretos proyectados. Existen muchos otros tipos de aditivos, aún no normalizados, que tiene un nicho en el mercado.

La introducción de los aditivos químicos en el mercado de la construcción se efectuó en las década de los cincuenta, de manera lenta pero progresiva debido a la actitud conservadora de muchos organismos como el Bureau of Reclamation, en los EE.UU.

La actividad de los aditivos fue presentada inicialmente como algo misterioso y los productores aparecían como modernos alquimistas.

Los vendedores no conocían el producto de base del material que ofrecían, sin embargo los procesos eran simples, utilizando subproductos de la industria petrolera o subproductos industriales, como los lignosulfonatos brutos sin mayor eliminación de azúcares, provenientes de la fabricación del papel por vía química.

La rápida introducción de los aditivos en el mercado de la construcción motivó la atención de investigadores, registrándose los primeros eventos técnicos, entre ellos debemos señalar: el "International Symposium on Admixtures for Mortar and Concrete", Brussels, 1967, RILEM. También la primera y segunda "internacional Conference on Superplasticizers in Concrete", de 1978 y 1981 organizado por ACI-CANMET. "Symposium on Superplasticizers in Concrete" Washington, D.C. 1978.

Es en este periodo en que se afirma el conocimiento científico del comportamiento de los aditivos en el concreto.

Paralelamente se ha producido un proceso de concentración en la industria de aditivos, con inversión en investigación, desarrollo, procesos tecnológicos y control de calidad para satisfacer los requerimientos del usuario.

En el Perú los aditivos químicos se introducen en la década de los cincuenta en un mercado restringido. La primera norma nacional de aditivos corresponde al año de 1981 y se basa en la norma ASTM de 1969 comprendiendo los tipos A, B, C, D y E. Los requerimientos de estas normas se refieren a la performance de los concretos con aditivos, especificando su desempeño en trabajabilidad, deformación y resistencia.

En la actualidad hay una nueva generación de aditivos llamados lo de última generación, este tipo de aditivos que se encuentra normalizado muchas veces se confunden con los reductores de agua de alto rango. La norma los diferencia al prescribir que deben producir un incremento de 9 cm en el asentamiento.

Estos aditivos permiten que el concreto acceda en elementos con alta cuantía de acero de refuerzo y facilite el vaciado de grandes superficies con economía.

Estos aditivos cumplen la norma ASTM C-494 y NTP- 334.088

1.6 DOSIFICACION DE LOS ADITIVOS.

El éxito en el uso de aditivos depende del empleo de métodos apropiados de preparación y dosificación. Un sistema de dosificación requiere de precisión, reproducibilidad y velocidad. La falla en cualquiera de estas áreas puede afectar significativamente las propiedades y el trabajo del concreto.

La preparación de cualquier aditivo previamente a su introducción en la mezcla de concreto debe atenerse a las recomendaciones del fabricante, así como al procedimiento establecido y aceptados.

Aunque no es directamente una parte del proceso de preparación, debe darse atención importante al almacenamiento adecuado de los aditivos. Para el almacenamiento deben seguirse las recomendaciones de los fabricantes.

Con respecto a los sistemas de dosificación, pueden agruparse los aditivos en tres categorías:

- Aquellos materiales que se dosifican en la mezcla en estado líquido.
- Aditivos minerales finamente divididos tales como puzolanas naturales.
- Aditivos mezclados con materiales inertes para abultarlos a fin de facilitar un pesado adecuado y la distribución del ingrediente activo en la mezcla de concreto.

1.7 EQUIPO DE DOSIFICACION.

Los aditivos pulverizados deben ser dosificados por peso y los aditivos en pasta o líquidos por peso o volumen. La mayor parte de los dosificadores de aditivos líquidos para concreto usados actualmente son de tipo volumétrico.

Las dosificadoras de concreto están clasificadas como manuales, semiautomáticas y automáticas. La mayor parte de los sistemas de dosificadores de aditivos disponibles, son adaptables a plantas dosificadoras manuales y semiautomáticas. Una planta de dosificación automática requiere dosificadores de aditivos muchos más complejos, que permitan una interconexión completa, tanto para asegurar precisión en la dosificación dentro de las tolerancias especificadas, como para suministrar la manera de llevar una relación de la cantidad dosificada. El mayor número de especificaciones exige algún procedimiento que permita la inspección visual de la cantidad dosificada.

Se emplean diversos métodos para lograr el control de la cantidad dosificada que se describe a continuación:

1.7.1. DOSIFICADORES VOLUMETRICOS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.

Los siguientes dos tipos de dosificadores de aditivos son muy adecuados para usarse en plantas dosificadoras de concreto semiautomáticas o totalmente automáticas, ya que se pueden interconectar fácilmente para operación a control remoto.

1. **Medidores:** Para dosificar aditivos se usan medidores de flujo de desplazamiento positivo, similares a los medidores de agua. Pueden estar equipados con mecanismos eléctricos que emitan pulsaciones para una cantidad determinada de solución, para activar un contador eléctrico automático. Sin embargo, muchos medidores se calibran para líquidos de una viscosidad dada y se debe tener cuidado de que se mantenga la viscosidad dentro del límite de calibración, para no introducir

errores en la medida. La viscosidad de los aditivos líquidos puede variar ampliamente con los cambios de temperatura.

- 2. Recipientes:** Los recipientes de medida de desplazamiento positivo se equipan con flotador. El movimiento lineal del flotador en recipientes medidos de sección conocida es en función del volumen de solución dosificada.

Estos flotadores están usualmente acoplados a interruptores pulsadores, potenciómetros o transmisores sincrónicos que operan contadores eléctricos automáticos o indicadores de corriente cero.

1.7.2 RECIPIENTES VOLUMETRICOS VISIBLES.

El recipiente volumétrico visible es, generalmente, un sistema operado manualmente en el cual el operador controla el llenado y la descarga con válvulas operadas manualmente. Hay recipientes de diversos tamaños disponibles para cumplir con las necesidades de planta de diferentes capacidades. Los sistemas alimentadores por gravedad son los menos caros y requieren del menor mantenimiento. Hay varias combinaciones de aditamentos disponibles para este tipo de sistemas tales como: válvulas de potencia para entrada y descarga, bombas para el recipiente, controles automáticos de flotador y mecanismos de descarga activados por aire.

1.7.3 SISTEMAS CONTROLADOS POR MEDIDOR DE TIEMPO.

Aunque se pueden usar sistemas controlados por medidores de tiempo, su empleo no es recomendable debido a la extraordinaria falta de precisión y a la no reproducibilidad de resultados. En esencia, estos sistemas, actúan controlando el tiempo de flujo a través de un orificio. Los medidores eléctricos de tiempo pueden ser afectados por los cambios en el suministro de energía eléctrica al motor del aparato. Una restricción parcial del

orificio causado por una materia extraña, puede reducir seriamente la precisión.

Cambios en viscosidad debidos a alteraciones de temperatura de la solución también puede originar variaciones de flujo.

1.7.4 DOSIFICACION POR PESO.

La dosificación por peso es un método muy útil para controlar la inclusión de los aditivos. El tipo de báscula ya sea de barra o de carátula, debe ser tal que se obtenga la precisión requerida para la dosificación. Siempre debe incluirse un indicador en un sistema pesador para que el operador pueda estar seguro de que todo el aditivo que ha pesado es descargado. El indicador puede ser en forma de ventanilla de vidrio, siempre que la tolva de pesar esté a la vista del operador, o tener un mecanismo eléctrico que señale cuando la tolva quede vacía o cuando no ha descargado totalmente.

Un dosificador por peso tiene la desventaja de que las dosificaciones de aditivos líquidos tienen que ser convertidas de volumen a peso. También es frecuentemente necesario diluir la solución de aditivo para tener una suficiente cantidad para que la pesada sea precisa.

CAPITULO II

ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES

CAPITULO 2: ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES

2.1 ANTECEDENTES.

Los primeros que utilizaron los aditivos superplastificantes fueron los japoneses luego paso a Europa por Francia, Alemania e Inglaterra y solo hace algunos años a América.

Los primeros aditivos plastificantes datan de las década de los años 30 mientras que los primeros aditivos superplastificantes fueron originalmente fabricados en Japón en la década de los años 60 a partir de los formaldehídos naftalenos sulfonatados, a fin de producir concretos de alta resistencia al permitir grandes reducciones en el contenido de agua; y en Alemania, desde 1972, a partir de los formaldehídos melamina sulfonatados, a fin de desarrollar concretos fluidos, es decir concretos con asentamientos mayores de 200 mm (7.9”).

Durante más de 60 años la evolución de los aditivos ha sido continua, desde los primeros aditivos a base de lignosulfonatos a los actuales policaborxilatos modificados.

Actualmente en los E.U. los superplastificantes están siendo usados por un número cada día mayor de productores de concreto y en especial en concreto prefabricado.

En la década del 70 se introdujeron en Chile los primeros aditivos superplastificantes, revolucionando la tecnología del concreto en esa época, por cuanto se logró realizar concretos fluidos y de alta resistencia para elementos prefabricados y para la construcción de elementos esbeltos y de fina apariencia.

A fines de los 90 y a inicios de los 2000, coincidiendo con la consolidación de la aplicación en concreto de la nueva química basada en policarboxilatos, se ha promocionado de manera intensa la introducción de estos aditivos para la producción del que llamamos el concreto convencional.

2.2 DEFINICIÓN.

Los superplastificantes, o reductores de agua de alta actividad, son productos que al ser incorporados al concreto aumentan, significativamente su trabajabilidad, para una misma relación agua/cemento, o producen una considerable reducción de esta relación si se mantiene su trabajabilidad.

En este último caso, cuando hay una reducción de agua en el concreto manteniendo su trabajabilidad, hay un incremento de la resistencia a la compresión.

2.3 TIPOS DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES.

Existen varios agentes químicos que ayudan a desarrollar la elevada trabajabilidad. Sin embargo puede reconocerse tres grupos principales: los condensadores de formaldehído melamina sulfonatados, los condensadores de formaldehído naftaleno sulfonatados y los policarboxilatos modificados.

Además ciertos lignosulfonatos modificados también se consideran superplastificantes.

a) Condensados de formaldehído melamina sulfonatados.

Son principalmente de origen alemán. Actúan principalmente formando una película lubricante sobre la superficie de las partículas. Su color es claro a ligeramente turbio, y tiene una densidad de 1.1 kg/lt.

b) Condensados de formaldehído naftaleno sulfonatados.

Son principalmente de origen japonés. Estos aditivos atacan las partículas de cemento equidireccionalmente para formar una película

lubricante en la superficie de las partículas. Su color es marrón oscuro y tiene una densidad de 1200 kg/m^3

c) Policarboxilatos modificados.

A finales de los años 90 y a inicios de esta década, se desarrolló una nueva familia de aditivos superplastificantes basados en policarboxilatos, capaces de inducir una mayor reducción de la demanda de agua en la preparación de morteros y concretos que los aditivos superplastificantes convencionales

d) Lignosulfonatos modificados.

El producto más conocido en este tipo de aditivo es el Mucoplast.

2.4 MODOS DE ACCIÓN.

Sin excepción, los aditivos superplastificantes poseen una marcada capacidad para dispersarse, sin presentar efectos laterales diversos; las floculaciones de cemento aparecen normalmente cuando el cemento se encuentra en una suspensión de agua. Su capacidad a este respecto excede a aquella de los plastificantes compuestos a base de lignosulfonatos no modificados o de ácido de polihidroxicarboxílico.

Estos aditivos absorben en las partículas de cemento causando que estas se repelen mutuamente como resultado de la naturaleza aniónica de los superplastificantes, que origina que las partículas de cemento se carguen negativamente. En principio, este efecto de absorción y dispersión es similar a aquel encontrado en los plastificantes aniónicos normales.

Los dos primeros tipos de superplastificantes, se distinguen de los demás en que su sustancia química activa no origina una disminución significativa de la tensión superficial.

Probablemente es debido a esta razón que dichos aditivos pueden tolerarse en altos niveles de dosificación sin que exista un volumen excesivo de aire atrapado en contraste, el material patentado líquido disminuye la tensión superficial y, por lo tanto, mejora la capacidad del agua para humedecer los granos de cemento y proporcionar una mejor lubricación interna.

2.5 MICROESTRUCTURA.

Los estudios efectuados con el microscopio electrónico han permitido el examen de la microestructura general y las características morfológicas de la pasta. En la hidratación del aluminato tricálcico se forman, inicialmente, láminas hexagonales, pero en la presencia de superplastificantes los productos de hidratación pueden formarse como un gel que recubre la superficie del aluminato tricálcico.

En las mezclas aluminato tricálcico –sulfato de calcio-agua no se han sacado conclusiones definitivas con respecto a los cambios de las características morfológicas, se ha observado al microscopio electrónico que, en la presencia de superplastificantes pueden formarse agujas en forma de redes en lugar de grandes paquetes de fibras.

El hidrato formado en la presencia de superplastificantes tiene una estructura más compacta y parece ser menos poroso que el espécimen de referencia.

Una conclusión importante es que, a pesar de que no se han observado diferencias importantes en la morfología de las pastas de cemento hidratadas, con o sin superplastificantes, se puede formar partículas más finas con estructura más densa cuando se emplea superplastificantes.

2.6 MECANISMO DE ACCIÓN DE LOS ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES EN GENERAL.

Un incremento significativo en la resistencia en compresión, control de la velocidad de endurecimiento, ganancia acelerada de la resistencia, mejora en la trabajabilidad, e incremento en la durabilidad, son algunos aspectos del mecanismo de acción de los aditivos elegidos.

2.7 CAMPOS DE APLICACIÓN Y VENTAJAS.

Para alcanzar elevadas resistencias a la compresión del concreto en estudio, las especificaciones recomiendan emplear un aditivo superplastificante que permita reducir la demanda de agua, manteniendo niveles aceptables de trabajabilidad en la mezcla.

La selección del tipo, marca y dosaje de todos los aditivos deberá basarse en el comportamiento con los otros materiales que están siendo considerados o seleccionados para ser considerados en la aplicación respectiva.

Aplicaciones de los aditivos superplastificantes:

- Facilidad de colocación del concreto en áreas de gran congestión de acero de refuerzo y en aquellas a las cuales el concreto no es fácilmente accesible.
- Eliminación del problema de adaptación a los encofrados.
- Mayor facilidad en el bombeo del concreto.
- Mayor facilidad de empleo del concreto en secciones especiales y en concreto arquitectónico.
- Empleo para obtener altas resistencias en compresión a determinadas edades.

2.8 PRECAUCIONES.

Las precauciones para el uso de los aditivos son muy importantes tanto en la dosificación y manipulación del mismo, ya que de ello dependerá en gran medida el máximo aprovechamiento en su utilidad en el concreto para el que fue diseñado.

Primeramente se deberá tener presente la fecha de vencimiento del aditivo, por lo tanto se deberá verificar que cada lote deba tener su fecha de elaboración y su certificado de calidad y posteriormente su almacenamiento y posterior manipulación en las condiciones especificadas por el fabricante, el almacenamiento deberá efectuarse de manera que siempre sea posible su utilización de acuerdo a su orden de llegada a la obra. Y también deberá evitarse la contaminación, evaporación o deterioro de los mismos.

2.9 ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES BASADOS EN POLICARBOXILATOS Y POLIÉTER.

A finales de los años 90 se desarrollo una nueva familia de aditivos superplastificantes basados en policarboxilatos y poliéteres capaces de inducir una mayor reducción de la demanda de agua en la preparación de morteros y concretos que los aditivos superplastificantes convencionales (derivados de naftaleno, melamina y los basados en lignosulfonato). Estos aditivos no solo originan los mayores y prolongados incrementos de la fluidez de los morteros y concretos de cemento Pórtland, sino que además les confieren una mayor resistencia a la segregación y exudación que los aditivos superplastificantes convencionales. El empleo de estos aditivos policarboxilatos y poliéteres es indispensable en la preparación de concretos autocompactantes y de altas prestaciones.

2.9.1. EFECTOS DE LOS ADITIVOS POLICARBOXILATOS Y POLIÉTERES SOBRE LAS PROPIEDADES REOLOGICAS DE LAS PASTAS, MORTEROS Y CONCRETOS DE CEMENTO PORTLAND.

Numerosos trabajos indican que el efecto fluidificante de los aditivos basados en policarboxilatos y poliéteres, depende de factores asociados al propio aditivo y, al igual que en el caso de los aditivos convencionales, de las propias características del cemento.

Con respecto a las características del aditivo, en opinión de algunos autores, cuanto más corta sea la cadena principal y más largas y numerosas las cadenas laterales de éteres, mayor y más duradera será la fluidez inducida por el aditivo. Sin embargo otros autores indicaron que cuando la longitud de las cadenas laterales es corta, el efecto fluidificante inducido no depende de la densidad de cadenas laterales. Por el contrario, cuando la longitud de cadenas laterales es media o larga cuanto menor es la densidad de cadenas, mayor es el incremento de la fluidez que el aditivo origina sobre las pastas de cemento.

En este sentido estudios realizados han concluido que el efecto fluidificante de los aditivos basados en policarboxilatos y poliéteres depende también del contenido de grupos carboxilatos así como de grupos poliéteres.

Otras de las características que afectan al comportamiento fluidificante de los aditivos policarboxilatos y poliéteres es su peso molecular.

Cuanto mayor es el peso molecular de los polímeros, mayor es la absorción y mayor la fluidez que inducen. Sin embargo, no sólo hay que considerar el peso molecular de los aditivos, sino además su distribución de pesos moleculares observándose que cuanto menor sea éste, mayor será el efecto de los aditivos sobre la fluidez.

Finalmente y al contrario de lo que sucede en el caso de los aditivos derivados de naftaleno, en los aditivos basados en

policarboxilatos, la naturaleza del contraíón que contienen no modifica su efecto fluidificante.

2.9.2 EFECTO DE LOS ADITIVOS POLICARBOXILATOS Y POLIETERES SOBRE LOS PROCESOS DE HIDRATACION DE LAS PASTAS DE CEMENTO Y SOBRE LA MICROESTRUCTURA Y MORFOLOGIA DE LOS PRODUCTOS DE REACCION.

Desde el punto de vista de los procesos de hidratación del cemento, numerosos estudios confirman que la incorporación de superplastificantes modifica la composición de la solución acuosa, lo que afecta a las reacciones de hidratación y a la formación de los compuestos hidratados del cemento.

Además, pueden afectar a la morfología y microestructura de dichos productos.

La incorporación de aditivos basados en policarboxilatos sobre pastas de cemento Pórtland retrasa las reacciones de hidratación; siendo mayor el retraso cuanto mayor es la dosificación de aditivo empleada.

El retraso que los aditivos policarboxilatos y poliéteres originan no solo depende de la dosificación empleada, sino también de la estructura del propio aditivo.

Aditivos con largas cadenas principales y cortas cadenas laterales de éteres conllevan los mayores retrasos de los procesos reactivos del cemento.

Asimismo, la densidad de cadenas laterales de los aditivos también afecta al retraso de la hidratación del cemento que estos inducen, siendo dicho retraso mayor cuanto mayor es la densidad de cadenas laterales.

De esta forma, aditivos policarboxilatos y poliéteres con una elevada longitud de cadena lateral y baja densidad de cadenas laterales producen los menores retrasos de los procesos reactivos del cemento.

2.10 ADITIVOS A USAR EN LA INVESTIGACIÓN.

2.10.1 Z FLUIDIZANTE SR.

1. Descripción:

Aditivo superplastificante para concreto y reductor de agua, economizador de cemento, cumple con las especificaciones ASTM C1017 Tipo 2, Tipo G no contiene cloruro, no es tóxico, no es inflamable, a base de lignosulfanados.

2. Ventajas:

- Mayor trabajabilidad del concreto.
- No necesita aumentar el contenido del cemento y agua por m².
- Evita la formación de cangrejeras.
- Mayor facilidad de enviar el hormigón a alturas con bomba de concreto.
- Se acomoda mejor el concreto al fierro corrugado.
- No altera el tiempo de fragua inicial del concreto.
- Reduce el drenaje del agua al ser más hermético.
- Resistentes a ácidos, álcalis, sulfatos.

3. Usos:

- Aditivo dispersor y reductor de agua en toda mezcla de concreto. De fácil colocación donde se desee reducir un 10 a 12% de agua, trae a su vez el aumento de resistencia y durabilidad.

4. Aplicación:

- Como superplastificante agregar al concreto o mortero ya listo para ser vaciado y remezclar por espacio de 5 minutos hasta que la mezcla quede fluida.
- Como reductor de agua o cemento agregar disuelto en la última parte del agua de amasado durante el mezclado.

5. Cuidados:

- Utilizar buenos agregados y un diseño adecuado.
- En ciertas condiciones climatológicas varía la dosificación.

- En caso de ser necesario usar entrampador de aire de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ de onza de lo normal.
- Para determinar el slump deseado hacer pruebas en el campo.

6. Densidad:

1.14 kg/Lt.

7. Rendimiento:

- Como superplastificantes usar de 6 onzas a 12 onzas.
- Como reductor de agua y cemento, 18 onzas.

8. Envases:

- 1 galón, 5 galones, 55 galones.
- Peso x galón = 3.75 Lt.

Tiempo de almacenamiento 1 año.

9. Seguridad:

- Usar guantes y lentes respiradores.
- En caso cayera a la vista o a la piel lavar con abundante agua o consultar al médico.

2.10.2 RHEOBUILD 1000.

Aditivo reductor de agua para producir concreto rheoplástico.

1. Usos recomendados:

Concreto donde se desea una alta plasticidad, características de fraguado normal y desarrollo rápido de resistencias.

Aplicaciones de concreto pretensado, prefabricado y premezclado.

Aplicaciones de construcción subterránea civil y minera.

2. Descripción:

Rheobuild 1000 es un aditivo reductor de agua de alto rango diseñado para producir concreto Rheoplástico. Este concreto fluye

fácilmente manteniendo una alta plasticidad por tiempo más prolongados que el concreto superplastificado convencional.

El concreto rheoplástico tiene la baja proporción agua: material cementicio del concreto sin asentamiento, dando excelentes propiedades de ingeniería (endurecimiento).

3. Ventajas:

En el concreto plástico:

- Rango de plasticidad de 200 a 280 mm (8 a 11 in).
- Retención prolongada de asentamiento.
- Tiempos de fraguados prolongados.
- Permite mezclas cohesivas sin segregación y mínima exudación de agua.

Para concreto endurecido:

- Mayores resistencias iniciales en comparación con los superplastificantes convencionales.
- Mayor resistencia final a compresión.
- Mayor módulo de elasticidad.
- Mejor resistencia de adhesión al acero.
- Baja permeabilidad y alta durabilidad.
- Menor retracción y deformación.
- Integridad estructural del elemento terminado altamente confiable.

4. Características de desempeño:

- **Velocidad de endurecimiento**

RHEOBUILD 1000 ha sido diseñado para producir características normales de fraguado para todo el rango de dosificación que se recomienda. El tiempo de fraguado del concreto depende de la composición física y química de los ingredientes básicos del concreto, la temperatura del concreto y las condiciones ambientales.

Deben hacerse mezclas de prueba con los materiales de la obra para determinar la dosificación requerida para el tiempo de fraguado especificado y un requerimiento de resistencia determinado.

- **Manejabilidad**

El concreto al que se ha adicionado RHEOBUILD 1000 tiene la capacidad de mantener una condición rheoplástica de 200 a 280 mm (8 a 11 in) de asentamiento si así se requiere. La duración precisa para poder trabajar la mezcla no solo depende de la temperatura, sino también del tipo de cemento, materiales cementicios suplementarios, proporciones de la mezcla, la naturaleza de los agregados, el método de transporte y la dosificación.

5. Aplicación:

- **Dosificación**

El rango de dosificación recomendado para el RHEOBUILD 1000 es de 650 – 1600ml/100kg de material cementicio dependiendo de la aplicación y de cuando se desee incrementar el asentamiento y la resistencia.

Las dosificaciones anteriores aplican a la mayoría de las mezclas de concreto que usan ingredientes típicos del concreto. Debido a las variaciones en las condiciones de la obra y de los materiales del concreto como la microsilica, se podrán requerir rangos de dosificación diferentes a los recomendados.

- **Mezclado**

Ya que se incrementa la retención de asentamiento usando el aditivo RHEOBUILD 1000, este se puede adicionar en la planta de premezclados. También puede adicionarse en la obra si se desea incrementar el asentamiento.

6. Recomendaciones:

- **Corrosividad**

No corrosivo, no contiene cloruros. RHEOBUILD 1000 no iniciará o promoverá la corrosión del acero reforzado en el concreto, concreto pretensado o concreto colocado en sistema de pisos y techos de acero galvanizado. No se utilizó cloruro de calcio ni ningún

ingrediente a base de cloruros en la manufactura del aditivo RHEOBUILD 1000.

- **Compatibilidad**

RHEOBUILD 1000 puede utilizarse en combinación con la mayoría de los aditivos de BASF Construction Chemicals y en todo el concreto de color y arquitectónico. Cuando se usa con otros aditivos, cada aditivo deberá adicionarse a la mezcla en forma separada.

- **Temperatura**

Si se llega a congelar el RHEOBUILD 1000, eleve a una temperatura de 7° C o mayor y reconstituya el producto por completo con una agitación mecánica ligera. No use aire presurizado para agitar.

7. **Almacenamiento:**

RHEOBUILD 1000 tiene una vida útil de 18 meses como mínimo.

Dependiendo de las condiciones de almacenamiento, la vida útil puede ser mayor.

8. **Empaque:**

RHEOBUILD 1000 se suministra en tambores de 55gal, en tanques de 275gai y a granel.

2.10.3 GLENIUM 4700R.

Aditivo hiperplastificante reductor de agua de alto rango para concreto, de nueva generación.

1. **Descripción:**

GLENIUM 4700R es un aditivo hiperplastificante reductor de agua de alto rango basado en la tecnología de policarboxilato.

2. **Aplicación:**

- Concreto prefabricado de alta calidad.
- Concreto lanzado de alta resistencia.

- Concreto autocompactante.
- Aplicaciones donde se demanden altas resistencias iniciales y finales.
- Concreto que requiera una alta fluidez y mayor durabilidad.
- Concreto que requiera una reducción de agua de 10 a 40%.

3. Ventajas:

Excelente capacidad fluidificante asociada a una excelente mantención de la manejabilidad sin alterar tiempo de fraguado.

Aumenta las resistencias iniciales y finales del concreto cuando se emplea como reductor de agua.

Mejora la impermeabilidad y durabilidad del concreto al disminuir la porosidad del mismo.

Permite obtener concreto fluido con baja relación agua/cemento, sin segregación ni sangrado.

Incrementa la productividad en las operaciones del concreto.

Mejora el acabado y la textura de la superficie del concreto.

Facilita las tareas de compactación por vibrado e incluso la elimina para el caso de concreto autocompactante.

Excelente cohesión.

4. Modo de uso:

Es recomendable añadir GLENIUM 4700R con la última parte del agua de amasado para agilizar la dispersión, aunque puede adicionarse conjuntamente con el agua de amasado o incluso directamente al mixer.

Evitar añadir el aditivo al agregado seco. Se recomienda en cada caso realizar los ensayos oportunos para determinar la dosificación óptima.

5. Forma de entrega:

GLENIUM 4700R se presenta a granel, tambores de 55 gal y en tanques de 1000 litros.

6. Almacenamiento:

Almacenar en lugar fresco y seco, con temperaturas superiores a 5° C. En estas condiciones GLENIUM 4700R puede almacenarse hasta 12 meses.

7. Precaución:

Si el GLENIUM 4700R se congela, llévese a una temperatura de 20 °C o más, y agítese hasta que esté completamente reconstituido. No use aire comprimido para agitarlo.

8. Dosificación:

El rango de dosificación recomendado para el GLENIUM 4700R es de 500 ml a 2000 ml por 100 kg de cemento. Estas dosificaciones pueden ampliarse o reducirse en función de las necesidades de fluidificación, reducción de agua y resistencias iniciales y finales deseadas.

2.10.4 POLYHEED 770R.

POLYHEED 770R se recomienda en todo concreto que requiera extender el fraguado inicial y la trabajabilidad.

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

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

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

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

1. Ventajas:

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

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

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

2. Dosificación:

Se recomienda dosificar al aditivo POLYHEED 770R en un rango de 400ml a 560ml por cada 100kg de material cementante, en la mayoría de las mezclas de concreto para clima caluroso.

En caso que la temperatura ambiente sea inferior a los 15°C deberá tomarse las precauciones necesarias para proteger el concreto ya que pueden presentarse tiempos de fraguas iniciales y finales muy prolongados.

La razón por la cual se está utilizando el POLYHEED 770R en complemento con el GLENIUM 4700R y el RHEOBUILD 1000, es por recomendación del fabricante, ya que dicha combinación le da mejor textura al concreto y un mejor comportamiento en estado fresco.

Produce una mejor trabajabilidad y bombeabilidad en climas calurosos y reduce la segregación.

Extiende el fraguado inicial y aumenta la trabajabilidad en el concreto. En combinación con los aditivos GLENIUM 4700R y RHEOBUILD 1000 produce una reducción de agua significativa para una misma trabajabilidad.

CAPITULO III

DISEÑO DE MEZCLA

CAPITULO 3: DISEÑO DE MEZCLA

3.1 INTRODUCCION.

En el diseño de mezcla del concreto, cada uno de los elementos debe cumplir con las normas establecidas, pero estas normas están dadas para una cierta cantidad de condiciones específicas que muchas veces van en contra de la realidad y de las nuevas circunstancias que se dan en el desarrollo de la Tecnología del Concreto a nivel mundial. Como sabemos la mezcla de cemento, agua, aire atrapado, agregados y en algunos casos aditivos, obtendremos finalmente un solo material "EL CONCRETO".

Pero observamos que los agregados son parte del concreto y por lo tanto no tenemos por qué separarlos en su estudio, pero podemos ver sus propiedades de manera independientes para ver como influyen en la calidad del concreto.

3.1.1 CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS.

En general las características físicas más importantes de los agregados son las que están referidas a su peso unitario, peso específico, contenido de humedad, porosidad y la distribución volumétrica de las partículas, que se le denomina granulometría.

Asociadas a estas características, se encuentran una serie de ensayos de laboratorio estandarizados que miden estas propiedades, para compararlas con valores de referencia establecidos por las normas.

Aquí veremos las principales características físicas tanto del agregado fino como del agregado grueso.

3.1.2 AGREGADO FINO.

El agregado fino es el material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasan por el tamiz de 3/8" y es retenido en el tamiz N° 200.

a) PESO UNITARIO (NTP 400.017)

El peso unitario es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en kg/m^3 .

El peso unitario depende de ciertas condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría, así como el contenido de humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación impuestos, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, etc.

El cálculo se determina de la siguiente manera:

$$\text{Peso Unitario} = W/V_0 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Donde:

W : Peso neto del agregado

V_0 : Volumen del recipiente

1. PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)

Es el Peso unitario que se obtiene al llenar el recipiente en una sola capa y sin ninguna presión.

2. PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.)

Es el peso unitario que se obtiene cuando se ejerce presión (compactación) al llenar el recipiente en tres capas.

b) PESO ESPECIFICO (NTP 400.021)

El Peso específico es la relación entre el peso del material y su volumen, su diferencia con el peso unitario está en que éste no cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. Es necesario tener este valor para realizar la dosificación de la

mezcla y también para verificar que el agregado corresponda al material de peso normal.

1. PESO ESPECIFICO DE MASA.

Es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen total (incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material).

El cálculo se determina de la siguiente manera:

$$P_{em} = P_s / V_{sss}$$

Dónde:

P_s = Peso seco

V_{sss} = Volumen de la arena saturada superficialmente
seca

P_{em} = Peso Específico de Masa

c) CONTENIDO DE HUMEDAD Y ABSORCION.

1. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185)

Es la cantidad de agua que contiene el agregado fino. Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor, la cantidad de agua del concreto varía.

El cálculo se determina de la siguiente manera:

$$\text{Contenido de Humedad (\%)} = (W_n - W_s) \times 100 / W_s$$

Donde:

W_n : Peso natural del agregado

W_s : Peso del agregado secado al horno

2. ABSORCION (NTP 400.022)

Es la capacidad del agregado fino de absorber el agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua / cemento del concreto.

El cálculo se determina de la siguiente manera:

$$\text{Absorción (\%)} = (W_{\text{sss}} - W_0) \times 100 / W_0$$

Donde :

W_{sss} :Peso de la muestra saturada superficialmente seca

W_0 :Peso del material secado al horno en gramos

d) GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO (NTP 400.012)

1. GRANULOMETRIA

La Granulometría se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados. Los tamaños de los tamices utilizados son: N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200.

Antes de comenzar a realizar cualquier estudio de las características del concreto, se tiene primero que determinar la calidad del agregado con el que se trabaja y verificar si cumple los requerimientos básicos de las normas.

La gradación del material juega un papel muy importante en su uso como componente del concreto ya que afecta la calidad del material.

2. MODULO DE FINURA.

Es un índice aproximado y representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena, se usa para controlar la uniformidad de los agregados. La norma establece que la arena debe de tener un módulo de finura no menor que 2.35 ni mayor que 3.15.

Se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 dividido entre 100.

3.1.3. AGREGADO GRUESO.

El agregado grueso suele clasificarse en grava y piedra triturada o chancada. La grava es el agregado grueso proveniente de la desintegración natural de los materiales pétreos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos, depositados en forma natural.

La piedra triturada o chancada, es el agregado grueso obtenido por trituración artificial de gravas naturales limpias, libres de polvo artificial.

a) PESO UNITARIO (NTP 400.017)

El peso unitario es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en kg/m^3 .

Se determinan 2 pesos unitarios: Peso Unitario Suelto (P.U.S.) y Peso Unitario Compactado (P.U.C.)

El cálculo se determina de la siguiente manera:

$$\text{Peso Unitario} = W/V_0 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Donde:

W : Peso neto del agregado

V₀ : Volumen del recipiente

1. PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)

Es el peso unitario que se obtiene al llenar el recipiente en una sola capa y sin ninguna presión.

2. PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.)

Es el peso unitario que se obtiene cuando se ejerce presión (compactación) al llenar el recipiente en tres capas.

b) PESO ESPECIFICO (NTP 400.021)

El Peso específico es la relación entre el peso del material y su volumen, su diferencia con el peso unitario está en que éste no cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material.

Además el peso específico es un buen indicador de la calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles.

1. PESO ESPECIFICO DE MASA

Es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen total (incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material).

El cálculo se determina de la siguiente manera:

$$P_{em} = P_s/V_{sss}$$

Donde:

P_s = Peso seco

V_{sss} = Volumen de la piedra saturada superficialmente
seca

P_{em} = Peso Específico de Masa

c) CONTENIDO DE HUMEDAD Y ABSORCION.

1. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185)

Es la cantidad de agua que contiene el agregado grueso. Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor (en porcentaje) la cantidad de agua del concreto varía.

El cálculo se determina de la siguiente manera:

$$\text{Contenido de Humedad (\%)} = (W_n - W_s) \times 100 / W_s$$

Donde:

W_n : Peso natural del agregado

W_s : Peso del agregado secado al horno

2. ABSORCION (NTP 400.022)

Es la capacidad del agregado grueso de absorber el agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua / cemento del concreto.

El cálculo se determina de la siguiente manera:

$$\text{Absorción (\%)} = (W_{sss} - W_0) \times 100 / W_0$$

Donde:

W_{sss} : Peso de la muestra saturada superficialmente
seca

W_0 : Peso del material secado al horno en gramos

d) GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.012)

1. GRANULOMETRIA

La Granulometría se refiere a la distribución por tamaños de las partículas de los agregados. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados. Las mallas utilizadas para determinar la granulometría de los agregados se designa por el tamaño de la abertura cuadrada en pulgadas.

La elección de la granulometría debe efectuarse con el tamaño máximo del agregado, asegurando una adecuada trabajabilidad, de manera que el concreto pueda ser utilizado sin demasiado esfuerzo mecánico.

Para el ensayo granulométrico se utilizo las mallas siguientes:

1", ¾", ½", 3/8", ¼" y N°4.

2. TAMAÑO MAXIMO.

El tamaño máximo se utiliza para seleccionar el agregado según las condiciones de geometría de encofrado y el esfuerzo de acero. Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso.

3. TAMAÑO NOMINAL MAXIMO.

Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada, que produce el primer retenido.

4. MODULO DE FINURA.

Es un índice aproximado y representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra, se usa para controlar la uniformidad de los agregados.

Se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 dividido entre 100.

3.2 METODOS DEL DISEÑO DE MEZCLA.

Los métodos de dosificación de mezcla están basados fundamentalmente por aspectos técnicos lo cual nos permite tener disponibilidad de materiales por sus costos, requisitos de acabado y colocado del concreto; del mismo modo si consideramos las propiedades al estado endurecido como resistencia, durabilidad e inalterabilidad de volumen.

Dentro de los métodos técnicos existentes contamos con:

- El método AĈi
- El método del agregado global
- El método del peso unitario

3.3 CRITERIO DE DISEÑO DE MEZCLA.

Es necesario enfocar el concepto de diseño de mezcla para producir un buen concreto tan económico como sea posible, que cumpla con los requisitos requeridos para el estado fresco (mezclado, transporte, colocación, compactado y acabado, etc.) y en el estado endurecido (la resistencia a la compresión y durabilidad, etc.).

En general, se piensa que todas las propiedades del concreto endurecido están asociadas a la resistencia, en muchos casos, es en función de ella que se las califica. Sin embargo, debe siempre recordarse

al diseñar una mezcla de concreto que muchos factores ajenos a la resistencia pueden afectar otras propiedades.

Es usual suponer que el diseño de mezcla consiste en aplicar ciertas tablas y proporciones ya establecidas que satisfacen prácticamente todas las situaciones normales en las obras, lo cual está muy alejado de la realidad, ya que es en esta etapa del proceso constructivo cuando resulta primordial la labor creativa del responsable de dicho trabajo y en consecuencia el criterio personal.

Finalmente debemos advertir que la etapa del diseño de mezclas de concreto representa solo el inicio de la búsqueda de la mezcla más adecuada para algún caso particular y que ésta, necesariamente deberá ser verificada antes de convertirse en un diseño de obra.

Conseguir una mezcla con un mínimo de pasta y volumen de vacíos o espacios entre partículas y consecuentemente cumplir con las propiedades requeridas es lo que la tecnología del concreto busca en un diseño de mezcla.

Antes de dosificar una mezcla se debe tener conocimiento de la siguiente información:

- Los materiales
- El elemento a vaciar, tamaños y formas de las estructuras
- Resistencia a la compresión requerida
- Condiciones ambientales durante el vaciado
- Condiciones a la que estará expuesta la estructura

En todo momento debe recordarse que el proceso de diseño de una mezcla de concreto comienza con la lectura de las especificaciones técnicas de obra y termina cuando se produce en la misma el concreto de la calidad requerida.

La selección de las proporciones de la unidad cúbica del concreto deberá permitir que alcance a los 28 días o a la edad seleccionada, la resistencia en compresión promedio elegida.

3.4 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLA.

El presente procedimiento de diseño de mezclas de concreto comprenderá una secuencia de pasos lógicos que los mostramos a continuación:

1. Selección del asentamiento
2. Selección del tamaño nominal máximo del agregado grueso
3. Determinación de la cantidad de agua de mezclado y contenido de aire
4. Selección de la relación agua/cemento
5. Determinación del contenido de cemento
6. Selección del contenido del agregado fino - agregado grueso
7. Ajuste por contenido de humedad de los agregados
8. Determinación de pesos secos de los agregados
9. Números de diseños
10. Ajuste en la mezcla de prueba
11. Determinación de las proporciones finales

3.5. DISEÑO DE MEZCLA.

1. Cálculos de las propiedades de la arena y la piedra para el contenido de humedad

Peso de la arena húmeda: 500gr

Peso de la arena seca: 490.5gr

Peso de la piedra húmeda: 1000.5gr

Peso de la piedra seca: 994.5gr

$$\text{Contenido de Humedad (\%)} = (W_n - W_s) \times 100 / W_s$$

Donde:

W_n : Peso natural del agregado

W_s : Peso del agregado secado al horno

$$\text{Cont. de Hum. (arena)} = (500-490.5)*100/490.5 = 1.94\%$$

$$\text{Cont. de Hum. (piedra)} = (1000.5-994.5)*100/994.5 = 0.6\%$$

2. Cálculos de las propiedades de la arena y piedra para la absorción:

$$\text{Absorción (\%)} = (W_{\text{sss}} - W_0) \times 100 / W_0$$

Donde:

W_{sss} : Peso de la muestra saturada superficialmente seca

W_0 : Peso del material secado al horno en gramos

$$W_{\text{sss}} \text{ (piedra)} = 600\text{gr}$$

$$W_0 \text{ (piedra)} = 596.5\text{gr}$$

$$W_{\text{sss}} \text{ (arena)} = 500\text{gr}$$

$$W_0 \text{ (arena)} = 495.5\text{gr}$$

$$\text{Absorción} = (W_{\text{sss}} - W_0) \times 100 / W_0$$

$$\text{Absorción (arena)} = (500-495.5)*100/500 = 0.9\%$$

$$\text{Absorción (piedra)} = (600-596.5)*100/600 = 0.58\%$$

3. Peso específico de masa (Pem):

$$P_{em} = P_s / V_{\text{sss}}$$

Donde:

P_s = Peso del material secado al horno en gramos

V_{sss} = Volumen de la arena o piedra saturada superficialmente seca

P_{em} = Peso Específico de Masa

$$V_{\text{sss}} \text{ (piedra)} = 230\text{ml}$$

$$V_{\text{sss}} \text{ (arena)} = 190\text{ml}$$

$$P_s \text{ (piedra)} = 596.5\text{gr}$$

$$P_s \text{ (arena)} = 495.5\text{gr}$$

$$P_{em} \text{ (arena)} = 495.5/190 = 2.6$$

$$P_{em} \text{ (piedra)} = 596.5/230 = 2.59$$

4. Peso unitario compactado de la piedra

$$\text{Peso Unitario compactado} = W/V_0 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Donde:

W : Peso neto del agregado compactado

V₀ : Volumen del recipiente

$$W = 20.95 \text{ kg}$$

$$V_0 = 1/2\pi^3 = 0.014\text{m}^3$$

$$\text{Peso unitario compactado} = 20.95 / 0.014$$

$$\text{Peso unitario compactado} = 1496\text{kg/m}^3$$

5. Módulo de finura de la arena (MF)

Tamaño	Peso ret.(gr)	Peso ret. (%)	Peso ret acum (%)
Nº 4	21,5	4,34	4,34
Nº 8	35,5	7,17	11,51
Nº 16	96	19,39	30,9
Nº 30	120,5	24,34	55,24
Nº 50	115,5	23,33	78,57
Nº 100	64	12,93	91,5
fondo	42	8,48	100

$$MF = \sum \text{Peso.ret.acum}(\%)[N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100] / 100$$

$$MF(\text{arena}) = (4,34 + 11,51 + 30,9 + 55,24 + 78,57 + 91,5) / 100$$

$$MF(\text{arena}) = 2,72$$

6. Tamaño nominal máximo de la piedra (TNM)

Tamaño	Peso retenido(gr)	Peso retenido (%)
1"	112,5	1,4
3/4"	4122	51,63
1/2"	3624	45,39
3/8"	98,5	1,23
1/4"	15	0,19
fondo	11,5	0,14

El TNM de la piedra es 3/4"

3.5.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO.

1. Materiales

Cemento

Pórtland tipo I

Peso de cemento = 29.6kg

Volumen del balde= $1/3\text{pie}^3 = 0.0094\text{m}^3$

Peso específico = $29.6/0.0094 = 3149\text{kg/m}^3$

Peso específico..... 3,15 gr/cm³

Agregado fino

Peso específico de masa..... 2,6

Módulo de fineza..... 2,72

Porcentaje de absorción..... 0,9%

Contenido de humedad..... 1,94%

Agregado grueso

Peso específico de masa.....2,59

Contenido de humedad.....0,6%

Porcentaje de absorción.....0,58%
Peso unitario compactado..... 1496kg/m³
Tamaño Nominal Máximo.....3/4"

2.- Valores de diseño

Viendo las Tablas dadas por el Comité 613 del ACI, obtenemos los siguientes valores para ser utilizados en el diseño:

1. El valor del asentamiento ya ha sido fijado entre 3" a 4" .
2. El tamaño nominal máximo del agregado grueso ya ha sido fijado y su valor es ¾".
3. El volumen de agua de mezclado, por unidad de volumen de concreto se determina entrando a la tabla 1 (pag.153). Para un concreto sin aire incorporado, el cual va a tener un asentamiento de 3" a 4" se requieren 204 lt por metro cúbico, cuando el agregado grueso tiene un tamaño nominal máximo de ¾".
4. La relación agua/cemento en nuestro caso es de 0.5.
5. La Tabla 2 (Pág. 154) nos indica que para un agregado grueso cuyo tamaño nominal máximo es de ¾" en un concreto sin aire incorporado se tiene un contenido total de aire del 2%.
6. La cantidad de agregado grueso necesaria puede ser estimada a partir de un factor tomado de la Tabla 3 (Pág. 155). Para un agregado fino con módulo de fineza de 2.72 y un agregado grueso de ¾" de tamaño nominal máximo, se puede utilizar un volumen de 0.53 metros cúbicos de agregado grueso por cada metro cúbico de concreto.

3.- Cantidad de cemento

Teniendo la cantidad de agua de 204 lt por metro cúbico de concreto.

Como la relación agua/cemento es de 0.5.

La cantidad de cemento por metro cúbico es de 409 kg.

4.- Cantidad de agregado grueso

Conociendo a partir del valor tomado de la Tabla 3, puede utilizarse 0.53 metros cúbicos de agregado grueso por cada metro cúbico de concreto, bastará multiplicar dicha cantidad por el peso seco compactado del agregado grueso para obtener la cantidad de este material por metro cúbico de concreto.

$$\text{Agregado grueso} = 1496 \cdot 0.53 = 793 \text{kg/m}^3$$

5.- Cantidad de agregado fino

Conocidas las cantidades de agua, cemento, aire total y agregado grueso, por unidad de volumen de concreto, el contenido de agregado fino puede ser calculado por determinación de los volúmenes absolutos de los cuatro ingredientes y por sustracción de la suma de los mismos de la unidad. El valor así obtenido, multiplicado por el peso sólido del agregado fino, nos dará el peso del agregado fino, por unidad de volumen del concreto.

Volumen absoluto del cemento.....	$409/3.15 \cdot 1000 = 0.130 \text{m}^3$
Volumen absoluto de agua.....	$204/1000 = 0.204 \text{m}^3$
Volumen absoluto de aire.....	$0.02 \cdot 1 = 0.020 \text{m}^3$
Volumen absoluto del agreg. grueso..	$793/2.59 \cdot 1000 = \underline{0.306 \text{m}^3}$
Suma de volúmenes absolutos.....	$= 0.660 \text{m}^3$
Volumen absoluto del agregado fino.....	$1 - 0.66 = 0.340 \text{m}^3$
Peso del agregado fino.....	$0.34 \cdot 2.6 \cdot 1000 = 884 \text{kg/m}^3$

6.- Cantidades de materiales

Las cantidades de materiales sin corregir, por humedad del agregado, estimadas para un metro cúbico de concreto, son:

Cemento.....	409kg/m ³
Agua.....	204 lt/m ³
Agregado fino seco.....	884kg/m ³
Agregado grueso seco.....	793kg/m ³

7.- Corrección por humedad del agregado

Las cantidades anteriores consideran el agregado en condición seca. En nuestro caso el agregado fino tiene un contenido de humedad mayor que su porcentaje de absorción, lo que significa que este agregado aportará agua a la mezcla. Por otra parte, el agregado grueso tiene un contenido de humedad mayor que su porcentaje de absorción, lo que implica que este agregado también aportará agua a la mezcla. Por lo tanto es necesario realizar ajustes en los pesos anteriores para compensar la presencia de humedad en el agregado.

La cantidad de agregado fino seco es 884kg/m³. Como el contenido de humedad de dicho agregado es de 1.94%, la cantidad de agregado fino húmedo será:

$$\text{Agregado fino húmedo} = 884 * 1.0194 = 901\text{kg/m}^3$$

La cantidad de agregado grueso seco es de 793kg/m³. Como el contenido de humedad de dicho agregado es de 0.6%, la cantidad de agregado grueso húmedo es:

$$\text{Agregado grueso húmedo} = 793 * 1.006 = 798\text{kg/m}^3$$

La condición de humedad del agregado, por encima o por debajo de su estado de saturado superficialmente seco, da lugar a que este aporte su humedad superficial o reste agua al de la mezcla. A fin de mantener la relación agua-cemento original es necesario corregir la cantidad total de agua considerando el aporte de humedad del agregado.

Considerando que el porcentaje de absorción del agregado fino es de 0.9% y su contenido de humedad es de 1.94%, la humedad superficial, o porcentaje de agua libre, será:

$$\text{Humedad superficial} = 1.94 - 0.9 = 1.04\%$$

Considerando que el porcentaje de absorción del agregado grueso es de 0.58% y su contenido de humedad es de 0.6%, la humedad superficial, o porcentaje de agua libre, será de:

$$\text{Humedad superficial} = 0.6 - 0.58 = 0.02\%$$

El agregado fino, cuya condición de humedad es superior a su porcentaje de absorción, aportará agua a la mezcla la siguiente cantidad:

$$\text{Aporte de agua del agregado fino} = 884 * 0.0104 = 9.19 \text{ lt/m}^3$$

La contribución del agregado grueso, cuya condición de humedad es superior a su porcentaje de absorción, será de:

$$\text{Contribución del agregado grueso} = 793 * 0.0002 = 0.16 \text{ lt/m}^3$$

La contribución de los dos agregados será de:

$$\text{Contribución de los agregados} = 9.19 + 0.16 = 9.35 \approx 10 \text{ lt/m}^3$$

Por lo tanto, la cantidad real de agua a ser utilizada en la preparación de un metro cúbico de concreto será:

$$\text{Agua de mezcla} = 204 - 10 = 194 \text{ lt/m}^3$$

8.- Cantidades de materiales por metro cúbico

Realizadas las correcciones por humedad del agregado, las cantidades de materiales a ser utilizadas en la preparación de un metro cúbico de concreto serán:

Cemento.....	409kg/m ³
Agua.....	194lt/m ³
Agregado fino húmedo.....	901kg/m ³
Agregado grueso húmedo.....	798kg/m ³

9.- Cantidades de materiales por tanda

Cada tanda tiene 48kg de concreto.

Calculamos la suma de los pesos de los materiales por metro cúbico:

$$\Sigma (\text{peso de materiales}) = 409+194+901+798 = 2302$$

Dividimos la sumatoria de los pesos de los materiales entre el peso que tiene cada tanda:

$$2302/48 = 47.96 \rightarrow \text{Factor}$$

Dividimos el peso de cada material entre dicho Factor:

Cemento.....	409/47.96 = 8.5 kg/tanda
Agua.....	194/47.96 = 4.1 lt/tanda
Agregado fino.....	901/47.96 = 18.8 kg/tanda
Agregado grueso.....	798/47.96 = <u>16.6</u> kg/tanda
Suma de los pesos de los materiales.....	= 48 kg/tanda

10.-Corrección de agua

Realizando esta mezcla en el laboratorio resulto muy seca por lo tanto el asentamiento no llegaba a 3", por lo tanto se hizo una corrección en el agua de 4.1 a 4.6 lt/tanda.

Al agua corregida (4.6 lt/tanda) se le multiplica por el Factor (47.96) y se le suma los 10 litros que se les resto por la contribución de los agregados.

Tenemos una nueva cantidad de agua con la cual se volverá a hacer todos los cálculos:

Nueva cantidad de agua = $4.6 \cdot 47.96 + 10 = 231$ litros de agua

11.-Cantidad de cemento corregida

Como la relación agua-cemento es de 0.5 entonces la cantidad de cemento por metro cúbico es de 462kg.

12.-Cantidad de agregado grueso

La cantidad de agregado grueso es la misma y es 793kg/m³.

13.-La nueva cantidad de agregado fino

Conocidas las cantidades de agua, cemento, aire total (no varía, sigue siendo 2%) y agregado grueso, por unidad de volumen de concreto, el contenido de agregado fino al igual que en la primera parte puede ser calculado por determinación de los volúmenes absolutos de los cuatro ingredientes y por sustracción de la suma de los mismos de la unidad. El valor así obtenido, multiplicado por el peso sólido del agregado fino, nos dará el nuevo peso del agregado fino, por unidad de volumen del concreto.

Volumen absoluto del cemento.....	$462/3.15 \cdot 1000 = 0.146\text{m}^3$
Volumen absoluto de agua.....	$231/1000 = 0.231\text{m}^3$
Volumen absoluto de aire.....	$0.02 \cdot 1 = 0.020\text{m}^3$
Volumen absoluto del agreg grueso...793/2.59*1000 =	0.306m^3
Suma de volúmenes absolutos.....	$= 0.703\text{m}^3$
Volumen absoluto del agregado fino.....	$1-0.703 = 0.297\text{m}^3$
Peso del agregado fino.....	$0.297 \cdot 2.6 \cdot 1000 = 772\text{kg/m}^3$

14.-Nuevas cantidades de materiales

Las nuevas cantidades de materiales, sin corregir por humedad del agregado, estimadas para un metro cúbico de concreto, son:

Cemento.....	462kg/m^3
Agua.....	231lt/m^3
Agregado fino seco.....	772kg/m^3
Agregado grueso seco.....	793kg/m^3

15.-Corrección por humedad del agregado

La cantidad de agregado fino seco es 772kg/m^3 . Como el contenido de humedad de dicho agregado es de 1.94%, la cantidad de agregado fino húmedo será:

$$\text{Agregado fino húmedo} = 772 \cdot 1.0194 = 787\text{kg/m}^3$$

La cantidad de agregado grueso seco es de 793kg/m^3 . Como el contenido de humedad de dicho agregado es de 0.6%, la cantidad de agregado grueso húmedo es:

$$\text{Agregado grueso húmedo} = 793 \cdot 1.006 = 798\text{kg/m}^3$$

Considerando que el porcentaje de absorción del agregado fino es de 0.9% y su contenido de humedad es de 1.94%, la humedad superficial, o porcentaje de agua libre, será:

$$\text{Humedad superficial} = 1.94 - 0.9 = 1.04\%$$

Considerando que el porcentaje de absorción del agregado grueso es de 0.58% y su contenido de humedad es de 0.6%, la humedad superficial, o porcentaje de agua libre, será de:

$$\text{Humedad superficial} = 0.6 - 0.58 = 0.02\%$$

El agregado fino, cuya condición de humedad es superior a su porcentaje de absorción, aportará agua a la mezcla la siguiente cantidad:

$$\text{Aporte de agua del agregado fino} = 772 * 0.0104 = 8.03 \text{ lt/m}^3$$

La contribución del agregado grueso, cuya condición de humedad es superior a su porcentaje de absorción, será de:

$$\text{Contribución del agregado grueso} = 793 * 0.0002 = 0.16 \text{ lt/m}^3$$

La contribución de los dos agregados será de:

$$\text{Contribución de los agregados} = 8.03 + 0.16 = 8.19 \approx 8 \text{ lt/m}^3$$

Por lo tanto, la cantidad real de agua a ser utilizada en la preparación de un metro cúbico de concreto será:

$$\text{Agua de mezcla} = 231 - 8 = 223 \text{ lt/m}^3$$

16.-Nuevas cantidades de materiales por metro cúbico

Realizadas las correcciones por humedad del agregado, las cantidades de materiales a ser utilizadas en la preparación de un metro cúbico de concreto serán:

Cemento.....	462kg/m ³
Agua.....	223lt/m ³
Agregado fino húmedo.....	787kg/m ³
Agregado grueso húmedo.....	798kg/m ³

17.-Nuevas cantidades de materiales por tanda

Cada tanda tiene 48kg de concreto.

Calculamos la suma de los pesos de los materiales por metro cúbico:

$$\Sigma (\text{peso de materiales}) = 462+223+787+798 = 2270$$

Dividimos la sumatoria de los pesos de los materiales entre el peso que tiene cada tanda:

$$2270/48 = 47.29 \rightarrow \text{Nuevo Factor}$$

Dividimos el peso de cada material entre dicho Nuevo Factor:

Cemento.....	462/47.29 = 9.8 kg/tanda
Agua.....	223/47.29 = 4.7 lt/tanda
Agregado fino.....	787/47.29 = 16.6 kg/tanda
Agregado grueso.....	798/47.29 = <u>16.9</u> kg/tanda
Suma de los pesos de los materiales....	= 48 kg/tanda

En este caso el diseño nos permite tener un asentamiento de 3 1/2", lo que resulta aceptable ya que el asentamiento debe estar entre 3" y 4".

Este es el diseño que se va a utilizar para los ensayos de la tesis y a estos diseños se le va a agregar los aditivos superplastificantes, en algunos ensayos sin reducirle el agua para ver cómo se comporta el concreto como superplastificante, y en otros casos reduciéndole el agua de modo que el concreto sea trabajable, es decir con un asentamiento de 3" a 4".

Se realizarán 10 diseños, uno que es el diseño patrón y nueve cuando al concreto le agregamos los aditivos superplastificantes, aquí el concreto se comporta como superplastificante, es decir, sin reducción de agua, cuyos símbolos se presentan a continuación:

GRUPO	DISEÑO
G1	Diseño patrón (DP)
G2	DP + 5.6cm ³ /kg de cemento de Z FLUIDIZANTE SR
G3	DP + 6.6cm ³ /kg de cemento de Z FLUIDIZANTE SR
G4	DP + 7.6cm ³ /kg de cemento de Z FLUIDIZANTE SR
G5	DP + 6cm ³ /kg de cemento de GLENIUM 4700R + 2.5 cm ³ /kg de cemento de POLYHEED 770R
G6	DP + 8cm ³ /kg de cemento de GLENIUM 4700R + 2.5 cm ³ /kg de cemento de POLYHEED 770R
G7	DP + 10cm ³ /kg de cemento de GLENIUM 4700R + 2.5 cm ³ /kg de cemento de POLYHEED 770R
G8	DP + 8cm ³ /kg de cemento de RHEOBUILD 1000 + 5 cm ³ /kg de cemento de POLYHEED 770R
G9	DP + 10cm ³ /kg de cemento RHEOBUILD 1000 + 5 cm ³ /kg de cemento de POLYHEED 770R
G10	DP + 12cm ³ /kg de cemento RHEOBUILD 1000 + 5 cm ³ /kg de cemento de POLYHEED 770R

Teniendo cada uno de los diseños (G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9, G10) se realizarán pruebas que determinen la cantidad de reducción de agua, buscando un concreto trabajable que tenga un asentamiento entre 3" a 4".

A cada diseño (G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9, G10) se le ha reducido agua y a estos nuevos diseños se les pondrá otro símbolo (G2*, G3*, G4*, G5*, G6*, G7*, G8*, G9*, G10*).

Aquí presentamos cada uno de los diseños realizados cuando le agregamos aditivo superplastificante y se le reduce el agua.

Nota: G = GRUPO

CUADRO N° 3.1
DISEÑO DEL CONCRETO CON ADITIVO
(DISEÑO G2* a G6*)

DOSIFICACIÓN POR METRO CÚBICO DE CONCRETO			DOSIFICACIÓN POR TANDA	
DISEÑO	MATERIAL	PESO HÚMEDO (kg)	MATERIAL	TANDA (48 kg)
G2*	CEMENTO	462	CEMENTO	9.8
	AGUA	207	AGUA	4.37
	ARENA	787	ARENA	16.6
	PIEDRA	798	PIEDRA	16.9
	AD.FLUID.SR (cm ³)	2590	AD.FLUID.SR (cm ³)	55
	Reducción de agua 16 lt/m ³ (7.1%)			
G3*	CEMENTO	462	CEMENTO	9.8
	AGUA	205	AGUA	4.33
	ARENA	787	ARENA	16.6
	PIEDRA	798	PIEDRA	16.9
	AD.FLUID.SR (cm ³)	3060	AD.FLUID.SR (cm ³)	65
	Reducción de agua 18 lt/m ³ (8.1%)			
G4*	CEMENTO	462	CEMENTO	9.8
	AGUA	202	AGUA	4.27
	ARENA	787	ARENA	16.6
	PIEDRA	798	PIEDRA	16.9
	AD.FLUID.SR (cm ³)	3540	AD.FLUID.SR (cm ³)	75
	Reducción de agua 21 lt/m ³ (9.4%)			
G5*	CEMENTO	462	CEMENTO	9.8
	AGUA	187	AGUA	3.95
	ARENA	787	ARENA	16.6
	PIEDRA	798	PIEDRA	16.9
	AD.GLEN. 4700R (cm ³)	2780	AD.GLEN. 4700R (cm ³)	59
	POLYHEED 770R (cm ³)	1179	POLYHEED 770R (cm ³)	25
Reducción de agua 36 lt/m ³ (16.1%)				
G6*	CEMENTO	462	CEMENTO	9.8
	AGUA	180	AGUA	3.8
	ARENA	787	ARENA	16.6
	PIEDRA	798	PIEDRA	16.9
	AD.GLEN. 4700R (cm ³)	3680	AD.GLEN. 4700R (cm ³)	78
	POLYHEED 770R (cm ³)	1179	POLYHEED 770R (cm ³)	25
Reducción de agua 43 lt/m ³ (19.3%)				

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° 3.2
DISEÑO DEL CONCRETO CON ADITIVO
(DISEÑO G7* a G10*)

DOSIFICACIÓN POR METRO CÚBICO DE CONCRETO			DOSIFICACIÓN POR TANDA	
DISEÑO	MATERIAL	PESO HÚMEDO (kg)	MATERIAL	TANDA (48 kg)
G7*	CEMENTO	462	CEMENTO	9.8
	AGUA	173	AGUA	3.65
	ARENA	787	ARENA	16.6
	PIEDRA	798	PIEDRA	16.9
	AD.GLEN. 4700R (cm ³)	4620	AD.GLEN. 4700R (cm ³)	98
	POLYHEED 770R (cm ³)	1179	POLYHEED 770R (cm ³)	25
	Reducción de agua 50 l/m ³ (22.5%)			
G8*	CEMENTO	462	CEMENTO	9.8
	AGUA	198	AGUA	4.18
	ARENA	787	ARENA	16.6
	PIEDRA	798	PIEDRA	16.9
	AD.RHEOB.1000 (cm ³)	3680	AD.RHEOB.1000 (cm ³)	78
	POLYHEED 770R (cm ³)	2360	POLYHEED 770R (cm ³)	49
	Reducción de agua 25 l/m ³ (11.3%)			
G9*	CEMENTO	462	CEMENTO	9.8
	AGUA	194	AGUA	4.10
	ARENA	787	ARENA	16.6
	PIEDRA	798	PIEDRA	16.9
	AD.RHEOB.1000 (cm ³)	4620	AD.RHEOB.1000 (cm ³)	98
	POLYHEED 770R (cm ³)	2360	POLYHEED 770R (cm ³)	49
	Reducción de agua 29 l/m ³ (12.9%)			
G10*	CEMENTO	462	CEMENTO	9.8
	AGUA	183	AGUA	3.87
	ARENA	787	ARENA	16.6
	PIEDRA	798	PIEDRA	16.9
	AD.RHEOB.1000 (cm ³)	5560	AD.RHEOB.1000 (cm ³)	118
	POLYHEED 770R (cm ³)	2360	POLYHEED 770R (cm ³)	49
	Reducción de agua 40 l/m ³ (17.8%)			

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN EL CONCRETO FRESCO

CAPITULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN EL CONCRETO FRESCO

4.0 INTRODUCCION.

El concreto se encuentra en estado fresco cuando todavía no ha logrado alcanzar su fragua inicial, por ello el concreto fresco al ser eminentemente deformable es necesario que la mezcla presente una consistencia, tal que permita transportarse, colocarse con relativa facilidad y sin segregación.

En la presente tesis se ha realizado ensayos al concreto fresco que permitan determinar sus propiedades.

4.1 PESO UNITARIO (NTP 339.046)

Este ensayo tiene por objeto determinar el grado de densidad del concreto. El peso unitario es el peso varillado, por unidad de volumen de una muestra representativa de concreto. Se expresa en kg/m^3 y nos sirve para poder compararlo respecto a otros concretos y verificar que la proporción de los materiales es la correcta.

Las modificaciones importantes en el peso unitario de una mezcla son generalmente debidas al tipo de agregado empleado.

El uso de aditivos superplastificantes puede modificar el peso unitario de una mezcla dada, pero tales variaciones generalmente son pequeñas.

Se calcula de la siguiente manera:

$$PU = W_{\text{concreto}} \times 100 / V_{\text{molde}}$$

Donde:

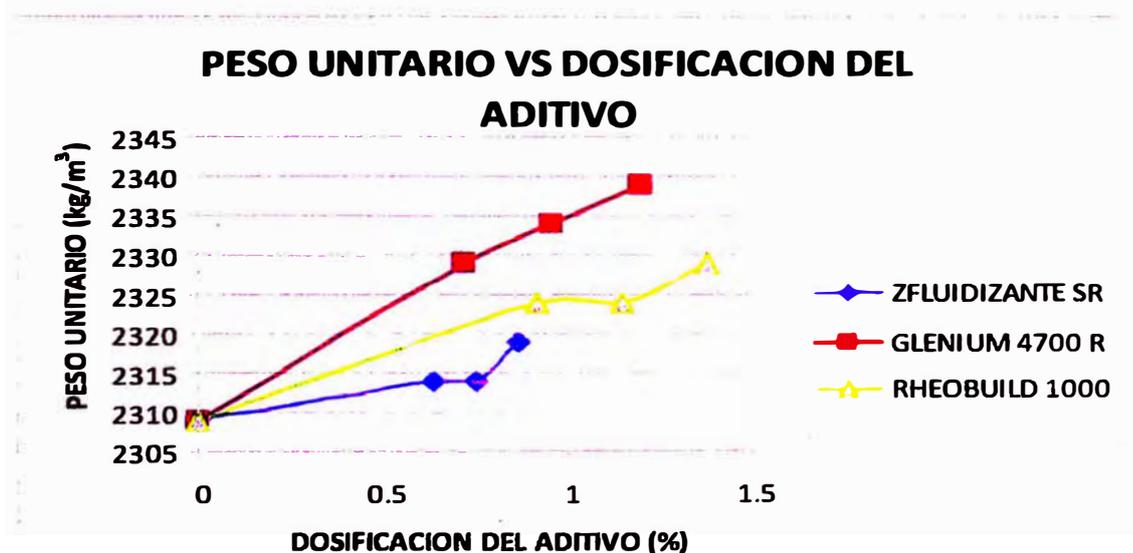
PU	: Peso Unitario del Concreto
W_{concreto}	: Peso del Concreto Neto
V_{molde}	: Volumen del molde

CUADRO N° 4.1
ENSAYO DE PESO UNITARIO

DISEÑO	PESO UNITARIO (kg/m ³)
G1	2309
G2	2314
G3	2314
G4	2319
G5	2329
G6	2334
G7	2339
G8	2324
G9	2324
G10	2329

Se puede observar que cuando le agregamos el aditivo superplastificante al concreto, sin reducirle la cantidad de agua, este aumenta ligeramente su Peso Unitario.

GRAFICO N° 4.1



Según el gráfico podemos observar que cuando le agregamos el aditivo superplastificante al concreto, sin reducirle la cantidad de agua, éste aumenta ligeramente su Peso Unitario.

Para el concreto patrón se tuvo 2309 kg/m³ de peso unitario, el cual nos representará el 100% de referencia:

1. Para el concreto con el aditivo Z Fluidizante SR (239, 282, 325 cm³/bl de cemento), los Pesos Unitarios fueron 2314, 2314, 2319 kg/m³, los mismos que representan el 100.2, 100.2, 100.4 % respectivamente del Peso Unitario patrón, el cual representa el 100%.
2. Para el concreto con el aditivo GLENIUM 4700R (255, 340, 425 cm³/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (106 cm³/bl de cemento), los Pesos Unitarios fueron 2329, 2334, 2339 kg/m³, los mismos que representan el 100.9, 101.1, 101.3 % respectivamente del Peso Unitario patrón, el cual representa el 100%.
3. Para el concreto con el aditivo RHEOBUILD 1000 (340, 425, 510 cm³/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (212 cm³/bl de cemento), los Pesos Unitarios fueron 2324, 2324, 2329 kg/m³, los mismos que representan el 100.6, 100.6, 100.9 % respectivamente del Peso Unitario patrón, el cual representa el 100%.

4.2 ASENTAMIENTO (NTP 339.035)

Este ensayo es empleado para obtener características de comportamiento de concreto fresco. Es una prueba sencilla que se usa tanto en el laboratorio como en el campo. Esta prueba desarrollada por Duff Abrams, fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978.

El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asentamiento de la mezcla luego de desmoldado.

El comportamiento del concreto en la prueba indica su consistencia, es decir su capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un índice de vacíos.

La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido del agua de la mezcla.

CUADRO N° 4.2
ENSAYO DE ASENTAMIENTO

DISEÑO	ASENTAMIENTO (pulg)
G1	3 1/2
G2	6
G3	6 1/2
G4	7
G5	8
G6	9
G7	10
G8	8
G9	9
G10	9 1/2

Podemos notar que mientras aumentamos la dosificación del aditivo, sin reducirle la cantidad de agua, aumenta también el asentamiento, y que el aditivo GLENIUM 4700R más el POLYHEED 770R produce un mayor asentamiento que el RHEOBUILD 1000 más el POLYHEED 770R, y el RHEOBUILD 1000 más el POLYHEED 770R produce mayor asentamiento que el aditivo Z FLUIDIZANTE SR.

Valores de slump de 3"- 4" corresponde a concretos plásticos.

Valores de slump de 6"- 8" corresponde a concretos fluidos.

Concretos con mayores valores de slump son denominados concretos muy fluidos, pero sin segregación.

Leyenda:

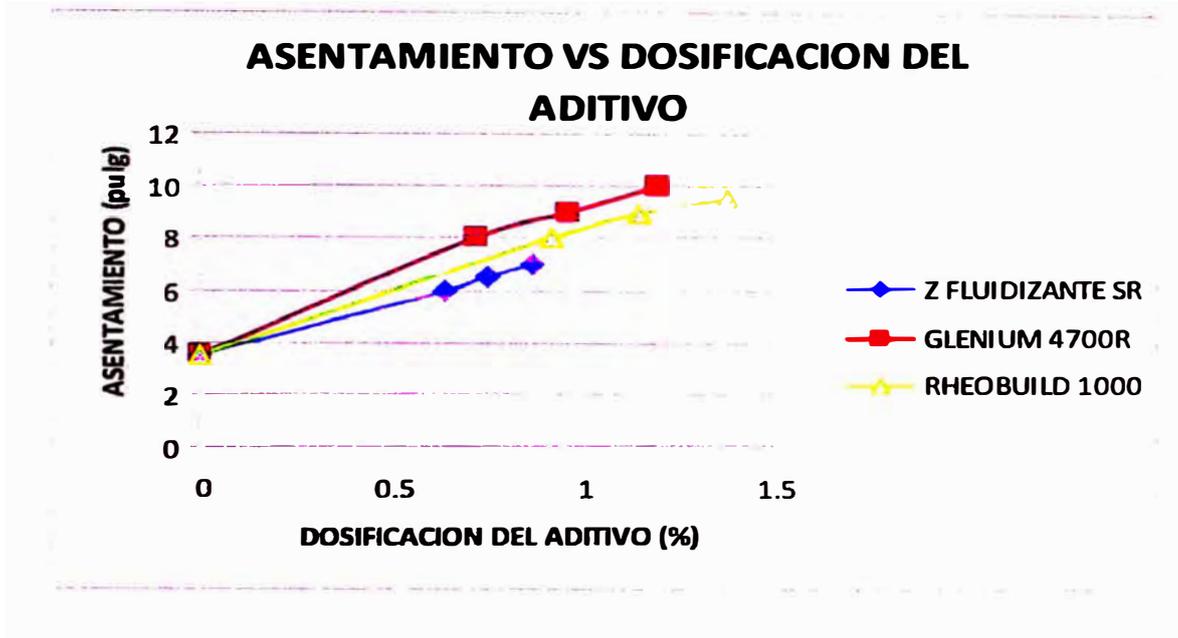
Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000",
"Polyheed 770R"

GRAFICO N° 4.2



Según el gráfico podemos observar que para una misma dosificación de aditivo, cuando se comporta como superplastificante, la mezcla con el GLENIUM 4700 R produce un mayor asentamiento y de ahí continúa la mezcla con el RHEOBUILD 1000 y por último la mezcla que produce menor asentamiento es con el aditivo Z FLUIDIZANTE SR.

Para el concreto patrón se tuvo 3 ½" de asentamiento, el cual nos representará el 100% de referencia:

1. Para el concreto patrón con el aditivo Z FLUIDIZANTE SR (239, 282, 325 cm³/bl de cemento), los slump fueron 6", 6 ½" y 7", los mismos que representan 171.4, 185.7, 200% respectivamente del slump del concreto patrón.
2. Para el concreto con el aditivo GLENIUM 4700R (255, 340, 425 cm³/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (106 cm³/bl de cemento), los slump fueron 8", 9" y 10", los mismos que representan

228.6, 257.1, 285.7 % respectivamente del slump del concreto patrón.

3. Para el concreto con el aditivo RHEOBUILD 1000 (340, 425, 510 cm³/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (212 cm³/bl de cemento), los slump fueron 8", 9" y 9 ½", los mismos que representan 228.6, 257.1, 271.4 % respectivamente del slump del concreto patrón.

4.3 FLUIDEZ (NTP 339.085)

Llamada también ensayo de la mesa de sacudidas o de escurrimiento. El ensayo responde principalmente a la variación del contenido de agua de la mezcla y sirve para indicar la consistencia y también la proclividad a la segregación.

En este ensayo el índice de consistencia se determina con el aumento del diámetro, que experimenta la base inferior de un tronco de cono de concreto fresco, sometido a sacudidas sucesivas.

Para el cálculo de la fluidez tenemos:

$$F (\%) = \frac{(D - 25) \times 100}{25}$$

Donde:

F : Porcentaje de Fluidez

D : Diámetro promedio

CUADRO N° 4.3

ENSAYO DE FLUIDEZ

DISEÑO	% DE FLUIDEZ
G1	72
G2	96
G3	100
G4	108
G5	156
G6	176
G7	200
G8	156
G9	184
G10	192

La fluidez aumenta conforme aumenta la dosificación del aditivo, sin reducirle la cantidad de agua, también podemos notar que el aditivo GLENIUM 4700R más el POLYHEED 770R produce mayor fluidez que el RHEOBUILD 1000 más el POLYHEED 770R, y el RHEOBUILD 1000 más el POLYHEED 770R produce mayor fluidez que el Z FLUIDIZANTE SR.

Una fluidez mayor a 100 % significa que el concreto es fluido.

La muestra G7 es la que presenta mayor porcentaje de fluidez alcanzando el valor de 200%, sin presentar segregación.

Leyenda:

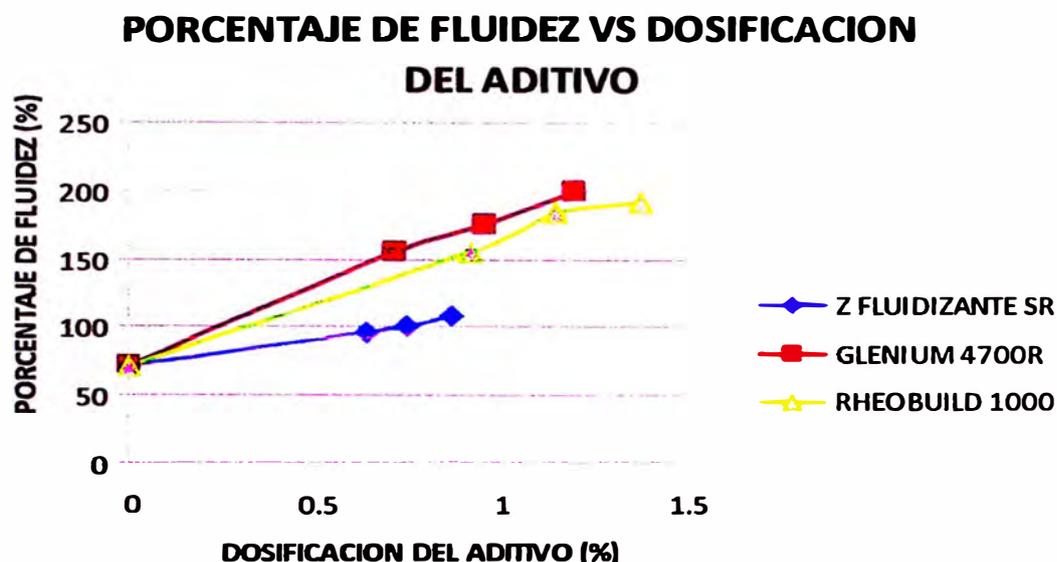
Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000",
"Polyheed 770R"

GRAFICO N° 4.3



Podemos observar que para una misma dosificación de aditivo, cuando se comporta como superplastificante, la mezcla con el GLENIUM 4700 R produce un mayor porcentaje de fluidez, de ahí continúa la mezcla con el RHEOBUILD 1000 y por último la mezcla que produce menor porcentaje de fluidez es con el aditivo Z FLUIDIZANTE SR.

Para el concreto patrón se tuvo 72 de % de fluidez, el cual nos representará el 100% de referencia:

1. Para el concreto patrón con el aditivo Z FLUIDIZANTE SR (239, 282, 325 cm³/bl de cemento), los % de fluidez fueron 96, 100, 108, los mismos que representan 133.3, 138.9, 150% respectivamente del % de fluidez del concreto patrón.
2. Para el concreto con el aditivo GLENIUM 4700R (255, 340, 425 cm³/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (106 cm³/bl de cemento), los % de fluidez fueron 156, 176, 200, los mismos que representan 216.7, 244.4, 277.8 % respectivamente del % de fluidez del concreto patrón.

3. Para el concreto con el aditivo RHEOBUILD 1000 (340, 425, 510 cm³/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (212 cm³/bl de cemento), los % de fluidez fueron 156, 184, 192, los mismos que representan 216.7, 255.6, 266.6 %, respectivamente del % de fluidez del concreto patrón.

4.4 CONTENIDO DE AIRE (NTP 339.083)

El ensayo del contenido de aire se realiza para saber qué cantidad de vacíos tiene internamente el concreto en toda su masa. Durante el proceso de mezclado una pequeña cantidad de aire (1%) es aportado por los materiales y es la que queda atrapada en la masa de concreto. Sabemos que mientras más aire tenga internamente el concreto su resistencia a la compresión disminuirá. Pero también es necesario en casos de tener un clima con condiciones severas (o sea que tenga temperaturas muy bajas), ya que el aire incorporado en ciertas cantidades favorece la resistencia a las bajas temperaturas, sobre todo en casos en que el agua atrapada internamente aumente su volumen cuando entra en congelamiento.

Considerando que las muestras elaboradas no tenían incorporador de aire solo se consideró el aire atrapado según especificaciones del ACI.

Tamaño max. del agreg. Grueso	Porcentaje de aire atrapado en concreto sin aire incorporado
3/8"	3
1/2"	2.5
3/4"	2
1"	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

El contenido de aire en concretos con aire incluido puede llegar hasta el 8% del volumen del concreto, dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso.

De forma cada vez más frecuente, los fabricantes están ensayando el concreto en el punto de descarga de los equipos de bombeo de concreto, y en algunos casos han encontrado contenido de aire muchos más bajos que en las muestras ensayadas en el descargue del camión mezclador.

Es normal encontrar de un 0.5 a un 1% menos de aire en la descarga de la bomba, sin embargo, cuando la tubería a lo largo de la pluma de la bomba, está orientada en una longitud descendente cercana a la vertical, el contenido de aire en la descarga puede ser menor de la mitad que la del concreto que se reciba en la tolva del equipo de bombeo.

4.5 EXUDACION (NTP 339.077)

Poco después de terminado la colocación del concreto, si las condiciones ambientales no causan evaporación rápida, se puede notar la presencia de agua en la superficie del mismo. Ella ha emergido del concreto y continúa haciéndola durante un buen tiempo, hasta cuando el proceso culmina. Debido a que el agua parece haber sido exudada de la masa plástica del concreto, este fenómeno se conoce con el nombre de exudación.

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

El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo, de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades.

Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fino es la molienda de éste y mayor sea el porcentaje de material menor que la malla N°100 la exudación será menor, pues retiene el agua de mezcla.

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

Se calcula el volumen de agua exudada por unidad de superficie con la siguiente ecuación:

$$V(\text{cm}^3/\text{cm}^2) = V_1 / A$$

Donde:

V_1 : Volumen en cm^3 del agua de exudación, durante un intervalo seleccionado

A : Área expuesta del concreto, en cm^2

Se calcula el agua acumulada de exudación, expresada como porcentaje del agua de mezclado contenido en la probeta de ensayo, esto es con la siguiente ecuación:

$$C (\text{gr}) = (w/W) \times S$$

La exudación se determina:

$$\text{Exud (\%)} = (D/C) \times 100$$

Donde:

C : Masa de agua en la muestra de ensayo, en gramos

W : Masa total de la mezcla, en kilogramos

W : Masa neta de agua en la mezcla, en kilogramos

S : Masa de la muestra, en gramos

D : Masa del agua de exudación en gramos o el volumen total extraído de la muestra de ensayo en cm^3 multiplicado por $1\text{gr}/\text{cm}^3$

CUADRO N° 4.4

ENSAYO DE EXUDACION

DISEÑO	EXUDACION (%)
G1	1.73
G2	2.88
G3	3.36
G4	3.72
G5	6.11
G6	10.59
G7	12.74
G8	5.11
G9	6.59
G10	9.74

La exudación aumenta cuando le agregamos al concreto aditivo superplastificante, sin reducir la cantidad de agua, en este caso aumenta más con el aditivo GLENIUM 4700R más el POLYHEED 770R, y aumenta menos con el aditivo Z FLUIDIZANTE SR.

La exudación aumenta desde 1.73% hasta 12.74 % para las diferentes dosificaciones y tipos de aditivos.

Leyenda:

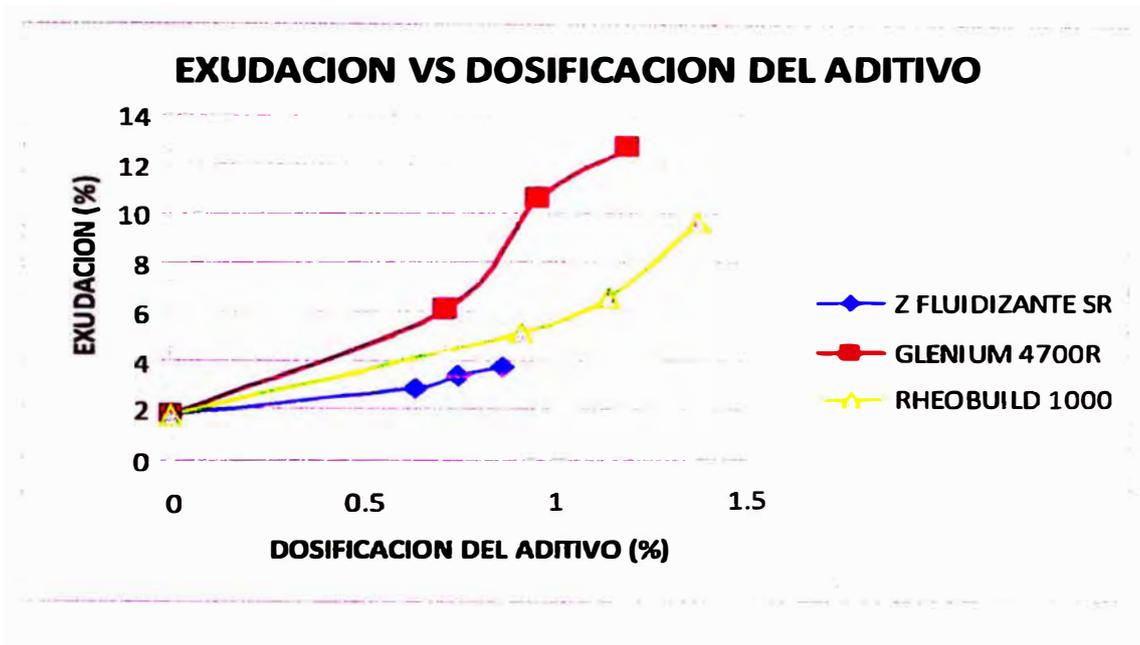
Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000",
"Polyheed 770R"

GRAFICO N° 4.4



Según el gráfico vemos como la exudación aumenta cuando le agregamos al concreto aditivo superplastificante, sin reducir la cantidad de agua, en este caso aumenta más con el aditivo GLENIUM 4700R, y aumenta menos con el aditivo Z FLUIDIZANTE SR.

Para el concreto patrón se tuvo 1.73% de exudación, el cual nos representará el 100% de referencia.

1. Para el concreto patrón con el aditivo Z FLUIDIZANTE SR (239, 282, 325 cm³/bl de cemento), las exudaciones fueron 2.88, 3.36, 3.72 %, los mismos que representan 166.5, 194.2, 215 % respectivamente de la exudación del concreto patrón.
2. Para el concreto con el aditivo GLENIUM 4700R (255, 340, 425 cm³/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (106 cm³/bl de cemento), las exudaciones fueron 6.11, 10.59, 12.74 %, los mismos que representan 353.2, 612.1, 736.4 % respectivamente de la exudación del concreto patrón.
3. Para el concreto con el aditivo RHEOBUILD 1000 (340, 425, 510 cm³/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (212 cm³/bl de

cemento), las exudaciones fueron 5.11, 6.59, 9.74 % los mismos que representan 295.4, 380.9, 563 %, respectivamente de la exudación del concreto patrón.

4.6 TIEMPO DE FRAGUADO (NTP 339.082)

El control del tiempo de endurecimiento tiene una trascendencia muy importante en obra, por cuanto nos da la pauta del tiempo que se dispone en el proceso constructivo para las operaciones de colocación y acabado, sin embargo en nuestro medio escasamente se mide o se especifica su medición, optándose por fijar tiempos para el uso del concreto desde su mezclado, que en la mayor parte de los casos no concuerda con la realidad.

Son comunes las discusiones entre el supervisor y el contratista sobre la habilidad del concreto a ser usado luego de transcurrido el tiempo especificado, por el desconocimiento de una prueba muy simple, establecido en la Norma Técnica Peruana N°339.082; la presente norma establece el método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de concretos, asentamiento superior a cero, por medio de agujas de penetración sobre la muestra tamizada.

El principio del método consiste en determinar la velocidad de endurecimiento, que experimenta una muestra de concreto fresco.

Arbitrariamente se ha dividido el fraguado en dos periodos: El Fraguado inicial y el Fraguado final.

El Fraguado Inicial se caracteriza por un aumento en la viscosidad y en la temperatura de la mezcla. En el ensayo el tiempo de fraguado inicial se obtiene cuando se necesita aplicar una presión de 500 lb/pulg², para conseguir una penetración de 1”.

El Fraguado Final se obtiene para una presión de 4000 lb/pulg², con 1” de penetración, pero para fines prácticos el inicio de fragua tiene mayor utilidad.

CUADRO N° 4.5

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

DISEÑO	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (min)	TIEMPO DE FRAGUA FINAL (min)
G1	337	436
G2	448	547
G3	554	658
G4	692	769
G5	423	512
G6	470	568
G7	574	672
G8	930	1024
G9	1013	1100
G10	1063	1148

El tiempo de fragua inicial se incrementa cuando le agregamos al concreto aditivos superplastificante, sin reducirle la cantidad de agua, y a más dosificación del aditivo aumenta más el tiempo de fragua inicial. En este caso la mezcla que tiene mayor tiempo de fragua inicial es con el aditivo RHEOBUILD 1000 más el POLYHEED 770R y de ahí sigue la mezcla con el aditivo Z FLUIDIZANTE SR y por último la mezcla con el aditivo GLENIUM 4700R más el POLYHEED 770R.

Vemos que para el concreto patrón se tuvo 337 minutos de fragua inicial y que el mayor tiempo de fragua inicial fue alcanzado por la muestra G10 al llegar a 1063 minutos.

El tiempo de fraguado final se incrementa cuando le agregamos al concreto aditivos superplastificante, sin reducirle la cantidad de agua, y a más dosificación del aditivo aumenta más el tiempo de fragua final. En este caso la mezcla que tiene mayor tiempo de fraguado final es con el aditivo RHEOBUILD 1000 más el POLYHEED 770R, de ahí sigue la mezcla con el aditivo Z

FLUIDIZANTE SR y por último la mezcla con el aditivo GLENIUM 4700R más el POLYHEED 770R.

Vemos que para el concreto patrón se tuvo 436 minutos de fragua final y que el mayor tiempo de fragua final fue alcanzado por la muestra G10 al llegar a 1148 minutos.

Leyenda:

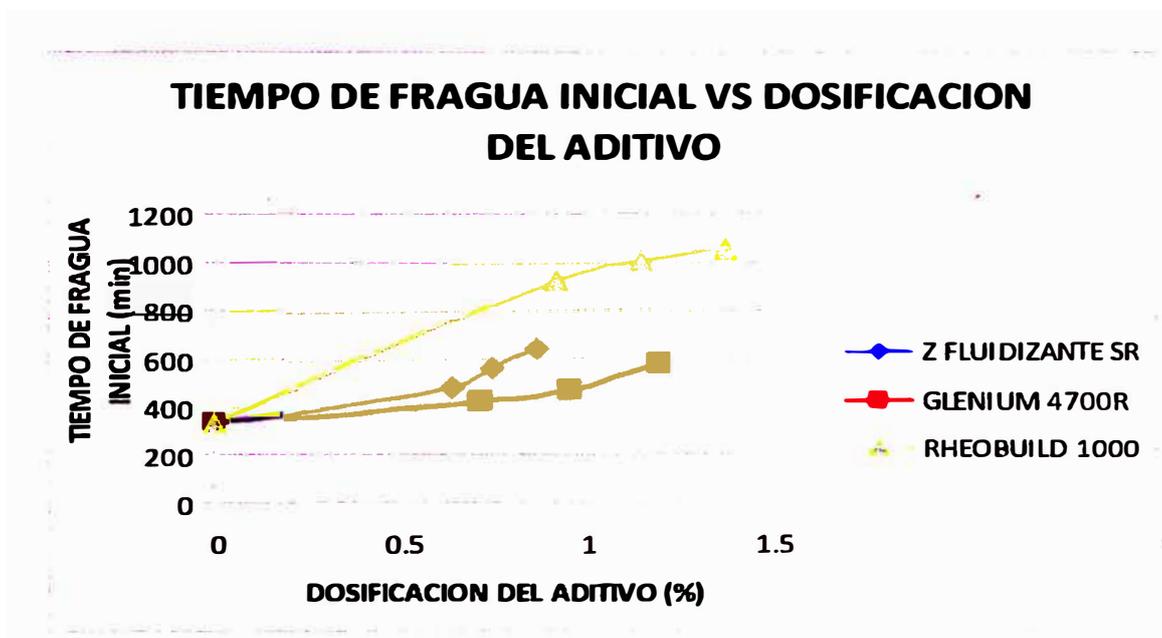
Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000",
"Polyheed 770R"

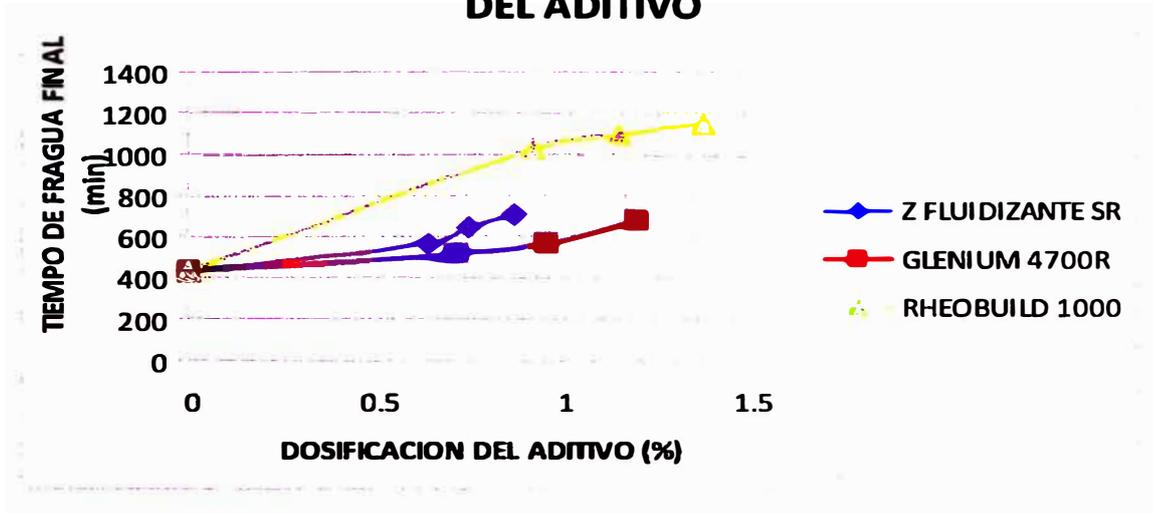
GRAFICO N° 4.5



Según el gráfico podemos observar que para una misma dosificación de aditivo, cuando se comporta como superplastificante, la mezcla con el RHEOBUILD 1000 produce un mayor tiempo de fragua inicial y de ahí continúa la mezcla con el Z FLUIDIZANTE SR y por último la mezcla que produce menor tiempo de fragua inicial es con el aditivo GLENIUM 4700R.

GRAFICO N° 4.6

TIEMPO DE FRAGUA FINAL VS DOSIFICACION DEL ADITIVO



Según el gráfico podemos observar que para una misma dosificación de aditivo, cuando se comporta como superplastificante, la mezcla con el RHEOBUILD 1000 produce un mayor tiempo de fragua final y de ahí continúa la mezcla con el Z FLUIDIZANTE SR y por último la mezcla que produce menor tiempo de fragua final es con el aditivo GLENIUM 4700R.

CUADRO N° 4.6
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
DISEÑO G1

ÁREA (pulg ²)	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (psi)
1	12.00	240	120	120
0,5	12.30	270	95	190
0,5	13.00	300	140	280
0,5	13.30	330	220	440
0,25	14.00	360	180	720
0,1	14.30	390	130	1300
0,05	15.00	420	135	2700
0,025	15.30	450	125	5000

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 337 min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 436 min

CUADRO N° 4.7
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
DISEÑO G2

ÁREA (pulg)	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (psi)
1	12.30	270	15	15
1	13.30	330	85	85
1	14.00	360	105	105
1	14.30	390	230	230
0.5	15.00	420	135	270
0.25	15.30	450	130	520
0.1	16.00	480	80	800
0.05	16.30	510	95	1900
0.025	17.00	540	80	3200
0.025	17.10	550	110	4400

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 448 min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 547 min

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

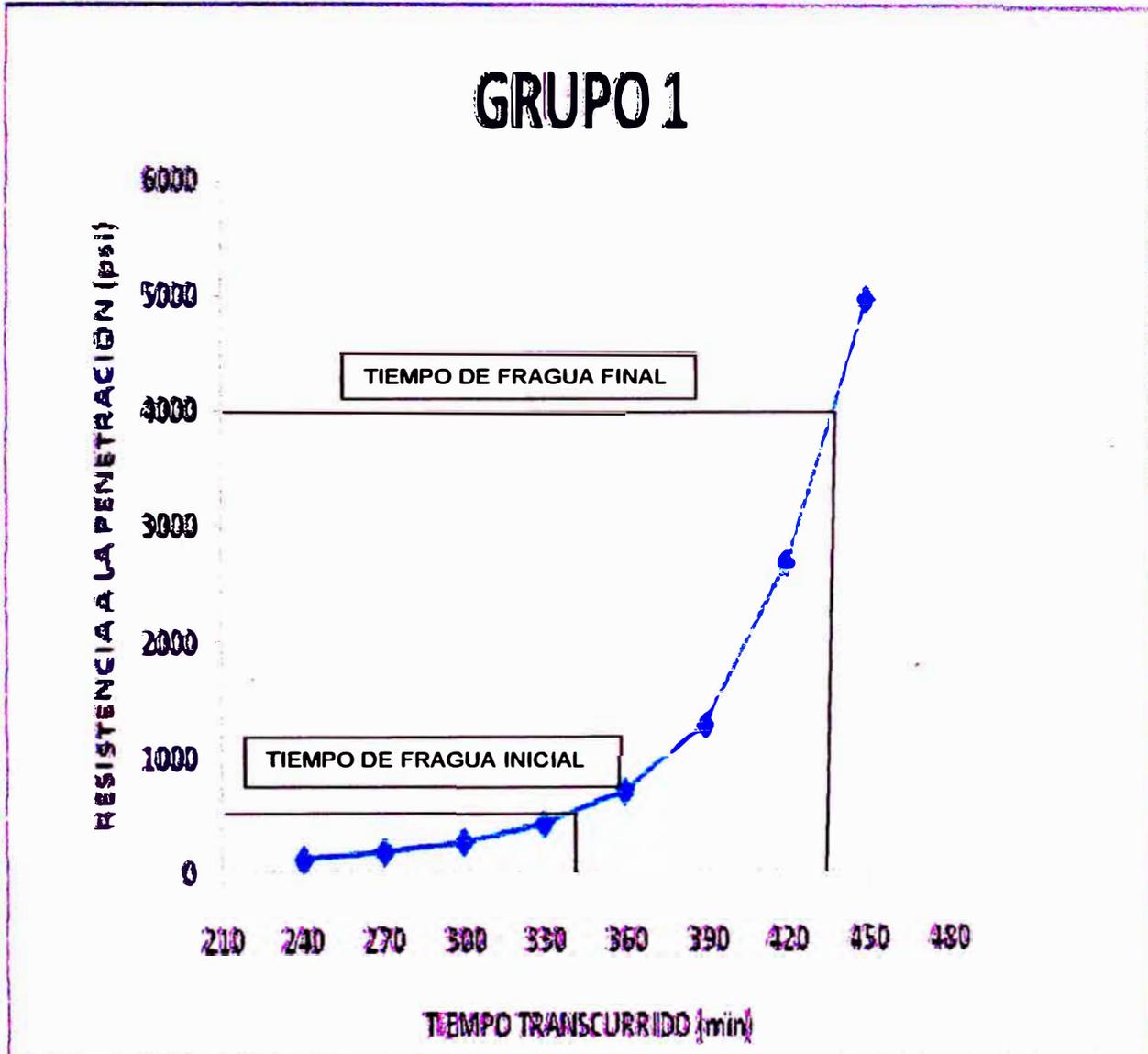
Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

GRAFICO N° 4.7

TIEMPO DE FRAGUA DISEÑO G1



TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 337 min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 436 min

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

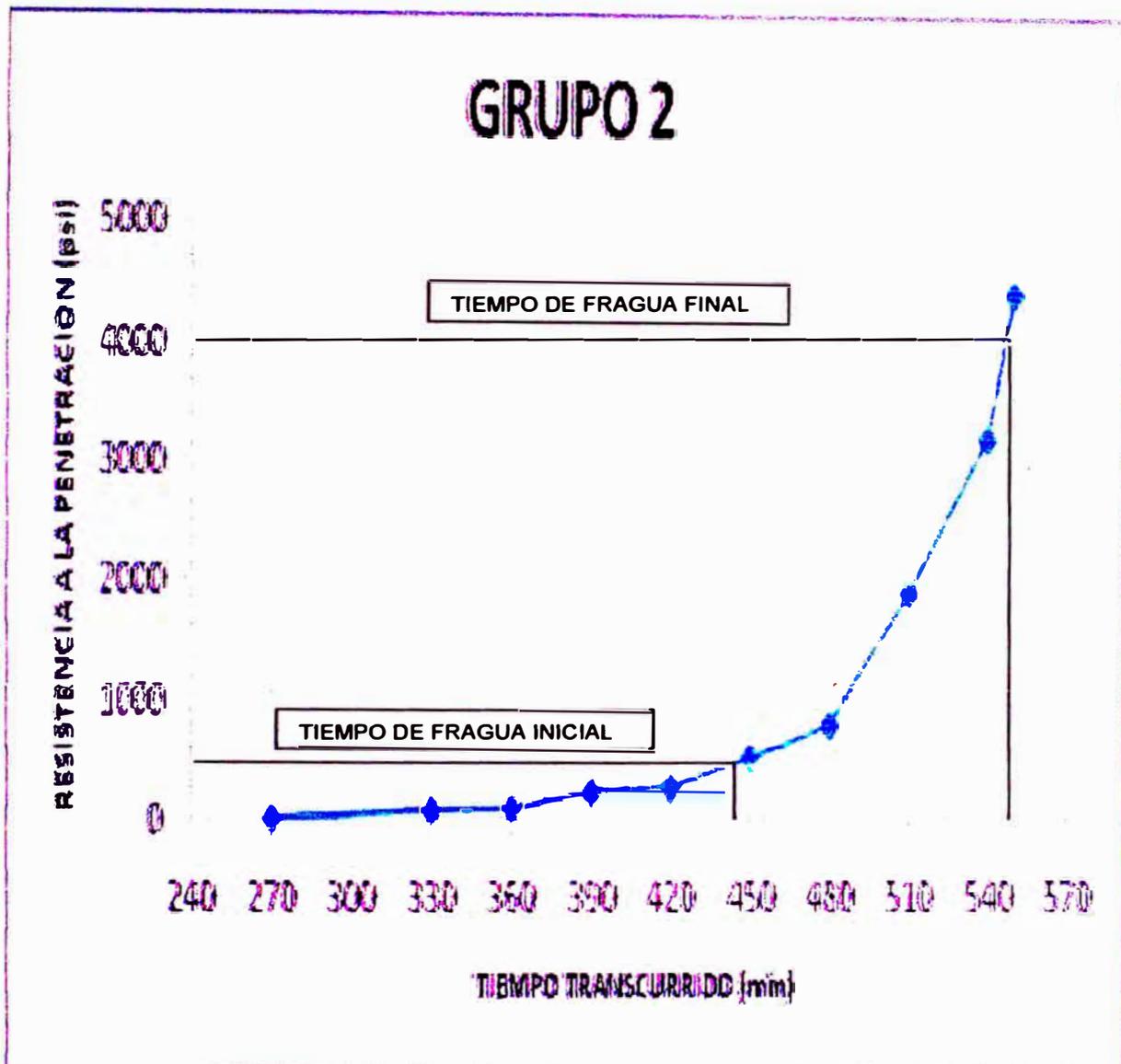
Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenlum 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

GRAFICO N° 4.8

TIEMPO DE FRAGUA DISEÑO G2



TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 448 min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 547 min

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° 4.8
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
DISEÑO G3

ÁREA (pulg)	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (psi)
1	14.00	360	20	20
1	15.00	420	70	70
1	15.30	450	95	95
1	16.00	480	160	160
0.5	16.30	510	125	250
0.25	17.00	540	85	340
0.1	17.30	570	65	650
0.1	18.00	600	100	1000
0.05	18.30	630	100	2000
0.025	19.00	660	105	4200

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 554min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 658 min

CUADRO N° 4.9
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
DISEÑO G4

ÁREA (pulg)	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (psi)
1	16.00	480	10	10
1	17.00	540	60	60
1	17.30	570	90	90
1	18.00	600	140	140
0.5	18.30	630	110	220
0.25	19.00	660	70	280
0.25	19.30	690	120	480
0.1	20.00	720	120	1200
0.05	20.30	750	130	2600
0.025	21.00	780	120	4800

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 692 min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 769 min

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

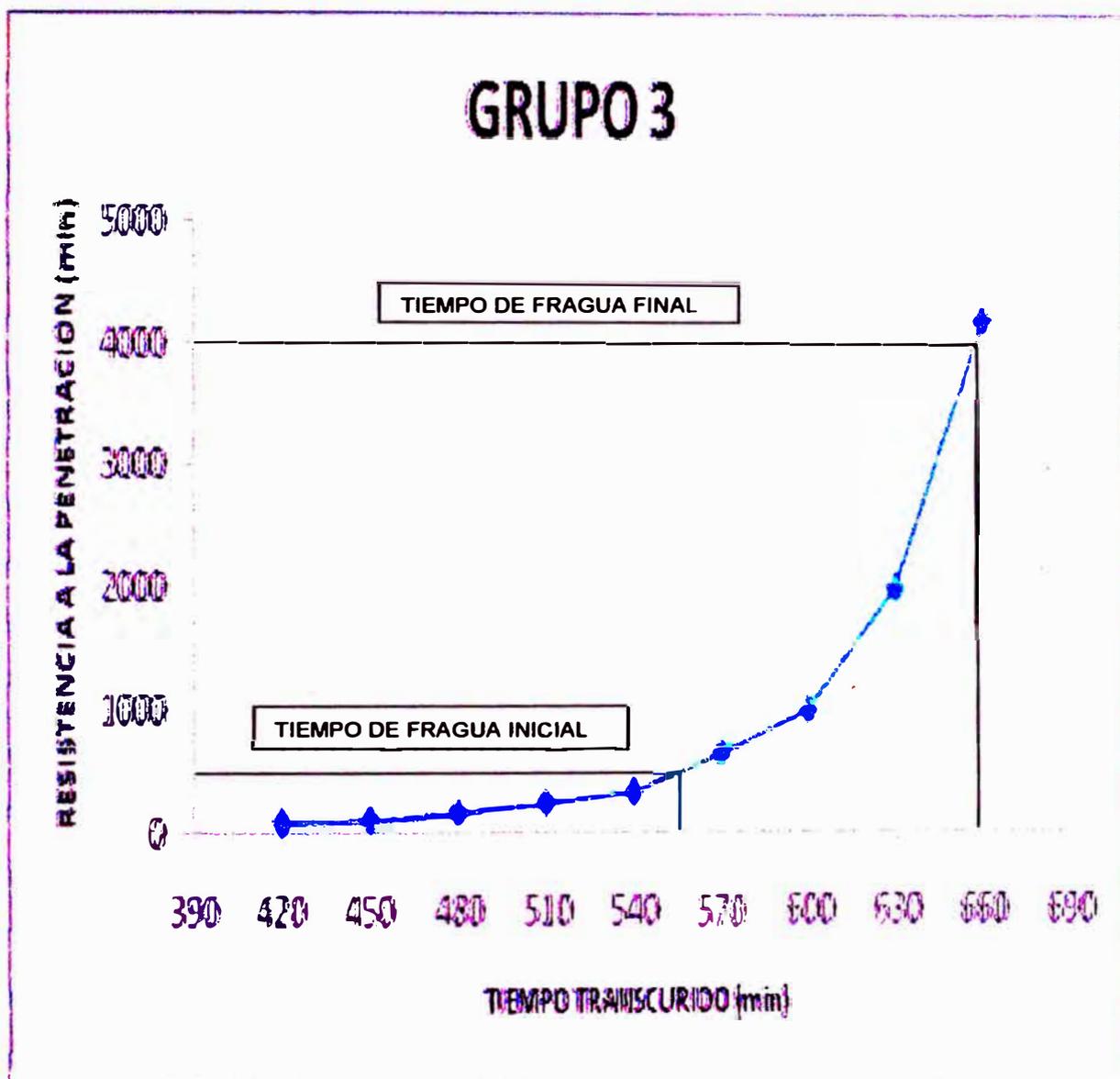
Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

GRAFICO Nº 4.9

TIEMPO DE FRAGUA DISEÑO G3



TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 554min

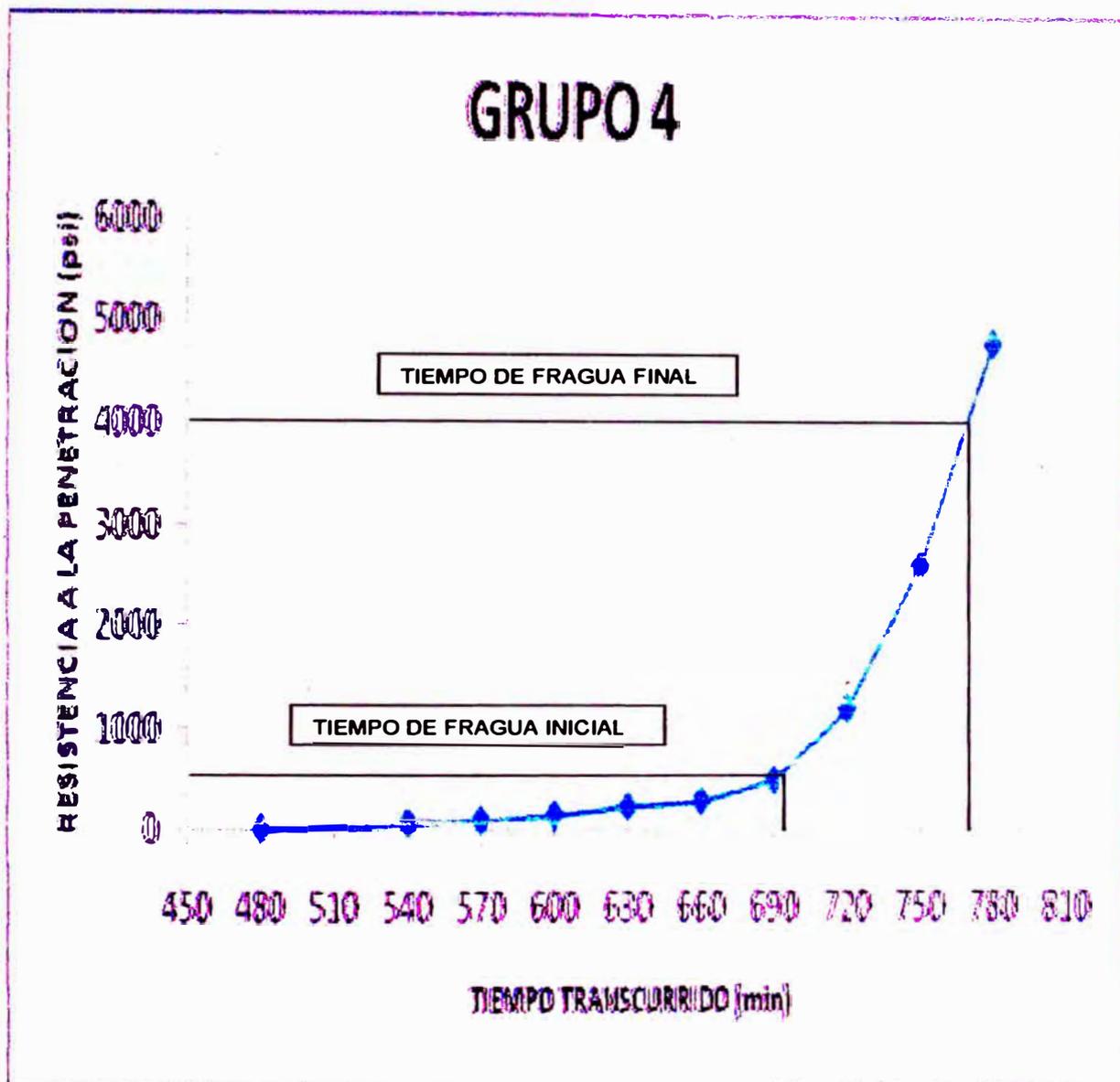
TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 658 min

Leyenda:

- Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
- Arena de la Cantera "Fame"
- Piedra de la Cantera "Unicón"
- Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

GRAFICO N° 4.10

TIEMPO DE FRAGUA DISEÑO G4



TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 692 min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 769 min

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R

CUADRO N° 4.10
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
DISEÑO G5

ÁREA (pulg)	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (psi)
1	13.00	300	50	50
1	13.30	330	80	80
1	14.00	360	135	135
0.5	14.30	390	150	250
0.25	15.00	420	115	460
0.1	15.30	450	95	950
0.05	16.00	480	100	2000
0.05	16.15	495	130	2600
0.05	16.30	510	165	3300
0.025	16.35	515	125	5000

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 423 min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 512 min

CUADRO N° 4.11
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
DISEÑO G6

ÁREA (pulg)	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (psi)
1	13.00	300	15	15
1	14.00	360	70	70
1	14.30	390	110	110
1	15.00	420	170	170
0.5	15.30	450	150	300
0.25	16.00	480	150	600
0.1	16.30	510	105	1050
0.05	17.00	540	100	2000
0.025	17.30	570	110	4400

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 470 min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 568 min

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

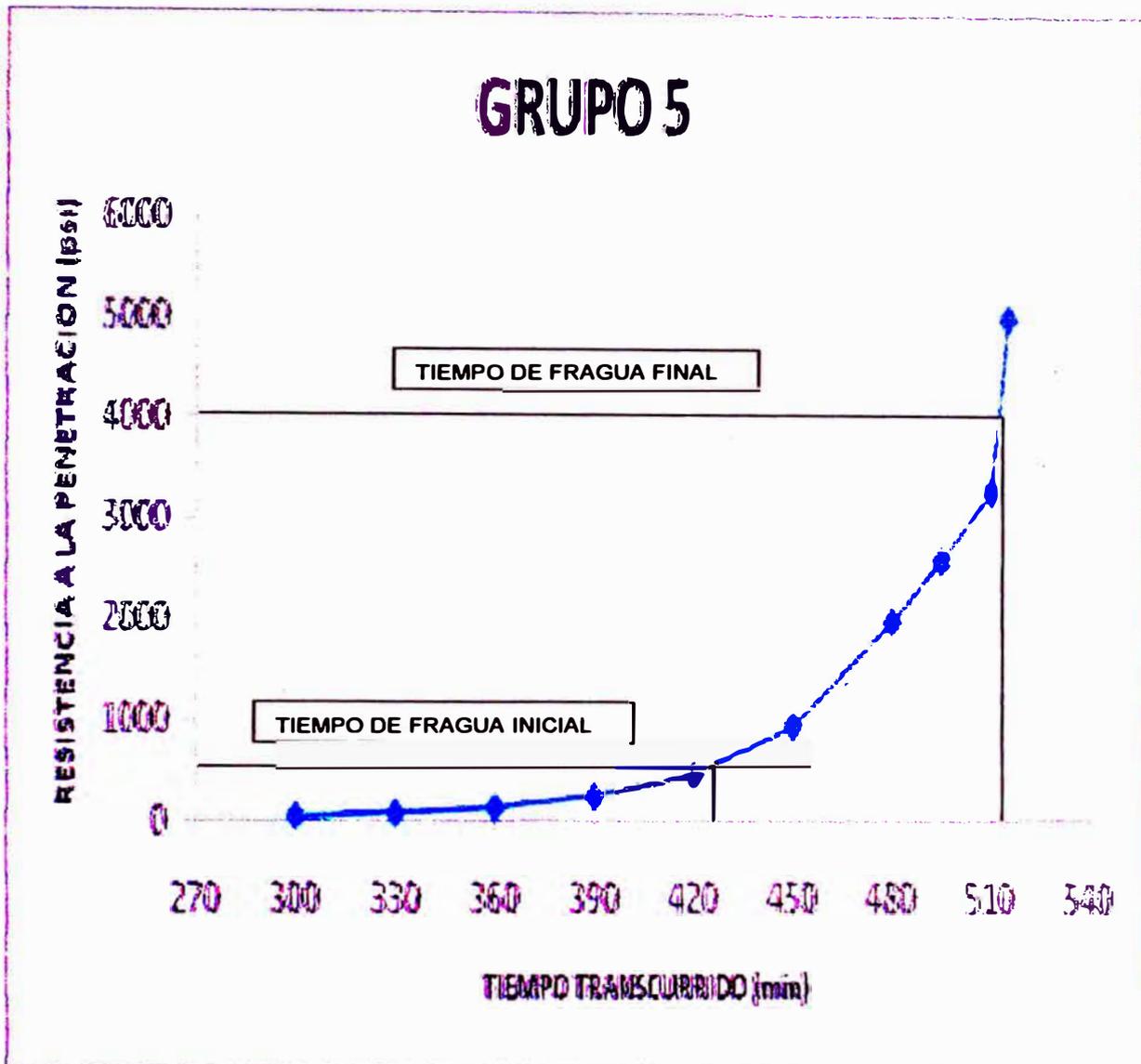
Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

GRAFICO N° 4.11

TIEMPO DE FRAGUA DISEÑO G5



TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 423 min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 512 min

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

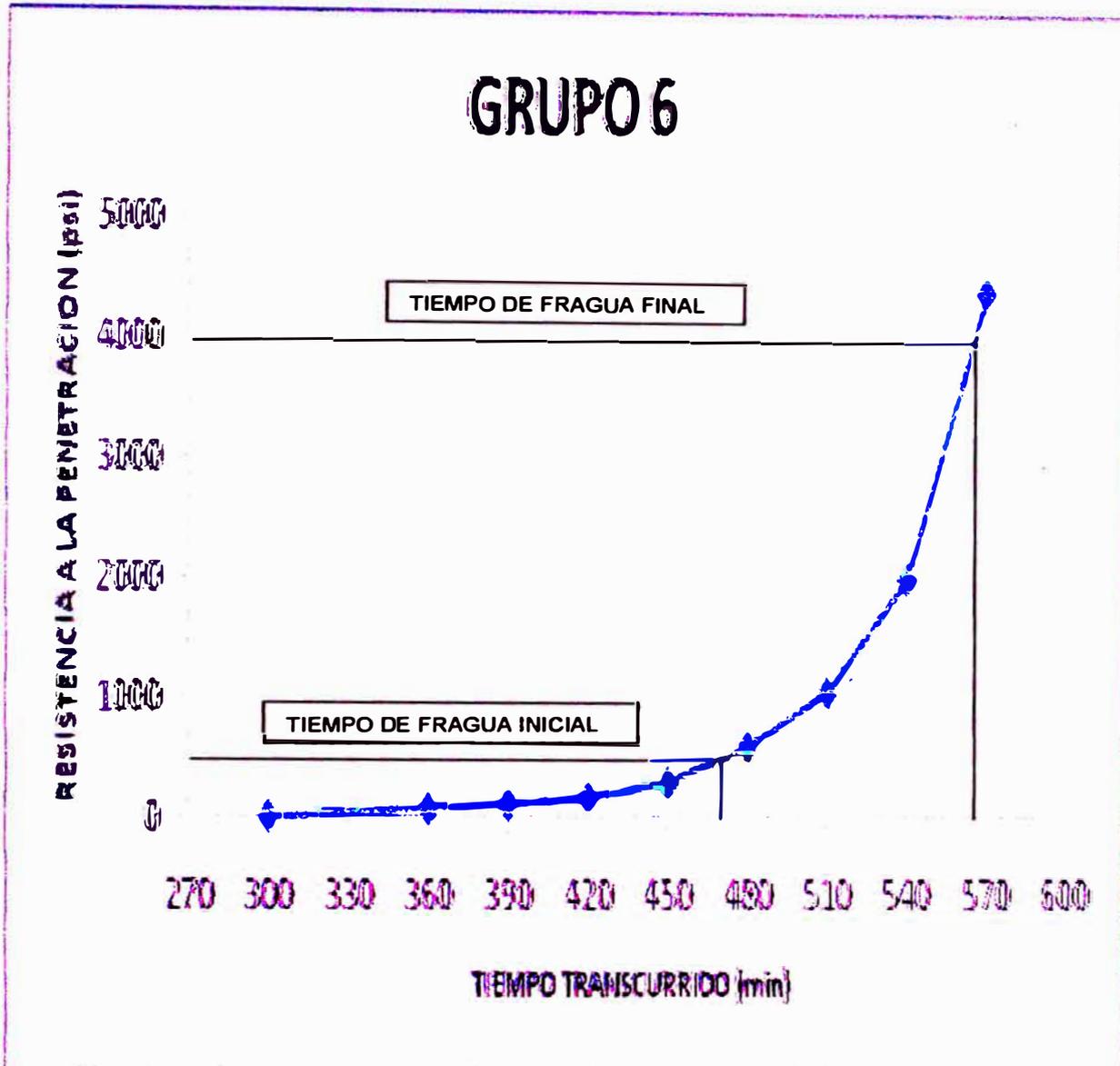
Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

GRAFICO Nº 4.12

TIEMPO DE FRAGUA DISEÑO G6



TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 470 min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 568 min

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° 4.12
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
DISEÑO G7

ÁREA (pulg)	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (psi)
1	15.30	450	50	50
1	16.30	510	130	130
0.5	17.00	540	120	240
0.5	17.30	570	225	450
0.25	18.00	600	110	700
0.1	18.30	630	135	1350
0.05	19.00	660	130	2600
0.025	19.30	680	130	5200

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 574 min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 672 min

CUADRO N° 4.13
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
DISEÑO G8

ÁREA (pulg)	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (psi)
1	21.30	810	80	80
1	22.00	840	160	160
0.5	22.30	870	85	250
0.25	23.00	900	100	350
0.1	23.30	930	50	500
0.1	24.00	960	100	1000
0.05	24.30	990	90	1800
0.025	25.00	1020	90	3600
0.025	25.30	1050	150	6000

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 930 min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 1024 min

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

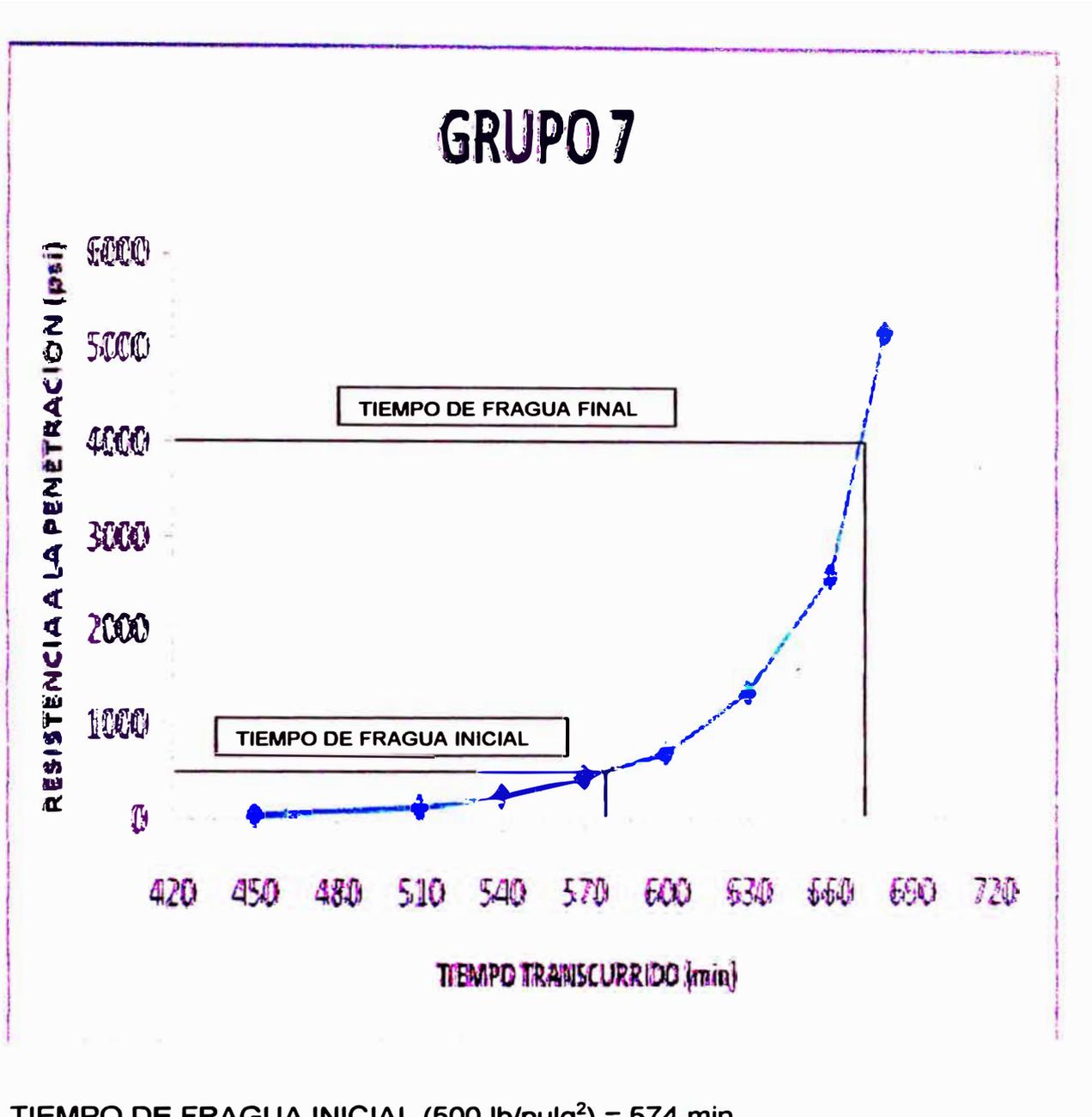
Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

GRAFICO N° 4.13

TIEMPO DE FRAGUA DISEÑO G7



TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 574 min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 672 min

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

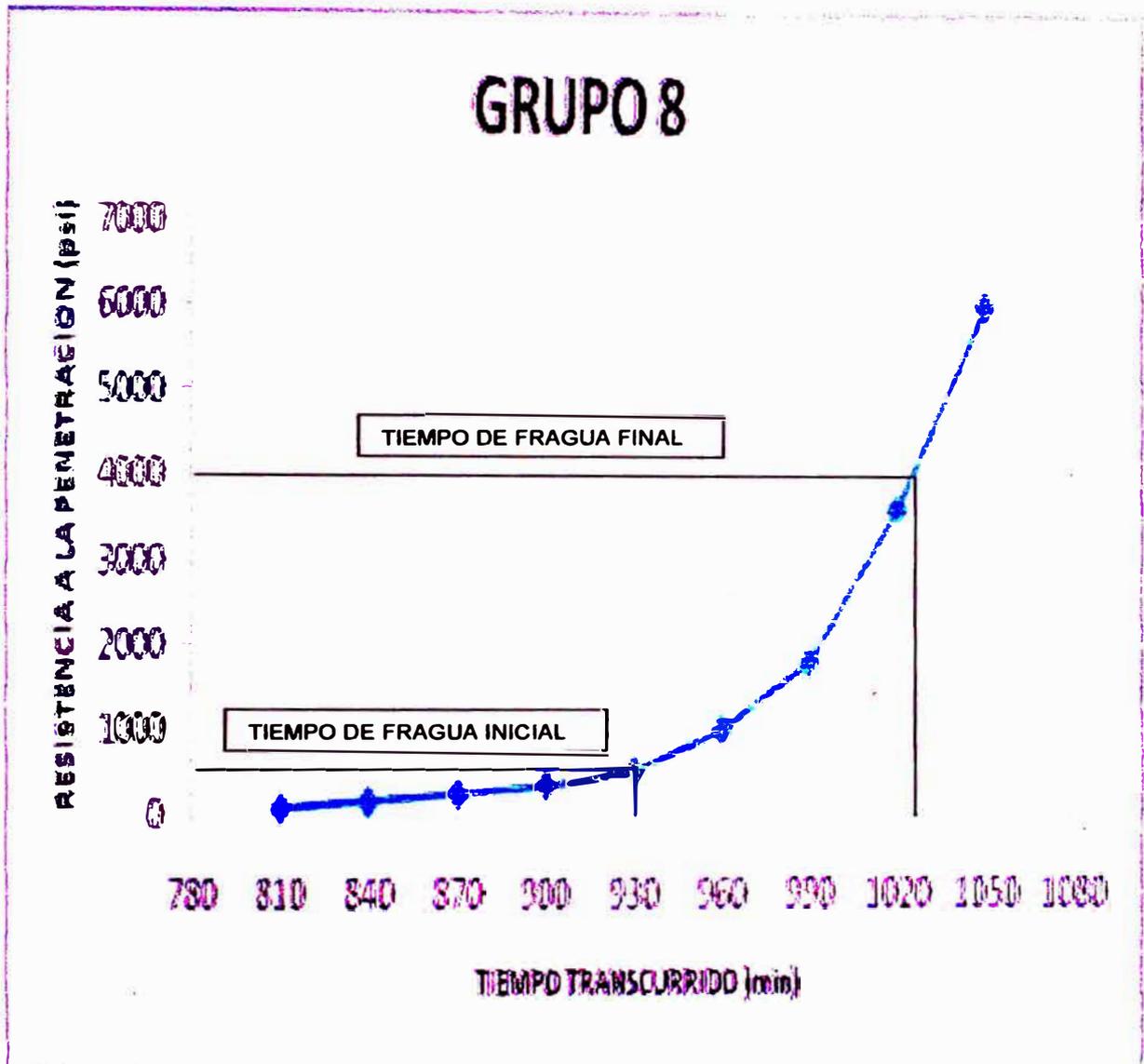
Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

GRAFICO N° 4.14

TIEMPO DE FRAGUA
DISEÑO G8



TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 930 min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 1024 min

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° 4.14
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
DISEÑO G9

ÁREA (pulg)	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (psi)
1	23.00	900	70	70
1	23.30	930	90	90
0.5	24.00	960	90	180
0.25	24.30	990	60	240
0.1	25.00	1020	60	600
0.1	25.30	1050	90	900
0.05	26.00	1080	130	2600
0.025	26.30	1110	120	4800

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 1013 min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 1100 min

CUADRO N° 4.15
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA
DISEÑO G10

ÁREA (pulg)	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO (min)	FUERZA (lb)	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (psi)
1	23.45	945	50	50
1	24.30	990	150	150
0.5	25.00	1020	120	240
0.25	25.30	1050	90	360
0.1	26.00	1080	70	700
0.1	26.30	1110	150	1500
0.05	27.00	1140	150	3000
0.025	27.30	1170	170	6800

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 1063 min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 1148 min

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

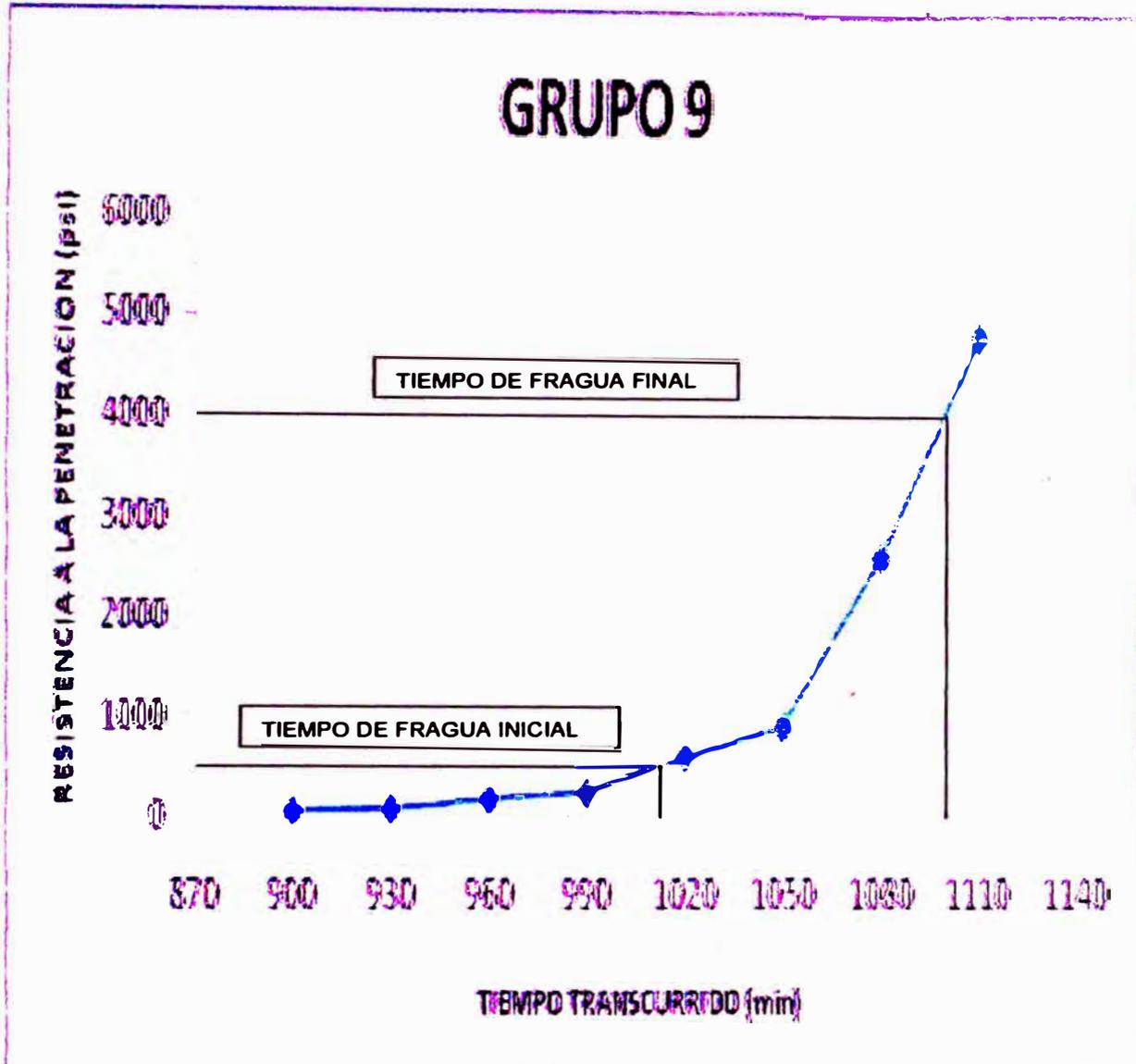
Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

GRAFICO N° 4.15

TIEMPO DE FRAGUA DISEÑO G9



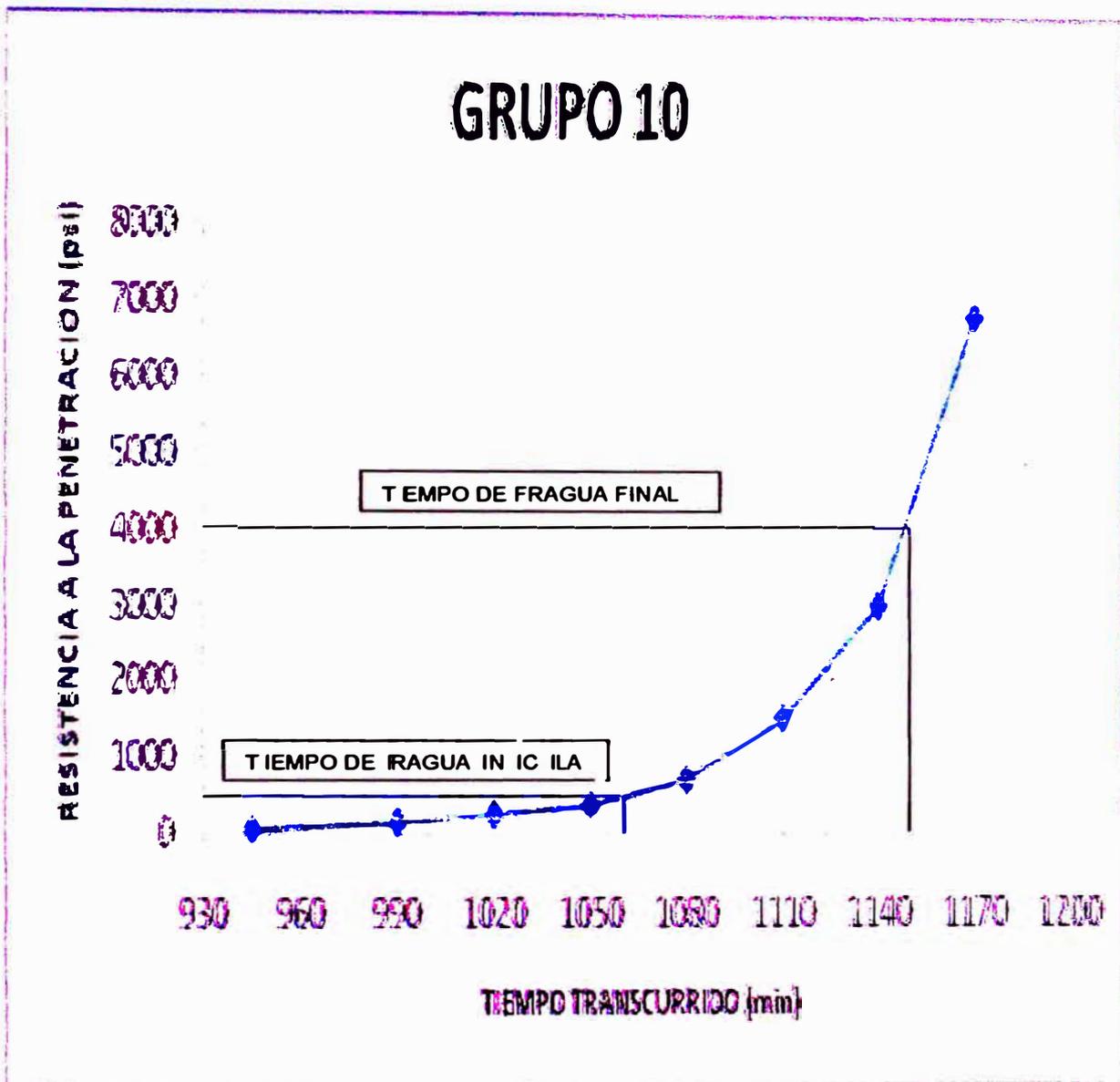
TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 1013 min
TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 1100 min

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
Arena de la Cantera "Fame"
Piedra de la Cantera "Unicón"
Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

GRAFICO N° 4.16

TIEMPO DE FRAGUA DISEÑO G10



TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (500 lb/pulg²) = 1063 min

TIEMPO DE FRAGUA FINAL (4000 lb/pulg²) = 1148 min

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

Para el concreto patrón se tuvo 337 minutos de fraguado inicial, el cual nos representará el 100% de referencia:

1. Para el concreto con el aditivo Z FLUIDIZANTE SR (239, 282, 325 cm³/bl de cemento), los tiempos de fraguados iniciales fueron 448, 554, 692 minutos, los mismos que representan 132.9, 164.4, 205.3 % respectivamente del tiempo de fraguado inicial del concreto patrón.
2. Para el concreto con el aditivo GLENIUM 4700R (255, 340, 425 cm³/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (106 cm³/bl de cemento), los tiempos de fraguados iniciales fueron 423, 470, 574 minutos, los mismos que representan 125.5, 139.5, 170.3 % respectivamente del tiempo de fraguado inicial del concreto patrón.
3. Para el concreto con el aditivo RHEOBUILD 1000 (340, 425, 510 cm³/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (212 cm³/bl de cemento), los tiempos de fraguados iniciales fueron 930, 1013, 1063 minutos, los mismos que representan 276, 300.6, 315.4 % respectivamente del tiempo de fraguado inicial del concreto patrón.

Para el concreto patrón se tuvo 436 minutos de tiempo de fraguado final, el cual nos representará el 100% de referencia:

1. Para el concreto con el aditivo Z FLUIDIZANTE SR (239, 282, 325 cm³/bl de cemento), los tiempos de fraguados finales fueron 547, 658, 769 minutos, los mismos que representan 125.5, 150.9, 176.4 % respectivamente del tiempo de fraguado final del concreto patrón.
2. Para el concreto con el aditivo GLENIUM 4700R (255, 340, 425 cm³/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (106 cm³/bl de cemento), los tiempos de fraguados finales fueron 512, 568, 672 minutos, los mismos que representan 117.4, 130.3, 154.1 % respectivamente del tiempo de fraguado final del concreto patrón.
3. Para el concreto con el aditivo RHEOBUILD 1000 (340, 425, 510 cm³/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (212 cm³/bl de cemento), los tiempos de fraguados finales fueron 1024, 1100, 1148 minutos, los mismos que representan 234.9, 252.3, 263.3 %, respectivamente del tiempo de fraguado final del concreto patrón.

4.7 CUADRO COMPARATIVO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRON
CUADRO N° 4.16
ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

DISEÑO	PESO UNIT (kg/m ³)	VAR. DEL PESO UNIT (kg/m ³)	ASENT. (pulg)	VAR. DEL ASENT. (pulg)	FLUIDEZ (%)	VAR. DE LA FLUIDEZ (%)
G1	2309	0	3 1/2	0	72	0
G2	2314	+5	6	+ 2 ½	96	+24
G3	2314	+5	6 1/2	+3	100	+28
G4	2319	+10	7	+3 ½	108	+36
G5	2329	+20	8	+4 ½	156	+84
G6	2334	+25	9	+5 ½	176	+104
G7	2339	+30	10	+6 ½	200	+128
G8	2324	+15	8	+4 ½	156	+84
G9	2324	+15	9	+5 ½	184	+112
G10	2329	+20	9 1/2	+6	192	+120

DISEÑO	EXUDACIÓN (%)	VAR. DE LA EXUDACIÓN (%)	TIEMPO DE FRAG. INICIAL (min)	VAR. DEL TFI (min)	TIEMPO DE FRAG. FINAL (min)	VAR. DEL TFF (min)
G1	1.73	0	337	0	436	0
G2	2.88	+1.15	448	+111	547	+111
G3	3.36	+1.63	554	+217	658	+222
G4	3.72	+1.99	692	+355	769	+333
G5	6.11	+4.38	423	+86	512	+76
G6	10.59	+8.86	470	+133	568	+132
G7	12.74	+11.01	574	+237	672	+236
G8	5.11	+3.38	930	+593	1024	+588
G9	6.59	+4.86	1013	+676	1100	+664
G10	9.74	+8.01	1063	+726	1148	+712

NOTA: Var = Variación

Leyenda:

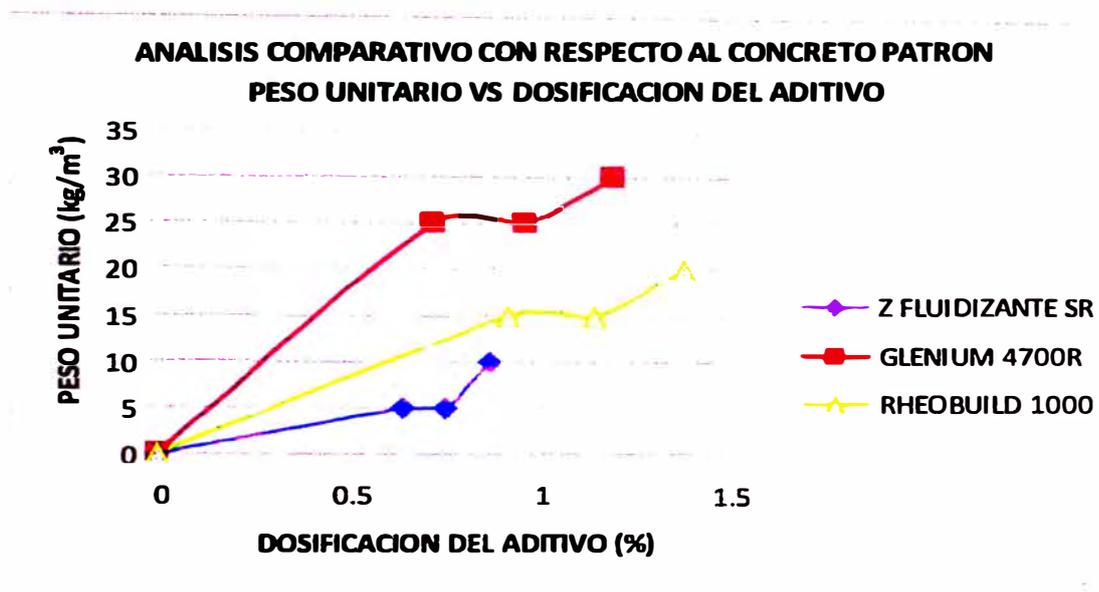
Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

GRAFICO N° 4.17



Aquí podemos apreciar un análisis comparativo con respecto al concreto patrón, aquí los aditivos se comportan como superplastificantes (sin reducción de agua). Podemos observar que a medida que le añadimos al concreto los aditivos superplastificantes, aumenta ligeramente el peso unitario.

Con respecto al concreto patrón hay una diferencia máxima de 30 kg/m³.

Leyenda:

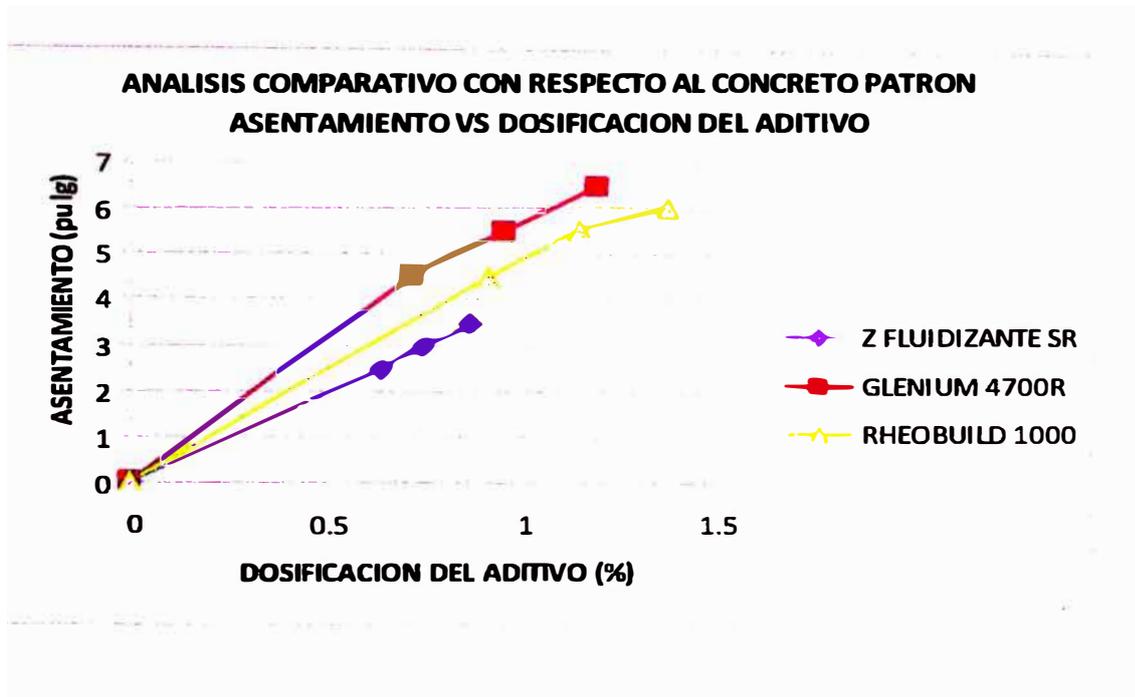
Cemento Portland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000",
"Polyheed 770R"

GRAFICO N° 4.18



Aquí podemos apreciar un análisis comparativo con respecto al concreto patrón, aquí los aditivos se comportan como superplastificantes (sin reducción de agua). Podemos ver que a medida que le añadimos los aditivos superplastificantes al concreto aumenta el asentamiento y que la mezcla del concreto con el aditivo GLENIUM 4700R es la que obtiene el mayor valor del asentamiento. Con respecto al concreto patrón hay una diferencia máxima de 6.5 pulg.

Leyenda:

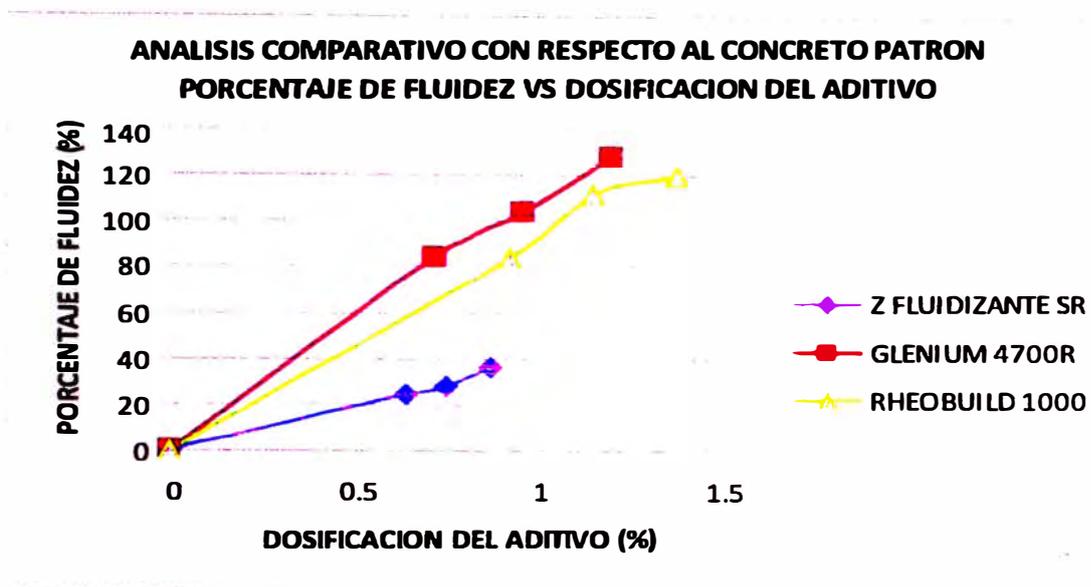
Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000",
"Polyheed 770R"

GRAFICO N° 4.19



Aquí podemos apreciar un análisis comparativo con respecto al concreto patrón, aquí los aditivos se comportan como superplastificantes (sin reducción de agua). Podemos ver que a medida que le añadimos los aditivos superplastificantes al concreto aumenta el porcentaje de fluidez y que la mezcla del concreto con el aditivo GLENIUM 4700R es la que obtiene el mayor valor del porcentaje de fluidez. Con respecto al concreto patrón hay una diferencia máxima de 128%.

Leyenda:

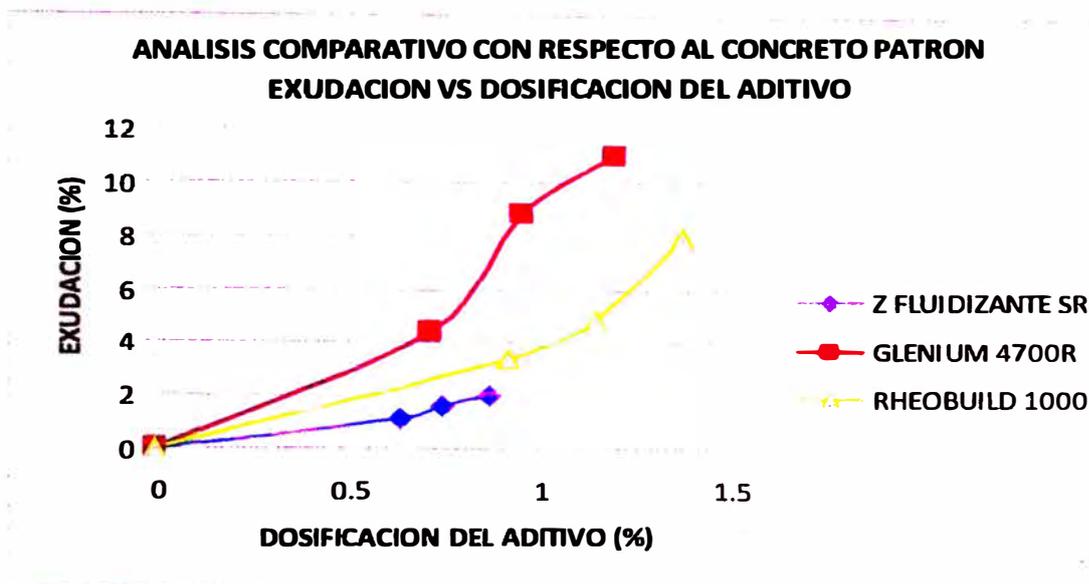
Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000",
"Polyheed 770R"

GRAFICO N° 4.20



Aquí podemos apreciar un análisis comparativo con respecto al concreto patrón, aquí los aditivos se comportan como superplastificantes (sin reducción de agua). Podemos ver que a medida que le añadimos los aditivos superplastificantes al concreto aumenta la exudación y que la mezcla del concreto con el aditivo GLENIUM 4700R es la que obtiene el mayor valor de la exudación. Con respecto al concreto patrón hay una diferencia máxima de 11%.

Leyenda:

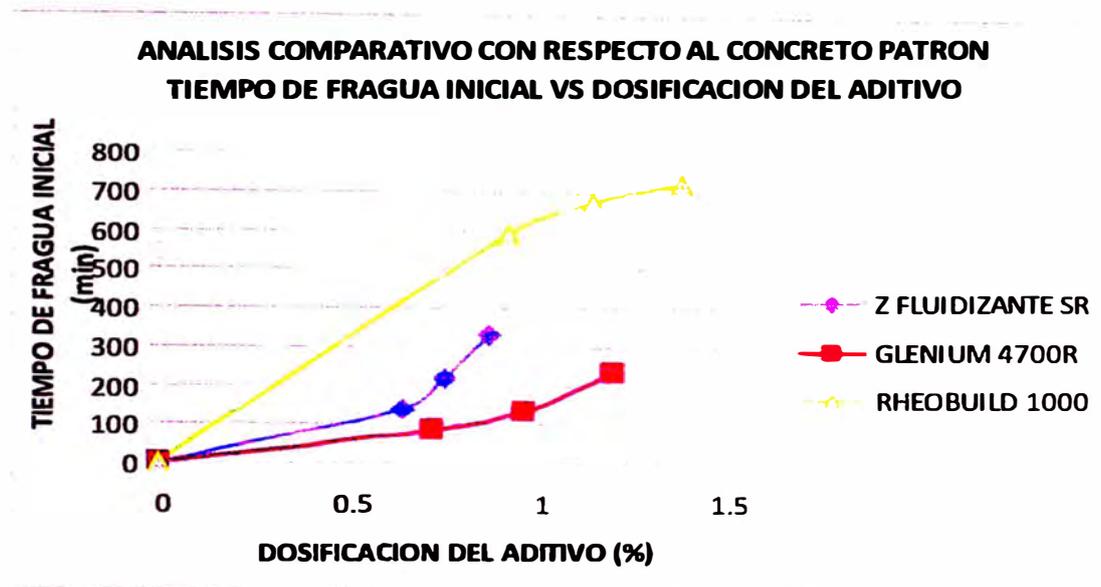
Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000",
"Polyheed 770R"

GRAFICO N° 4.21

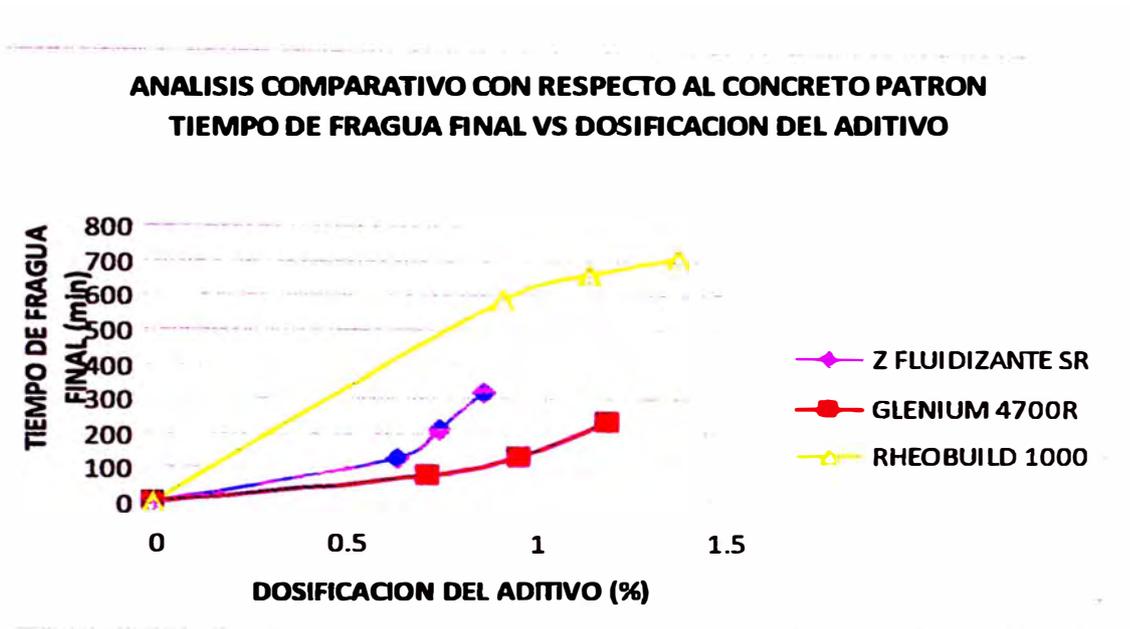


Aquí podemos apreciar un análisis comparativo con respecto al concreto patrón, aquí los aditivos se comportan como superplastificantes (sin reducción de agua). Podemos ver que a medida que le añadimos los aditivos superplastificantes al concreto aumenta el tiempo de fragua inicial y que la mezcla del concreto con el aditivo RHEOBUILD 1000 es la que obtiene el mayor valor del tiempo de fragua inicial. Con respecto al concreto patrón hay una diferencia máxima de 726 minutos.

Leyenda:

- Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
- Arena de la Cantera "Fame"
- Piedra de la Cantera "Unicón"
- Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

GRAFICO N° 4.22



Aquí podemos apreciar un análisis comparativo con respecto al concreto patrón, aquí los aditivos se comportan como superplastificantes (sin reducción de agua). Podemos ver que a medida que le añadimos los aditivos superplastificantes al concreto aumenta el tiempo de fragua final y que la mezcla del concreto con el aditivo RHEOBUILD 1000 es la que obtiene el mayor valor del tiempo de fragua final. Con respecto al concreto patrón hay una diferencia máxima de 712 minutos.

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000",
"Polyheed 770R"

CAPITULO V

ANALISIS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN EL CONCRETO ENDURECIDO

CAPITULO 5: ANALISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO EN EL CONCRETO ENDURECIDO

5.0 INTRODUCCION.

Las propiedades del concreto al estado endurecido son de gran importancia ya que reflejan la forma como el concreto se va comportando en el futuro, es decir, va a ser en este estado, en el cual va a tener que soportar las cargas para las cuales se ha diseñado.

La resistencia es considerada como una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo. La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto esta destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos, la que se utiliza como índice de su calidad.

Para determinar las propiedades del concreto al estado endurecido, se ha realizado los siguientes ensayos:

- Resistencia a la Compresión
- Resistencia a la tracción por Compresión Diametral
- Módulo de Elasticidad Estático

Para el desarrollo de estos ensayos se preparan probetas cilíndricas de dimensiones normalizadas, las mismas que deben tener aproximadamente 6" x 12". La elaboración de dichas probetas se realiza colocando el concreto en los moldes, pero en tres capas, compactando cada capa con una varilla metálica de 60 cm de largo y 5/8" de diámetro. En cada capa se debe aplicar 25 golpes a la mezcla para su compactación.

5.1 RESISTENCIA A LA COMPRESION (NTP 339.034)

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

Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra a expresar en términos de relación agua/cemento en peso.

A esta propiedad afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, también por la calidad de los agregados, que complementan la estructura del concreto.

Un factor indirecto, pero no por eso menos importante en la resistencia lo constituye el curado, ya que es el complemento del proceso de hidratación, sin el cual no se llega a desarrollar completamente las características resistentes del concreto.

El cálculo se determina de la siguiente manera:

$$f'_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \frac{4 \times P}{\pi \times d^2}$$

Donde:

f'_c : Resistencia de rotura a la compresión (kg/cm²)

P : Carga máxima de rotura (kg)

d : Diámetro de la probeta cilíndrica (cm)

En este trabajo se ha hecho 30 probetas por cada diseño (actuando el aditivo como superplastificante) según nos dice la norma, hemos realizado la resistencia a la compresión de cada probeta para realizar un análisis estadístico y obtener la media, la desviación estándar y la varianza de cada diseño.

La fórmula para la desviación estándar es la siguiente:

$$s^2 = \frac{\sum [(X_1 - X)^2 + (X_2 - X)^2 + \dots + (X_n - X)^2]}{n - 1}$$

Donde:

s = Desviación estándar

n = Número de probetas

X = Media aritmética de la resistencia a la compresión

X₁, X₂ X_n = Resistencia a la compresión de cada probeta

La varianza es la desviación estándar de la muestra expresada como porcentaje del promedio.

$$V = 100 * s / X$$

V = Varianza

CUADRO N° 5.1

ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION (SIN REDUCCION DE AGUA)

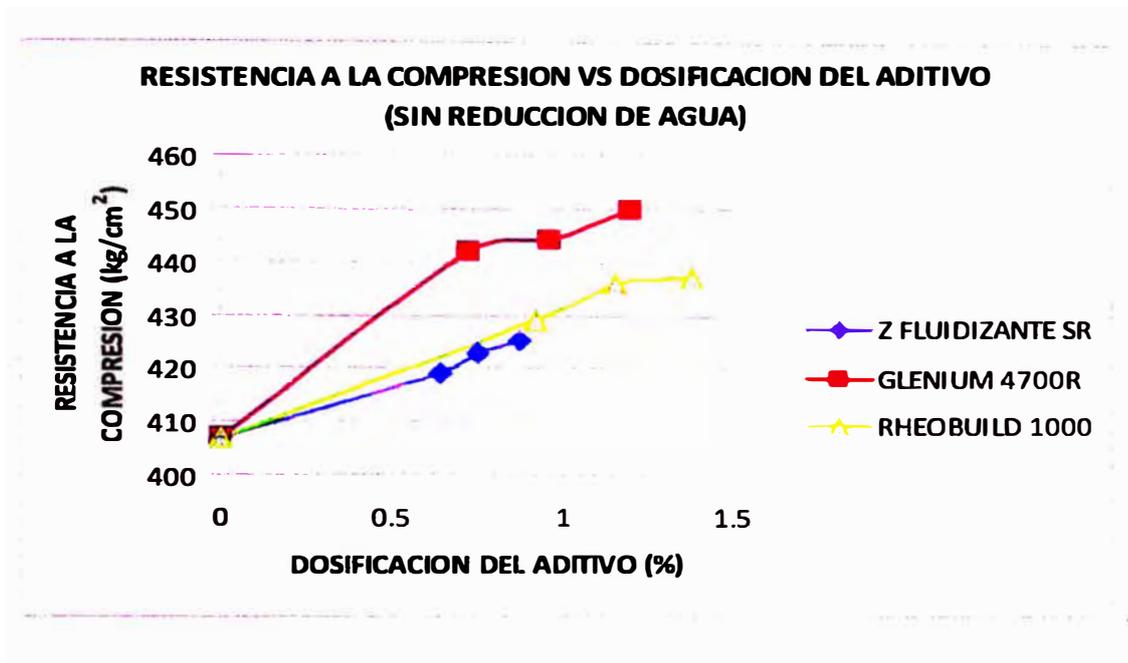
DISEÑO	RESIST. A LA COMP. (28 días) (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR (kg/cm ²)	VARIANZA (%)
G1	407	28.9	7.1
G2	417	30.5	7.3
G3	425	37.1	8.7
G4	426	23.3	5.5
G5	442	34.1	7.7
G6	444	30	6.8
G7	450	27.5	6.1
G8	428	34.5	8.1
G9	436	39.7	9.1
G10	437	30.1	6.9

Vemos que cuando le agregamos aditivo superplastificante al concreto, pero sin reducirle agua, o sea cuando se comporta como superplastificante, la resistencia a la compresión aumenta ligeramente en la medida que vamos aumentando la dosificación del aditivo.

En nuestro caso la mezcla que obtiene la mayor resistencia a la compresión es la mezcla con el GLENIUM 4700R en complemento con el POLYHEED 770R, llegando a 450 kg/cm².

Vemos que la varianza no es mayor que el 10%, lo que indica que los resultados de los ensayos de la resistencia a la compresión de cada diseño son similares.

GRAFICO N° 5.1



Según el gráfico podemos observar que cuando le agregamos aditivo superplastificante al concreto, pero sin reducirle el agua, o sea cuando se comporta como superplastificante, la resistencia a la compresión aumenta ligeramente conforme le aumentamos la dosificación del aditivo.

En nuestro caso la mezcla que obtiene la mayor resistencia a la compresión es la mezcla con el GLENIUM 4700R en complemento con el POLYHEED 770R en su máxima dosificación, llegando a 450 kg/cm².

Los resultados para la resistencia a la compresión del concreto más el aditivo superplastificante pero sin reducción de agua:

Para el concreto patrón se tuvo una resistencia a la compresión a los 28 días de 407 kg/cm^2 , el cual nos representará el 100% de referencia:

1. Para el concreto con el aditivo Z FLUIDIZANTE SR (239, 282, 325 cm^3/bl de cemento), la resistencia a la compresión de concreto fue 417, 425, 426 kg/cm^2 , los mismos que representan el 102.5, 104.4, 104.7 % respectivamente de la resistencia a la compresión del concreto patrón.
2. Para el concreto con el aditivo GLENIUM 4700R (255, 340, 425 cm^3/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (106 cm^3/bl de cemento), la resistencia a la compresión de concreto fue 442, 444, 450 kg/cm^2 , los mismos que representan el 108.6, 109.1, 110.6 % respectivamente de la resistencia a la compresión del concreto patrón.
3. Para el concreto con el aditivo RHEOBUILD 1000 (340, 425, 510 cm^3/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (212 cm^3/bl de cemento), la resistencia a la compresión de concreto fue 428, 436, 437 kg/cm^2 , los mismos que representan el 105.2, 107.1, 107.4 % respectivamente de la resistencia a la compresión del concreto patrón.

Ahora veremos cómo se comporta el concreto más el aditivo superplastificante cuando le reducimos agua, es decir cuando el aditivo superplastificante se comporta como reductor de agua.

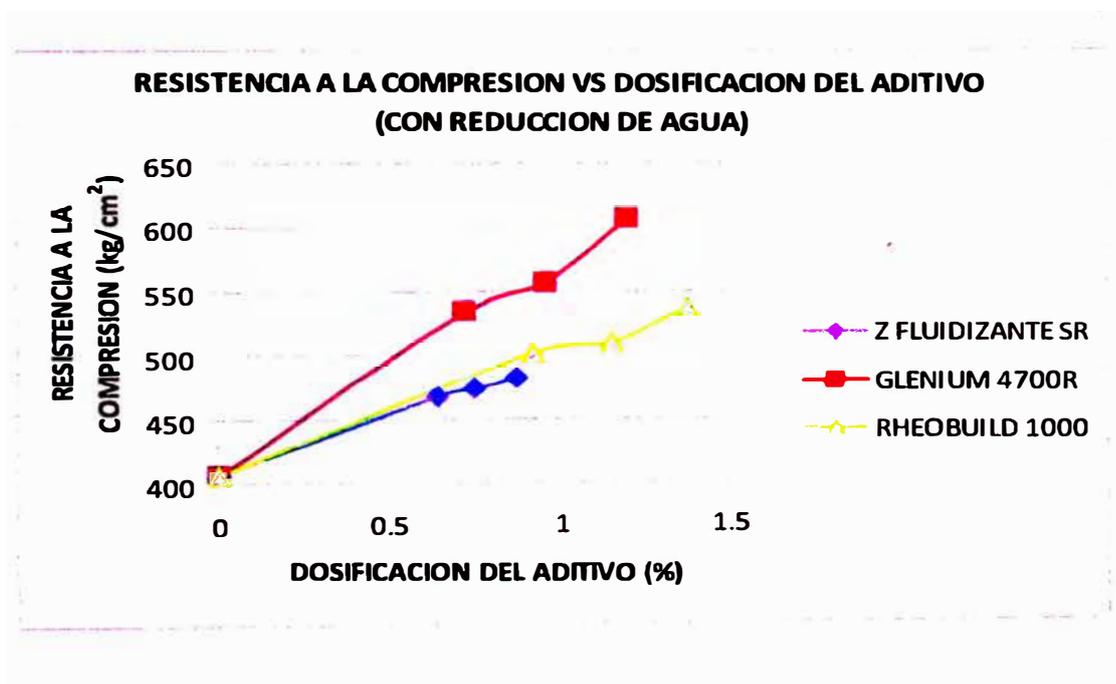
CUADRO Nº 5.2
ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION
(CON REDUCCION DE AGUA)

DISEÑO	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	FUERZA (kg)	RESISTENCIA (kg/ cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/ cm ²)	REDUCCION DE AGUA (%)
G2*	14.9	174	80900	465	468	7.1
	14.8	172	80500	468		
	14.9	174	82000	471		
G3*	15	177	85000	480	475	8.1
	14.9	174	82000	471		
	15	177	83900	474		
G4*	14.9	174	85200	490	482	9.4
	15	177	84600	478		
	14.8	172	82200	478		
G5*	15	177	93400	527	534	16.13
	14.9	174	94000	540		
	14.9	174	93200	535		
G6*	14.9	174	98200	564	557	19.35
	15	177	97800	552		
	15	177	98400	555		
G7*	15	177	104800	592	607	22.58
	14.8	172	105600	613		
	14.8	172	105800	615		
G8*	14.9	174	86800	498	501	11.3
	14.8	172	87000	505		
	14.8	172	86100	500		
G9*	15	177	90400	510	510	12.9
	14.9	174	88200	506		
	14.8	172	88400	513		
G10*	14.9	174	92400	531	537	17.74
	14.8	172	93400	543		
	14.9	174	93600	537		

Vemos que cuando le agregamos el aditivo superplastificante y le reducimos agua, o sea cuando se comporta como reductor de agua, la resistencia aumenta. También vemos que conforme le aumentamos la dosificación del aditivo superplastificante aumenta más la resistencia. En este caso observamos que cuando le agregamos GLENIUM 4700R más el POLYHEED 770R y le reducimos el agua, alcanza una mayor resistencia.

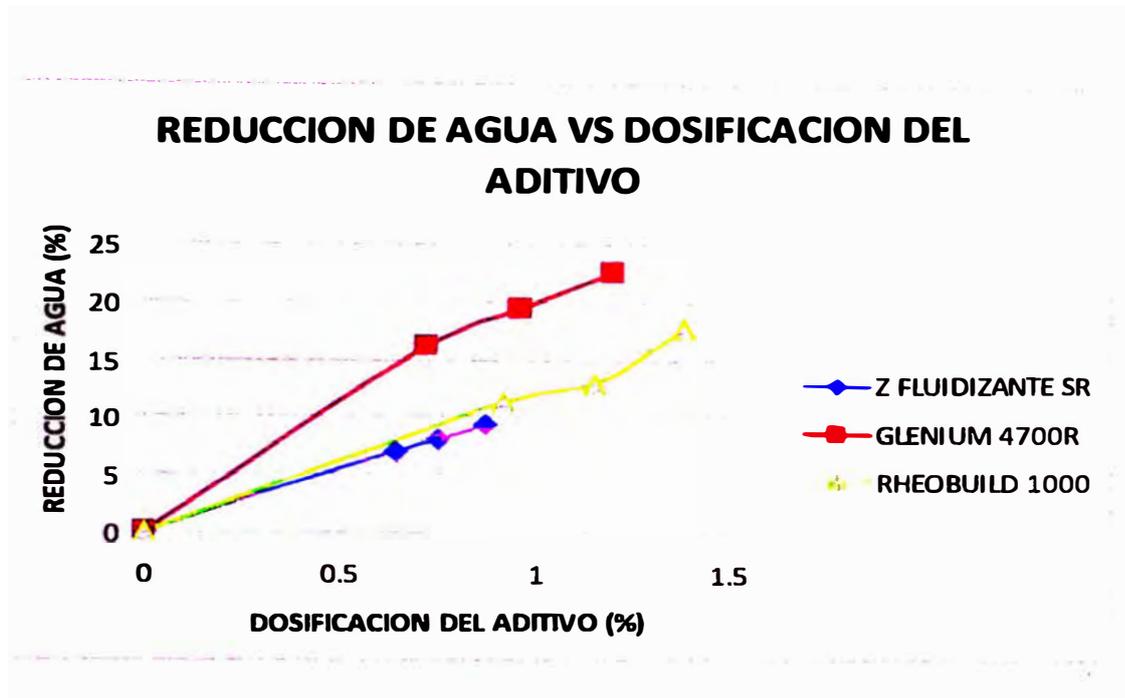
También podemos observar que mientras mayor sea la dosificación del aditivo en el concreto, mayor es la reducción de agua. Se alcanza una mayor reducción de agua (22.58%) cuando le agregamos al concreto el aditivo GLENIUM 4700R en complemento con el POLYHEED 770R en su mayor dosificación.

GRAFICO N° 5.2



Según el gráfico podemos observar que la resistencia aumenta a mayor dosificación del aditivo, ya que a mayor dosificación del aditivo se le reduce más agua. En este caso vemos que la mezcla del concreto con el aditivo GLENIUM 4700R alcanza una mayor resistencia a la compresión.

GRAFICO N° 5.3



También podemos observar que mientras mayor sea la dosificación del aditivo en el concreto, mayor es la reducción de agua. Se alcanza una mayor reducción de agua (22.58%) cuando le agregamos al concreto el aditivo GLENIUM 4700R en complemento con el POLYHEED 770R en su mayor dosificación. Podemos ver que el aditivo que presenta mayor reducción de agua es el GLENIUM 4700R, de ahí le sigue el aditivo RHEOBUILD 1000 y el aditivo que presenta menor reducción de agua es el Z FLUIDIZANTE SR.

Los resultados para la resistencia a la compresión del concreto más el aditivo superplastificante pero con reducción de agua.

Para el concreto patrón se tuvo una resistencia a la compresión a los 28 días de 407 kg/cm^2 , el cual nos representará el 100% de referencia:

1. Para el concreto con el aditivo Z FLUIDIZANTE SR (239, 282, 325 cm^3/bl de cemento), la resistencia a la compresión de concreto fue 468, 475, 482 kg/cm^2 , los mismos que representan el 115, 116.7, 118.4 % respectivamente de la resistencia a la compresión del concreto patrón.

2. Para el concreto con el aditivo GLENIUM 4700R (255, 340, 425 cm³/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (106 cm³/bl de cemento), la resistencia a la compresión de concreto fue 534, 557, 607 kg/cm² , los mismos que representan el 131.2, 136.9, 149.1 % respectivamente de la resistencia a la compresión del concreto patrón.
3. Para el concreto con el aditivo RHEOBUILD 1000 (340, 425, 510 cm³/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (212 cm³/bl de cemento), la resistencia a la compresión de concreto fue 501, 510, 537 kg/cm² , los mismos que representan el 123.1, 125.3, 131.9 % respectivamente de la resistencia a la compresión del concreto patrón.

5.2 RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (NTP 339.084)

La resistencia a la tracción del concreto es una forma de comportamiento de gran interés para el diseño y control de calidad en todo tipo de obras y en especial las estructuras hidráulicas y de pavimentación. Sin embargo en razón de que los métodos de ensayo a la tracción aparecen tardíamente, en la década de los cincuenta, la resistencia a la compresión mantenía su hegemonía como indicador de calidad, principalmente por el largo tiempo de aplicación que ha permitido acumular valiosa experiencia.

El esfuerzo de tracción por compresión diametral indirecta se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \frac{2 \times P}{\pi \times L \times d}$$

Donde:

- T : Esfuerzo de Tracción indirecta (kg/cm²)
- P : Carga máxima de rotura (kg)
- D : Diámetro de la probeta cilíndrica (cm)
- L : Longitud de la probeta cilíndrica (cm)

CUADRO N° 5.3

**ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION
 DIAMETRAL**

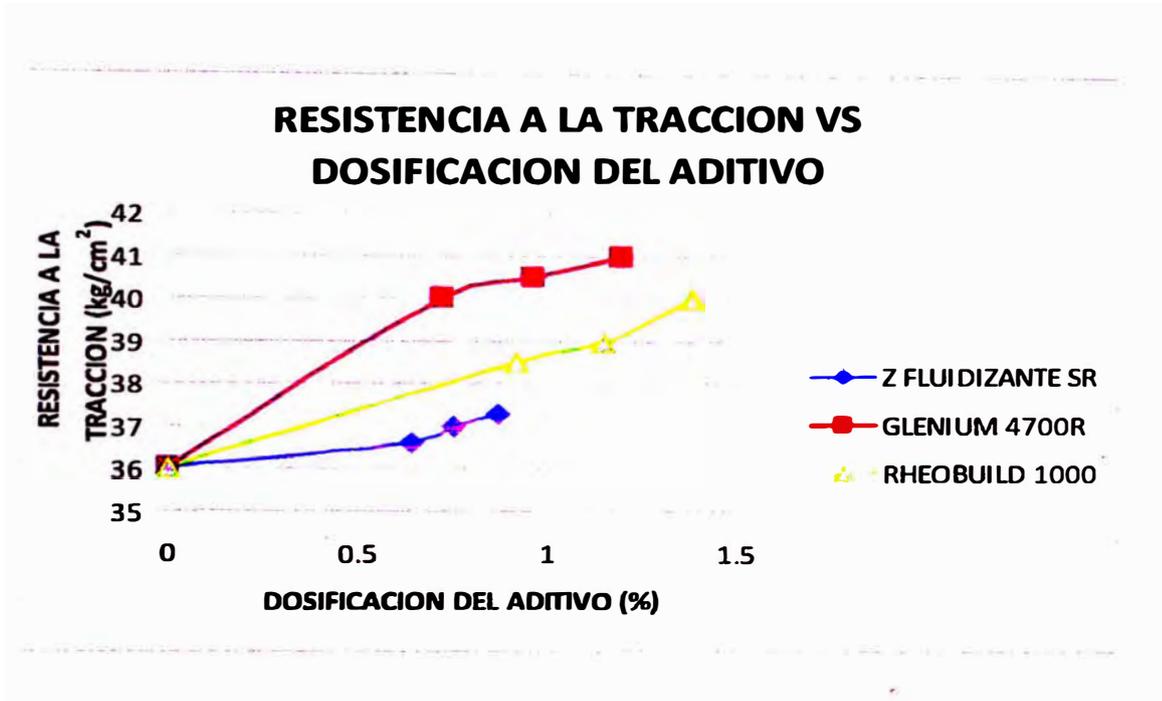
DISEÑO	RESISTENCIA A LA TRACCION (kg/ cm ²)	PROMEDIO (kg/ cm ²)
G1	37	36
	35	
G2	37	36.5
	36	
G3	37	37
	37	
G4	38	37.5
	37	
G5	40	40
	40	
G6	41	40.5
	40	
G7	42	41
	40	
G8	38	38.5
	39	
G9	38	39
	40	
G10	41	40
	39	

Vemos que cuando le agregamos aditivo superplastificante al concreto, pero sin reducirle agua, o sea cuando se comporta como superplastificante, la resistencia a la tracción por compresión diametral aumenta ligeramente conforme aumentamos la dosificación del aditivo.

En este caso observamos que cuando le agregamos GLENIUM 4700R más el POLYHEED 770R (sin reducirle agua), alcanza una mayor resistencia a la tracción por compresión diametral.

Según el ACI la resistencia a la tracción está entre el 8-12 % de la resistencia a la compresión, lo cual podemos observar que se comprueba experimentalmente lo teórico.

GRAFICO N° 5.4



Según el gráfico podemos observar que cuando le agregamos aditivo superplastificante al concreto, pero sin reducirle el agua, o sea cuando se comporta como superplastificante, la resistencia a la tracción por compresión diametral aumenta ligeramente conforme aumentamos la dosificación del aditivo. En este caso observamos que cuando le agregamos GLENIUM 4700R más el POLYHEED 770R (sin reducirle agua), alcanza una mayor resistencia a la tracción por compresión diametral.

Los resultados para la resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto más el aditivo superplastificante pero sin reducción de agua.

Para el concreto patrón se tuvo una resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días de 36 kg/cm², el cual nos representará el 100% de referencia:

1. Para el concreto con el aditivo Z FLUIDIZANTE SR (239, 282, 325 cm³/bl de cemento), la resistencia a la tracción por compresión diametral de concreto fue 36.5, 37, 37.5 kg/cm², los mismos que representan el 101.4, 102.8, 104.2 % respectivamente de la resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto patrón.
2. Para el concreto con el aditivo GLENIUM 4700R (255, 340, 425 cm³/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (106 cm³/bl de cemento), la resistencia a la tracción por compresión diametral de concreto fue 40, 40.5, 41 kg/cm² , los mismos que representan el 111.1, 112.5, 113.9 % respectivamente de la resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto patrón.
3. Para el concreto con el aditivo RHEOBUILD 1000 (340, 425, 510 cm³/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (212 cm³/bl de cemento), la resistencia a la tracción por compresión diametral de concreto fue 38.5, 39, 40 kg/cm² , los mismos que representan el 106.9, 108.3, 111.1 % respectivamente de la resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto patrón.

5.3 MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO (NTP 339.044)

Es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. El concreto no es un material elástico, no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama Carga vs Deformación en compresión, sin embargo convencionalmente se acostumbra a definir un "Módulo de Elasticidad Estático" del concreto, mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido, que normalmente es un porcentaje de la tensión última.

El módulo de elasticidad estático está en relación directa con la resistencia en compresión del concreto y a la relación agua/ cemento. En concepto las mezclas más ricas tienen módulos de elasticidad mayores y mayor capacidad de deformación.

Los puntos que definen la curva para la deformación del módulo respectivo son:

- Punto de curva Esfuerzo Deformación Unitaria: Deformación que corresponde a una deformación unitaria de 0.5×10^{-4} y su esfuerzo correspondiente.
- Punto de la curva Esfuerzo Deformación: Deformación que corresponde al 40% de la resistencia a la compresión y la deformación para este punto determinan el módulo elástico.

$$\text{MEE (kg/cm}^2\text{)} = \frac{(E_1 - E_0)}{(D_1 - D_0)}$$

Donde:

E_1 : Esfuerzo de la máxima carga (40%), en kg/cm^2

E_0 : Esfuerzo cuando la deformación es de $D_0 = 0.5 \times 10^{-4}$

D_1 : Deformación unitaria correspondiente al esfuerzo E_1

D_0 : Deformación unitaria de 0.5×10^{-4}

CUADRO N° 5.4

ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO

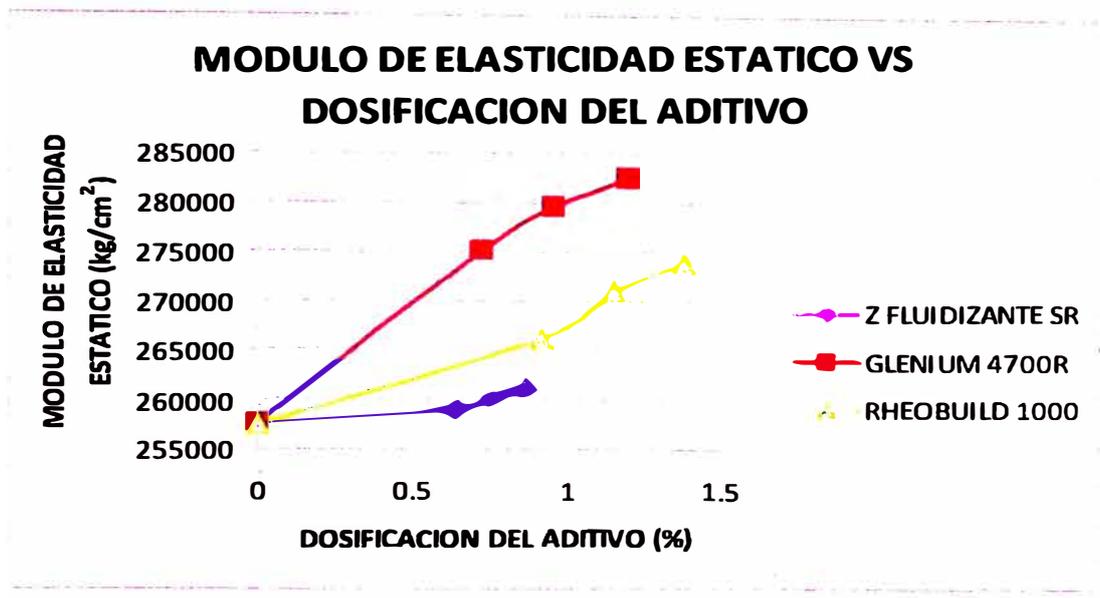
DISEÑO	MOD. DE ELASTICIDAD ESTATICO (kg/cm ²)	MOD.DE ELASTICIDAD EST. PROMEDIO (kg/cm ²)
G1	263983	257569
	251155	
G2	264631	258014
	251398	
G3	254650	260090
	265531	
G4	270638	262253
	253869	
G5	279426	275162
	270897	
G6	261320	279622
	297924	
G7	287129	282564
	278000	
G8	251042	286192
	281342	
G9	273879	271140
	268402	
G10	270613	273884
	277155	

Vemos que cuando le agregamos aditivo superplastificante al concreto, pero sin reducirle agua, o sea cuando se comporta como superplastificante, el módulo de elasticidad estático aumenta ligeramente conforme aumentamos la dosificación del aditivo.

En este caso observamos que cuando le agregamos GLENIUM 4700R más el POLYHEED 770R (sin reducirle agua), alcanza un mayor módulo de elasticidad estático.

Para concretos de peso normal, el MEE fluctúa entre 140,600 y 422,000 kg/cm², y se puede aproximar como 15000 veces el valor de la raíz cuadrada de la resistencia a compresión. De esta manera se comprueba experimentalmente lo que se afirma en la teoría.

GRAFICO N° 5.5



Según el gráfico podemos observar que cuando le agregamos aditivo superplastificante al concreto, pero sin reducirle el agua, o sea cuando se comporta como superplastificante, el módulo de elasticidad estático aumenta ligeramente conforme aumentamos la dosificación del aditivo.

En este caso observamos que cuando le agregamos GLENIUM 4700R más el POLYHEED 770R (sin reducirle agua), alcanza un mayor módulo de elasticidad estático.

Los resultados para el módulo de elasticidad estático del concreto más el aditivo superplastificante pero sin reducción de agua.

Para el concreto patrón se tuvo un módulo de elasticidad estático a los 28 días de 257569 kg/cm².

1. Para el concreto con el aditivo Z FLUIDIZANTE SR (239, 282, 325 cm³/bl de cemento), el módulo de elasticidad estático del concreto fue 258014, 260090, 262253 kg/cm², los mismos que representan el

100.2, 101, 101.8 % respectivamente del módulo de elasticidad estático del concreto patrón.

2. Para el concreto con el aditivo GLENIUM 4700R (255, 340, 425 cm^3/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (106 cm^3/bl de cemento), el módulo de elasticidad estático del concreto fue 275162, 279622, 282564 kg/cm^2 , los mismos que representan el 106.8, 108.6, 109.7 % respectivamente del módulo de elasticidad estático del concreto patrón.
3. Para el concreto con el aditivo RHEOBUILD 1000 (340, 425, 510 cm^3/bl de cemento) más el POLYHEED 770R (212 cm^3/bl de cemento), el módulo de elasticidad estático del concreto fue 266192, 271140, 273884 kg/cm^2 , los mismos que representan el 103.3, 105.3, 106.3 % respectivamente del módulo de elasticidad estático del concreto patrón.

5.4 ADHERENCIA AL ACERO DE REFUERZO.

No existe ninguna información que indique que el empleo de concretos con aditivos superplastificantes tenga algún efecto sobre su adherencia al acero de refuerzo. La resistencia por adherencia de los concretos con aditivos superplastificantes al acero de refuerzo depende de la resistencia del concreto, grado de consolidación, exudación, segregación y tiempo de fraguado.

Los concretos con aditivos superplastificantes pueden mostrar ningún cambio en la resistencia por adherencia, si se los compara con concretos de bajo asentamiento con igual relación agua-cemento, siempre que las condiciones siguientes se mantengan; el concreto sea vibrado, el concreto fragüe rápidamente después de la consolidación y se presenten resistencias en compresión más altas que la de los concretos convencionales. Si esas condiciones no se cumplen puede presentarse una reducción en la resistencia por adherencia.

Los concretos con aditivos superplastificantes que no son vibrados pueden presentar una importante reducción en la resistencia por adherencia si se los compara con concretos de bajo asentamiento o con concretos con aditivos superplastificantes los cuales han sido adecuadamente vibrados. Una adecuada consolidación alrededor del acero de refuerzo es más fácilmente alcanzada cuando se emplea concretos con aditivos superplastificantes.

5.5 CONTROL DE TEMPERATURA.

La elevación de la temperatura en concretos fluidos debida al calor de hidratación no es significativamente afectada por la adición de un superplastificante a menos que la cantidad o composición del ligante sea cambiada. Puede dar un pequeño cambio cuando se alcanza los mayores valores en la temperatura del concreto debido a hidratación, pero estas diferencias por lo general son despreciables.

Cuando se emplea superplastificante para lograr reducción en el contenido de agua de la mezcla, puede presentarse algún incremento en la elevación de la temperatura debido al menor contenido de agua.

CUADRO N° 5.5
ENSAYO DE TEMPERATURA

DISEÑO	TEMPERATURA (°C)
G1	27,8
G2	28
G3	28,1
G4	28,2
G5	28,7
G6	28,8
G7	28,9
G8	28,2
G9	28,4
G10	28,5

Podemos observar que cuando le agregamos al concreto aditivos superplastificantes aumenta ligeramente la temperatura. Este aumento en la temperatura no es significativo permaneciendo casi constante.

Para concretos de peso normal la temperatura no debe exceder a 32 °C. De esta manera se comprueba experimentalmente lo que se afirma en la teoría.

5.6 CUADRO COMPARATIVO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRON

Aquí se analiza como varía los ensayos del concreto en estado endurecido a los 28 días, teniendo en cuenta que en algunos casos no se le está reduciendo el agua al concreto, es decir los aditivos están actuando como superplastificantes y no como reductores de agua, y en otros casos sí se le está reduciendo el agua al concreto, es decir, el aditivo está actuando como reductor de agua.

Nota: VAR = Variación

CUADRO N° 5.6

CUADRO COMPARATIVO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRON ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO (EDAD 28 DIAS)

DISEÑO	RES. A LA COMPRESION (kg/cm ²)	VAR.DE LA RES. A LA COMP (kg/cm ²)	RES.A LA TRACCION (kg/cm ²)	VAR.DE LA RES. A LA TRACCION (kg/cm ²)	MODULO DE ELAST.EST (kg/cm ²)	VAR. DEL MEE (kg/cm ²)
G1	407	0	36	0	257569	0
G2	417	+10	36.5	+0.5	258014	+445
G3	425	+18	37	+1	260090	+2521
G4	426	+19	37.5	+1.5	262253	+4694
G5	442	+35	40	+4	275162	+17593
G6	444	+37	40.5	+4.5	279622	+22053
G7	450	+43	41	+5	282564	+24995
G8	428	+21	38.5	+2.5	266192	+8623
G9	436	+29	39	+3	271140	+13571
G10	437	+30	40	+4	273884	+16315

Podemos observar que los resultados de los ensayos del concreto en estado endurecido aumentan ligeramente conforme aumentamos la dosificación del aditivo.

CUADRO N° 5.7

**CUADRO COMPARATIVO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRON
 ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION CON REDUCCION DE
 AGUA
 (28 DIAS)**

DISEÑO	RES. A LA COMPRESION (kg/cm ²)	VAR. DE LA RES. A LA COMP. (kg/cm ²)
G1	407	0
G2*	468	+61
G3*	475	+68
G4*	482	+75
G5*	534	+127
G6*	557	+150
G7*	607	+200
G8*	501	+94
G9*	510	+103
G10*	537	+130

Podemos observar que a mayor dosificación del aditivo (aquí se comporta como reductor de agua) se alcanza una mayor resistencia en el concreto (debido a que se reduce más agua) y que la mezcla que obtiene mayor resistencia es la G7* llegando a 607 kg/cm² (200 kg/cm² más que el concreto patrón). En este diseño el concreto está mezclado con GLENIUM 4700R en complemento con el POLYHEED 770R en su máxima dosificación.

Leyenda:

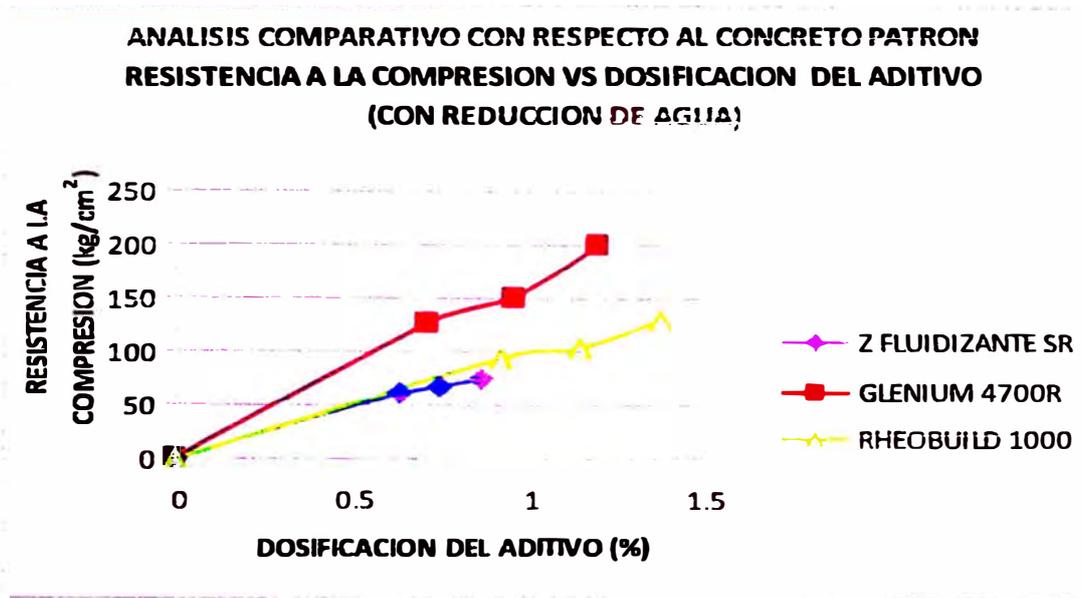
Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000",
 "Polyheed 770R"

GRAFICO N° 5.6



Aquí podemos apreciar un análisis comparativo con respecto al concreto patrón, aquí los aditivos se comportan como reductor de agua (con reducción de agua). Según el gráfico podemos observar que la resistencia aumenta a mayor dosificación del aditivo, ya que a mayor dosificación del aditivo se le reduce más agua. En este caso vemos que la mezcla del concreto con el aditivo GLENIUM 4700R alcanza una mayor resistencia a la compresión.

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
Arena de la Cantera "Fame"
Piedra de la Cantera "Unicón"
Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000",
"Polyheed 770R"

5.7 ANALISIS DE COSTO.

Aquí se presenta para los diversos diseños realizados un análisis de costo. En él se consideran únicamente los costos de los materiales, sin considerar gasto de transporte u otros. El objetivo de realizar este análisis de costo, es tener un conocimiento aproximado de los efectos económicos del empleo de los aditivos superplastificantes.

Como primer paso se evalúa la cantidad del material que se necesita para cada diseño de mezcla de concreto por metro cúbico. Luego se le asigna a cada material un precio que corresponde al costo de mercado, de acuerdo a la procedencia del material, así después por sumatoria se determina el costo por metro cúbico de cada diseño de concreto.

Seguidamente se realizarán cuadros de cálculo del análisis de costo, ventajas y desventajas del uso del aditivo, para esto nos apoyaremos en algunos cuadros.

En el capítulo III se indica el proceso del diseño de concreto, donde se establece la cantidad de material que se usa para cada diseño.

De los resultados obtenidos en el diseño de concreto, se han usado para realizar el análisis de costo para cada diseño de mezclas plásticas, con asentamiento en el rango de 3" a 4".

Primero procederemos a calcular la cantidad de material utilizado para los diferentes diseños:

CUADRO N° 5.8
CANTIDAD DE MATERIAL POR METRO CUBICO DE CONCRETO
(DISEÑO G2* a G5* y G1)

DISEÑO	DISEÑO HUMEDO		CANTIDAD DE MATERIAL		
	MATERIAL	PESO HUMEDO (KG)	PU _{suello} (kg/m ³)	CANTIDAD MATERIAL	UNIDAD
G1	Cemento	462	3150	0.146	m ³
	Agua	223	1000	0.223	m ³
	Arena	787	1692	0.465	m ³
	Piedra	798	1420	0.562	m ³
	Aditivo	0	0	0	lt
G2*	Cemento	462	3150	0.146	m ³
	Agua	207	1000	0.207	m ³
	Arena	787	1692	0.465	m ³
	Piedra	798	1420	0.562	m ³
	Adit.Z FLUID. SR	2.95	1140	2.59	lt
G3*	Cemento	462	3150	0.146	m ³
	Agua	205	1000	0.205	m ³
	Arena	787	1692	0.465	m ³
	Piedra	798	1420	0.562	m ³
	Adit.Z FLUID. SR	3.49	1140	3.06	lt
G4*	Cemento	462	3150	0.146	m ³
	Agua	202	1000	0.202	m ³
	Arena	787	1692	0.465	m ³
	Piedra	798	1420	0.562	m ³
	Adit.Z FLUID. SR	4.04	1140	3.54	lt
G5*	Cemento	462	3150	0.146	m ³
	Agua	187	1000	0.187	m ³
	Arena	787	1692	0.465	m ³
	Piedra	798	1420	0.562	m ³
	Ad.GLENIUM 4700R	3.34	1200	2.78	lt
	POLYHEED 770R	1.3	1100	1.18	lt

Leyenda:

Cemento Portland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes: "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobulld 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° 5.9
CANTIDAD DE MATERIAL POR METRO CUBICO DE CONCRETO
(DISEÑO G6* a G10*)

DISEÑO	DISEÑO HUMEDO		CANTIDAD DE MATERIAL		
	MATERIAL	PESO HUMEDO (KG)	PU _{suello} (kg/m ³)	CANTIDAD MATERIAL	UNIDAD
G6*	Cemento	462	3150	0.146	m ³
	Agua	180	1000	0.180	m ³
	Arena	787	1692	0.465	m ³
	Piedra	798	1420	0.562	m ³
	Ad.GLENIUM 4700R	4.42	1200	3.68	lt
	POLYHEED 770R	1.3	1100	1.18	lt
G7*	Cemento	462	3150	0.146	m ³
	Agua	173	1000	0.173	m ³
	Arena	787	1692	0.465	m ³
	Piedra	798	1420	0.562	m ³
	Ad.GLENIUM 4700R	5.54	1200	4.62	lt
	POLYHEED 770R	1.3	1100	1.18	lt
G8*	Cemento	462	3150	0.146	m ³
	Agua	198	1000	0.198	m ³
	Arena	787	1692	0.465	m ³
	Piedra	798	1420	0.562	m ³
	Ad.RHEOBUID 1000	4.23	1150	3.68	lt
	POLYHEED 770R	2.6	1100	2.36	lt
G9*	Cemento	462	3150	0.146	m ³
	Agua	194	1000	0.194	m ³
	Arena	787	1692	0.465	m ³
	Piedra	798	1420	0.562	m ³
	Ad.RHEOBUID 1000	5.31	1150	4.62	lt
	POLYHEED 770R	2.6	1100	2.36	lt
G10*	Cemento	462	3150	0.146	m ³
	Agua	183	1000	0.183	m ³
	Arena	787	1692	0.465	m ³
	Piedra	798	1420	0.562	m ³
	Ad.RHEOBUID 1000	6.39	1150	5.56	lt
	POLYHEED 770R	2.6	1100	2.36	lt

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Famc"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770"

CUADRO N° 5.10
COSTO TOTAL DE CADA DISEÑO POR METRO CUBICO DE CONCRETO
(DISEÑO G2* a G5* y G1)

DISEÑO	MATERIAL	CANTIDAD MATERIAL	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (S/.)	COSTO PARCIAL (S/.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²)
G1	Cemento	10.87	bl	17.5	190.23	407
	Agua	0.223	m ³	1.6	0.36	
	Arena	0.465	m ³	35	16.28	
	Piedra	0.562	m ³	60	33.72	
	Aditivo					
				TOTAL	240.59	
G2*	Cemento	10.87	bl	17.5	190.23	468
	Agua	0.207	m ³	1.6	0.33	
	Arena	0.465	m ³	35	16.28	
	Piedra	0.562	m ³	60	33.72	
	Adit.Z FLUID. SR	2.59	lt	8.64	22.38	
				TOTAL	262.94	
G3*	Cemento	10.87	bl	17.5	190.23	475
	Agua	0.205	m ³	1.6	0.33	
	Arena	0.465	m ³	35	16.28	
	Piedra	0.562	m ³	60	33.72	
	Adit.Z FLUID. SR	3.06	lt	8.64	26.44	
				TOTAL	267.00	
G4*	Cemento	10.87	bl	17.5	190.23	482
	Agua	0.202	m ³	1.6	0.32	
	Arena	0.465	m ³	35	16.28	
	Piedra	0.562	m ³	60	33.72	
	Adit.Z FLUID. SR	3.54	lt	8.64	30.59	
				TOTAL	271.14	
G5*	Cemento	10.87	bl	17.5	190.23	534
	Agua	0.187	m ³	1.6	0.30	
	Arena	0.465	m ³	35	16.28	
	Piedra	0.562	m ³	60	33.72	
	Ad.GLEN.4700R	2.78	lt	11.12	30.91	
	POLYHEED 770R	1.18	lt	4.25	5.02	
				TOTAL	276.46	

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R" "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° 5.11
COSTO TOTAL DE CADA DISEÑO POR METRO CUBICO DE CONCRETO
(DISEÑO G6* a G10*)

DISEÑO	MATERIAL	CANTIDAD MATERIAL	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (S/.)	COSTO PARCIAL (S/.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²)
G6*	Cemento	10.87	bl	17.5	190.23	557
	Agua	0.180	m ³	1.6	0.29	
	Arena	0.465	m ³	35	16.28	
	Piedra	0.562	m ³	60	33.72	
	Ad.GLEN. 4700R	3.68	lt	11.12	40.92	
	POLYHEED 770R	1.18	lt	4.25	5.02	
	TOTAL				286.46	
G7*	Cemento	10.87	bl	17.5	190.23	607
	Agua	0.173	m ³	1.6	0.28	
	Arena	0.465	m ³	35	16.28	
	Piedra	0.562	m ³	60	33.72	
	Ad.GLEN. 4700R	4.62	lt	11.12	51.37	
	POLYHEED 770R	1.18	lt	4.25	5.02	
	TOTAL				296.90	
G8*	Cemento	10.87	bl	17.5	190.23	501
	Agua	0.198	m ³	1.6	0.32	
	Arena	0.465	m ³	35	16.28	
	Piedra	0.562	m ³	60	33.72	
	Ad.RHEOB. 1000	3.68	lt	4.52	16.63	
	POLYHEED 770R	2.36	lt	4.25	10.03	
	TOTAL				267.21	
G9*	Cemento	10.87	bl	17.5	190.23	510
	Agua	0.194	m ³	1.6	0.31	
	Arena	0.465	m ³	35	16.28	
	Piedra	0.562	m ³	60	33.72	
	Ad.RHEOB. 1000	4.62	lt	4.52	20.88	
	POLYHEED 770R	2.36	lt	4.25	10.03	
	TOTAL				271.45	
G10*	Cemento	10.87	bl	17.5	190.23	537
	Agua	0.183	m ³	1.6	0.29	
	Arena	0.465	m ³	35	16.28	
	Piedra	0.562	m ³	60	33.72	
	Ad.RHEOB. 1000	5.56	lt	4.52	25.13	
	POLYHEED 770R	2.36	lt	4.25	10.03	
	TOTAL				275.68	

Leyenda:
 Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
 Arena de la Cantera "Fame"
 Piedra de la Cantera "Unicón"
 Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

De los cuadros presentados anteriormente, se puede apreciar la influencia en el costo y la mejora en la calidad del concreto, esto respecto a la resistencia a la compresión.

Para los diferentes diseños, la influencia respecto al concreto patrón es:

1. Para el diseño G2* se obtuvo que el costo del concreto se incrementa a un 109.3 % y la resistencia a la compresión obtenida aumenta a 115%.
2. Para el diseño G3* se obtuvo que el costo del concreto se incrementa a un 111 % y la resistencia a la compresión obtenida aumenta a 116.7%.
3. Para el diseño G4* se obtuvo que el costo del concreto se incrementa a un 112.7 % y la resistencia a la compresión obtenida aumenta a 118.4%.
4. Para el diseño G5* se obtuvo que el costo del concreto se incrementa a un 114.9 % y la resistencia a la compresión obtenida aumenta a 131.2%.
5. Para el diseño G6* se obtuvo que el costo del concreto se incrementa a un 119.1 % y la resistencia a la compresión obtenida aumenta a 136.9%.
6. Para el diseño G7* se obtuvo que el costo del concreto se incrementa a un 123.4 % y la resistencia a la compresión obtenida aumenta a 149.1 %.
7. Para el diseño G8* se obtuvo que el costo del concreto se incrementa a un 111.1 % y la resistencia a la compresión obtenida aumenta a 123.1 %.
8. Para el diseño G9* se obtuvo que el costo del concreto se incrementa a un 112.8 % y la resistencia a la compresión obtenida aumenta a 125.3 %.
9. Para el diseño G10* se obtuvo que el costo del concreto se incrementa a un 114.6 % y la resistencia a la compresión obtenida aumenta a 131.9%.

Podemos observar que para el diseño G7* se obtiene el mejor beneficio, ya que su costo aumenta a un 123% y la resistencia alcanza su mayor nivel llegando a 149 % con respecto al concreto patrón. Este es el diseño que tiene la mayor diferencia entre su costo y su resistencia, por lo tanto se obtiene el mejor beneficio.

CAPITULO VI

**ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO
DEL CONCRETO CON ADITIVOS
SUPERPLASTIFICANTES EN OBRA**

CAPITULO 6: ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES EN OBRA

6.1 COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN OBRA CON EL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE GLENIUM 4700R.

Se realizó la visita a obra para ver cómo se comporta el concreto cuando le agregamos el aditivo superplastificante GLENIUM 4700R, se hizo algunos ensayos y se observó como varía con respecto al concreto con el aditivo superplastificante GLENIUM 4700R en el laboratorio.

La obra fue un Edificio Residencial en Breña y lo que se analizó fue el vaciado de una losa aligerada.

La fecha del vaciado fue el 18 de diciembre del 2009.

El concreto tiene una relación agua – cemento de 0.5 y la dosificación del aditivo es de $10.5 \text{ cm}^3 / \text{kg}$ de cemento.

Se realizó algunos ensayos del concreto en estado fresco y se obtuvieron los siguientes resultados:

Se midió el peso unitario del concreto y se obtuvo 2330 kg/m^3 .

Y nos podemos dar cuenta que con respecto a los resultados obtenidos en el laboratorio no hay mucha diferencia ya que dichos resultados oscilan entre 2300 y 2340 kg/cm^3 .

Se midió el asentamiento y se obtuvo $7 \frac{1}{2}''$. Nos podemos dar cuenta que con respecto a los resultados obtenidos en el laboratorio hay una diferencia ya que dichos resultados oscilan entre $8''$ y $10''$ y esto debido al clima ya que hacía mucho calor y eso disminuía la cantidad de agua y por lo tanto se redujo el asentamiento.

Debido a la adición del aditivo superplastificante GLENIUM 4700R se puede ver que hay una mayor facilidad para el bombeo, sin producirse segregación y esto va a determinar que no varíe la resistencia a la compresión que en un inicio se esperaba.

Podemos observar también que el concreto se adhiere bien al acero de refuerzo de las vigas y de la losa aligerada. Eso quiere decir que se produce una buena adherencia al acero de refuerzo, ya que el concreto fue adecuadamente vibrado.

6.2 COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO EN OBRA CON EL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE RHEOBUILD 1000.

Se realizó la visita a obra para ver cómo se comporta el concreto cuando le agregamos el aditivo superplastificante RHEOBUILD 1000, se hizo algunos ensayos y se observó como varía con respecto al concreto con el aditivo superplastificante RHEOBUILD 1000 en el laboratorio.

La obra fue un Edificio Residencial en Lince y lo que se analizó fue el vaciado de una losa aligerada.

La fecha del vaciado fue el martes 9 de febrero de 2010.

El concreto tiene una relación agua – cemento de 0.5 y la dosificación del aditivo es de $12 \text{ cm}^3 / \text{kg}$ de cemento.

Se realizó algunos ensayos del concreto en estado fresco y se obtuvieron los siguientes resultados:

Se midió el peso unitario del concreto y se obtuvo 2320 kg/m^3 . Y nos podemos dar cuenta que con respecto a los resultados obtenidos en el laboratorio no hay mucha diferencia ya que dichos resultados oscilan entre 2300 y 2340 kg/cm^3 .

Se midió el asentamiento y se obtuvo $7 \frac{1}{2} "$. Nos podemos dar cuenta que con respecto a los resultados obtenidos en el laboratorio hay una diferencia ya que dichos resultados oscilan entre $8 "$ y $9 \frac{1}{2} "$ y esto debido al clima ya que hacía mucho calor por el verano y eso disminuía la cantidad de agua y por lo tanto se redujo el asentamiento.

Debido a la adición del aditivo superplastificante RHEOBUILD 1000 se puede ver que hay una mayor facilidad para el bombeo, sin

producirse segregación y esto va a determinar que no varíe la resistencia a la compresión que en un inicio se esperaba.

Podemos observar también que el concreto se adhiere bien al acero de refuerzo de las vigas y de la losa aligerada. Eso quiere decir que se produce una buena adherencia al acero de refuerzo, ya que el concreto fue adecuadamente vibrado.

ADITIVO	DOSIFICACION		PESO UNITARIO		ASENTAMIENTO	
	EN LAB	EN OBRA	EN LAB	EN OBRA	EN LAB	EN OBRA
RHEOBUILD 1000	12	12	2329	2320	9 1/2	7 1/2
GLENIUM 4700R	10	10.5	2339	2330	10	7 1/2

CONCLUSIONES.

1. Estas conclusiones están dadas cuando al concreto le agregamos una cierta cantidad de aditivo superplastificante, dicha cantidad tiene un intervalo de acuerdo con cada aditivo (recomendado por el fabricante). Para el caso de la mezcla del concreto con el aditivo Z FLUIDIZANTE SR el intervalo está entre 5 y 8 cm³/kg de cemento, para el caso de la mezcla del concreto con el aditivo GLENIUM 4700R el intervalo está entre 6 y 10 cm³/kg de cemento y para el caso de la mezcla del concreto con el aditivo RHEOBUILD 1000 el intervalo está entre 8 y 12 cm³/kg de cemento.
2. Respecto a los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a los 28 días, cuando le agregamos aditivo superplastificante al concreto, pero sin reducción de agua, la resistencia aumenta ligeramente. La mayor resistencia se obtiene cuando se mezcla el concreto con el aditivo GLENIUM 4700R (en su máxima dosificación), llegando a 450 kg/cm² (según el gráfico N° 5.1.1, Pág. 115) lo que representa el 110.6% con respecto al concreto patrón.
3. Podemos ver que la varianza en cada uno de los diseños es menor al 10% , esto se debe a que los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de cada una de las 30 probetas de cada diseño son similares, por lo cual se entiende que hay coherencia en los resultados.
4. Respecto a los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a los 28 días cuando le agregamos aditivo superplastificante al concreto, pero con reducción de agua, la resistencia a la compresión aumenta conforme vas aumentando la dosificación del aditivo y vas reduciendo más agua (según el gráfico 5.1.2, Pág. 118). El mayor valor se da para el diseño G7* (la mezcla del concreto con el aditivo GLENIUM 4700R en su máxima dosificación), obteniéndose para los 28 días la resistencia de 607 kg/cm² lo cual representa el 149.1% del concreto patrón.

5. En las mezclas con inclusión del aditivo superplastificante, se observó que este produce un efecto plastificante. Debido a este hecho se efectuó reducción de agua, hasta lograr el Slump de 3" a 4". Debido a esta reducción de agua también se redujo la relación agua-cemento (el cemento que se utilizó en la tesis fue el cemento Pórtland tipo I marca "Sol"). La relación a/c del concreto patrón es 0.5. Cuando le agregamos el aditivo superplastificante disminuye la relación a/c y disminuye más a medida que vas aumentando la dosificación del aditivo, en el caso del aditivo Z FLUIDIZANTE SR las relaciones a/c fueron (0.45, 0.44, 0.43), en el caso del aditivo GLENIUM 4700R las relaciones a/c fueron (0.40, 0.39, 0.37) y en el caso del aditivo RHEOBUILD 1000 las relaciones a/c fueron (0.43, 0.42, 0.40). Podemos observar que la mezcla del concreto con el aditivo superplastificante GLENIUM 4700R en su mayor dosificación, produce la menor relación a/c lo que indica una mayor reducción de agua.
6. El peso unitario en estado fresco aumenta ligeramente cuando le agregamos aditivo superplastificante al concreto, sin reducción de agua, aumenta más cuando elevas la dosificación del aditivo (según el gráfico 4.1.1 Pág. 71). En nuestro caso se obtiene el mayor peso unitario cuando se mezcla el concreto con el aditivo GLENIUM 4700R en su máxima dosificación, obteniéndose para este caso un peso unitario de 2339 kg/m³ lo que representa el 101.3% con respecto al concreto patrón.
7. El asentamiento aumenta cuando le agregamos aditivo superplastificante al concreto, pero sin reducción de agua, y aumenta más cuando aumentamos la dosificación (según el gráfico 4.1.2 Pág. 74). En este caso se obtiene el mayor asentamiento cuando se mezcla el concreto con el aditivo GLENIUM 4700R en su máxima dosificación, obteniéndose un asentamiento de 10" lo que representa el 285% con respecto al concreto patrón.
8. La fluidez aumenta cuando le agregamos aditivo superplastificante al concreto, pero sin reducción de agua, y aumenta más cuando aumentamos la dosificación (según el gráfico 4.1.3 Pág. 77). En este

caso se obtiene el mayor porcentaje de fluidez cuando se mezcla el concreto con el aditivo GLENIUM 4700R en su máxima dosificación, obteniéndose un porcentaje de fluidez de 200 lo que representa el 278% con respecto al concreto patrón.

9. La exudación aumenta cuando le agregamos aditivo superplastificante al concreto, pero sin reducción de agua y aumenta más cuando elevamos la dosificación del aditivo (según el gráfico 4.1.4 Pág. 82). En este caso se obtiene la mayor exudación cuando se mezcla el concreto con el aditivo GLENIUM 4700R en su máxima dosificación, obteniéndose una exudación de 12.7% lo que representa el 736% con respecto al concreto patrón.

10. El tiempo de fragua inicial y final se incrementa cuando le agregamos aditivo superplastificante al concreto, pero sin reducción de agua, y aumenta aún más cuando le aumentamos la dosificación, lo que nos indica que el tiempo de endurecimiento es mayor. En este caso se obtiene el mayor tiempo de fragua inicial cuando se mezcla el concreto con el aditivo RHEOBUILD 1000 en su máxima dosificación, obteniéndose un tiempo de fragua inicial de 1063 lo que representa el 315% con respecto al concreto patrón (según el gráfico 4.1.5 Pág. 85). Y también se obtiene el mayor tiempo de fragua final cuando se mezcla el concreto con el aditivo RHEOBUILD 1000 en su máxima dosificación, obteniéndose un tiempo de fragua final de 1148 lo que representa el 263% con respecto al concreto patrón (según el gráfico 4.1.6 Pág. 86).

11. De los resultados obtenidos de la resistencia a la tracción por compresión diametral, vemos que cuando le agregamos aditivo superplastificante al concreto (sin reducción de agua) aumenta ligeramente dicha resistencia, y aumenta más la resistencia a la tracción por compresión diametral cuando elevas la dosificación del aditivo (según el gráfico 5.1.4 Pág. 122), esto se debe a que cuando le agregamos el aditivo superplastificante se reduce la cantidad de vacíos en el concreto. En este caso se obtiene la mayor resistencia a la tracción por compresión diametral cuando se mezcla el concreto con el aditivo GLENIUM 4700R

en su máxima dosificación, obteniéndose una resistencia de 41 kg/cm^2 lo que representa el 114% con respecto al concreto patrón. Experimentalmente se comprueba lo teórico ya que la resistencia a la tracción por compresión diametral alcanza entre el 8 al 12 % de la resistencia a la compresión.

12. En los ensayos para la obtención del módulo elástico estático vemos que cuando le agregamos al concreto aditivo superplastificante (sin reducción de agua), aumenta ligeramente el módulo elástico estático, y aumenta más a mayor dosificación (según el gráfico 5.1.5 Pág. 126). En nuestro caso la mezcla que alcanza el mayor módulo elástico estático es la mezcla del concreto con el aditivo GLENIUM 4700R en su máxima dosificación, alcanzando un MEE de 282564 kg/cm^2 lo que representa el 110% con respecto al concreto patrón. Para concretos de peso normal, el MEE fluctúa entre $140,600$ y $422,000 \text{ kg/cm}^2$, y se puede aproximar como 15000 veces el valor de la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión. De esta manera se comprueba experimentalmente lo que se afirma en la teoría.
13. Se aprecia que el mayor beneficio es para el diseño G7*, esto es por la variación existente entre el beneficio en la obtención de incremento de resistencia y el incremento del costo del concreto. La resistencia alcanza a un 149 % con respecto al concreto patrón y el costo alcanza a un 123 % con respecto al concreto patrón.
14. De los resultados obtenidos, podemos apreciar que el comportamiento del concreto con el aditivo superplastificante GLENIUM 4700R en obra es similar al comportamiento en el laboratorio, ya que su peso unitario es semejante (2330 y 2334 kg/m^3 respectivamente) y su asentamiento disminuye ligeramente (7.5 y 9 pulg. respectivamente), pero esto debido al clima caluroso que influye en una reducción de agua.
15. De los resultados obtenidos, podemos apreciar que el comportamiento del concreto con el aditivo superplastificante RHEOBUILD 1000 en obra es similar al comportamiento en el laboratorio, ya que su peso unitario

es semejante (2320 y 2324 kg/m³ respectivamente) y su asentamiento disminuye ligeramente (7.5 y 8.5 pulg. respectivamente), pero esto debido al clima caluroso que influye en una reducción de agua.

RECOMENDACIONES

1. Es importante tener un asesoramiento para que se nos indique la forma de cómo se va a aplicar el aditivo, para así tener mejores resultados y se pueda aprovechar al máximo los beneficios del producto.
2. Se recomienda añadir el aditivo al concreto en la última parte del agua, para un aprovechamiento óptimo de la alta capacidad de reducción de agua. Se recomienda un mezclado cuidadoso de 3 minutos como mínimo.
3. Para evitar la exudación del concreto y lograr una mejor consistencia, el agua restante de la mezcla añadirla cuando hayan transcurrido 1 minuto de tiempo de mezclado.
4. El empleo del aditivo superplastificante es necesario en la producción de este tipo de concreto por la necesaria disminución del agua de diseño. Es necesario investigar si el superplastificante utilizado puede ser empleado en conjunto con otros aditivos para obtener otras propiedades específicas, por lo dicho se recomienda profundizar las investigaciones en este campo.
5. Es necesario almacenar y proteger adecuadamente los aditivos y así evitar su posible contaminación debido a agentes externos, a la vez que debemos estar atentos con la fecha de vencimiento ya que puede alterar las propiedades del concreto.
6. Se recomienda tener cuidado con la variación del comportamiento del concreto en obra, ya que el clima es muy variado, y esto puede producir una alteración en los resultados finales que uno quiere para el concreto.
7. El aditivo que debemos usar es el GLENIUM 4700R en su máxima dosificación (10 cm³/kg de cemento), esto debido a que se obtiene el mayor beneficio, ya que la diferencia entre la resistencia alcanzada y el costo con respecto al concreto patrón es mayor.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- AUTOR : Arí Queque, Ismael
TÍTULO : Estudio de las propiedades del concreto fresco y endurecido, de mediana a alta resistencia con aditivo superplastificante y retardador de fraguado, con cemento pórtland tipo I
EDICIÓN : Tesis de grado UNI - 2002
BIBLIOTECA : UNI - FIC
CONTENIDO : Diseño de mezclas, propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.
- 2.- AUTOR : Cerrón Poma, Roberto
TÍTULO : Estudio de los efectos producidos en las propiedades del concreto fresco y endurecido, por la adición de un aditivo superplastificante, utilizando cemento Pórtland tipo I
EDICIÓN : Tesis de Grado UNI - 1998
BIBLIOTECA : UNI - FIC
CONTENIDO : Propiedades de los aditivos, ventajas, diseño de mezclas con o sin aditivo. Agregados para el concreto, propiedades para el concreto y aditivos para el concreto
- 3.- AUTOR : Gonzáles de la Cotera, Manuel
TÍTULO : Aditivos en el concreto
EDICIÓN : LIMA – PERÚ 2008
BIBLIOTECA : ASOCEM
CONTENIDO : Propiedades del concreto cuando contiene aditivos
- 4.- AUTOR : Moreyra Vizcarra, Yubal
TÍTULO : Características del concreto de alta resistencia, con aditivo superplastificante y cemento Pórtland tipo I
EDICIÓN : Tesis de grado UNI - 2000
BIBLIOTECA : UNI - FIC
CONTENIDO : Diseño de mezclas, control de calidad y propiedades del concreto. Agregados y aditivos para el concreto. Costo y Beneficio.

- 5.- AUTOR : Palacios, M
TÍTULO : Aditivos superplastificantes basados en policarboxilatos y poliéteres
EDICIÓN : LIMA – PERÚ 2008
BIBLIOTECA : ASOCEM
CONTENIDO : Propiedades del concreto cuando contiene aditivos superplastificantes basados en policarboxilatos y poliéteres
- 6.- AUTOR : Palomares Carmona, Jaime
TÍTULO : Estudio de las características del concreto fresco y endurecido utilizando aditivo reductor de agua de alto rango – superplastificante y cemento Pórtland tipo I
EDICIÓN : Tesis de Grado UNI - 1997
BIBLIOTECA : UNI - FIC
CONTENIDO : Diseño de mezcla con o sin aditivo, propiedades del concreto y ventajas del tipo de aditivo en el concreto
- 7.- AUTOR : Riva López, Enrique
TÍTULO : DISEÑO DE MEZCLAS
EDICIÓN : LIMA – PERÚ 1998
BIBLIOTECA : Personal
CONTENIDO : Criterios básicos de Diseño, propiedades del concreto
- 8.- AUTOR : Peris Fonollosa, Jorge
TÍTULO : CALIDAD EN LOS ADITIVOS DE HORMIGON
EDICIÓN : ESPAÑA-2005
BIBLIOTECA : ASOCEM
CONTENIDO : Calidad de diferentes aditivos en el hormigón
- 9.- AUTOR : Rixom, MR
TÍTULO : ADITIVOS PARA LOS HORMIGONES
EDICIÓN : BARCELONA - ESPAÑA 1984
BIBLIOTECA : ASOCEM
CONTENIDO : Tipos de aditivos en el hormigón

10.-Reglamento Nacional de Construcción y La Norma Técnica Peruana del concreto.

11.- "Concrete Admixture" Handbook v.s.Rama Chandran

12.- Nueva serie IMCYC "Guía para el empleo de aditivos en el concreto"

ANEXOS

ANEXO A

**TABLAS UTILIZADAS PARA
REALIZAR EL DISEÑO DE
MEZCLA**

TABLA 1

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA (lt)

TAMAÑO NOM. MAX. DEL AGREG. GRUESO	ASENTAMIENTO		
	1" a 2"	3" a 4"	6" a 7"
	Concretos sin aire incorporado		
3/8"	208	227	242
1/2"	197	220	227
3/4"	182	204	212
1"	178	193	204
1 1/2"	163	178	189
2"	155	167	178
3"	144	159	167
6"	125	140	148
	Concretos con aire incorporado		
3/8"	182	204	212
1/2"	178	193	204
3/4"	163	178	189
1"	155	167	178
1 1/2"	144	159	167
2"	132	148	159
3"	125	140	148
6"	110	117	129

TABLA 2

CONTENIDO DE AIRE DE LA MEZCLA

Tamaño nom. max. del agreg. Grueso	Porcentaje de aire atrapado en concreto sin aire incorporado	Porcentaje de aire atrapado en concreto con aire incorporado
3/8"	3	8
1/2"	2.5	7
3/4"	2	6
1"	1.5	5
1 1/2"	1	4.5
2"	0.5	4
3"	0.3	3.5
6"	0.2	3

TABLA 3

**VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DEL VOLUMEN DEL
 CONCRETO**

Tamaño nom. max. del agreg. Grueso	Módulo de finura del agregado fino							
	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3
3/8"	0.42	0.41	0.4	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35
1/2"	0.54	0.53	0.52	0.51	0.5	0.49	0.48	0.47
3/4"	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.5
1"	0.71	0.7	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64
1 1/2"	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.7
2"	0.8	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73
3"	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.8	0.79	0.78

Estas tablas se encuentran en el libro de Enrique Riva López "DISEÑO DE MEZCLAS"

ANEXO B

ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

CUADRO N° B.1
ENSAYOS DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

DISEÑO	PESO DEL BALDE + MEZCLA(kg)	PESO DEL BALDE (kg)	PESO DE LA MEZCLA (Kg)	VOLUMEN DEL BALDE (m3)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
G1	28.50	6.80	21.70	0.0094	2309
G2	28.55	6.80	21.75	0.0094	2314
G3	28.55	6.80	21.75	0.0094	2314
G4	28.60	6.80	21.80	0.0094	2319
G5	28.70	6.80	21.90	0.0094	2329
G6	28.75	6.80	21.95	0.0094	2334
G7	28.80	6.80	22.00	0.0094	2339
G8	28.65	6.80	21.85	0.0094	2324
G9	28.65	6.80	21.85	0.0094	2324
G10	28.70	6.80	21.90	0.0094	2329

Volumen del balde = 1/3 pie³

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes: "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000",
"Polyheed 770R"

CUADRO N° B.2 FLUIDEZ Y ASENTAMIENTO

DISEÑO	DIÁMETROS (cm)					I.F (%)	ASENT. (pulg)
	D1	D2	D3	D4	D PROM		
G1	40	43	44	45	43	72	3 1/2
G2	50	50	49	48	49	96	6
G3	50	49	50	51	50	100	6 1/2
G4	52	53	51	52	52	108	7
G5	64	64	63	65	64	156	8
G6	69	69	68	70	69	176	9
G7	75	76	74	75	75	200	10
G8	64	65	63	64	64	156	8
G9	68	72	71	73	71	184	9
G10	73	74	73	72	73	192	9 1/2

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes: "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000",
"Polyheed 770R"

CUADRO N° B.3 ENSAYOS DE EXUDACION

GRUPO	TIEMPO DE EXUD. (min)	MASA DE LA MUESTRA (gr)	AGUA DE MEZCLADO NETA (cm ³)	MASA TOTAL DE LA TANDA (gr)	MASA DEI AGUA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (gr)	MASA DEL AGUA DE EXUD. (gr)	EXUD. (%)
G1	220.00	19500	4700	48000	1909.38	33	1.73
G2	340.00	19750	4700	48000	1933.85	55.6	2.88
G3	370.00	19600	4700	48000	1919.17	64.5	3.36
G4	430.00	19200	4700	48000	1880	69.9	3.72
G5	760.00	19200	4700	48000	1880.00	114.8	6.11
G6	850.00	20000	4700	48000	1958.33	207.3	10.59
G7	910.00	20000	4700	48000	1958.33	249.4	12.74
G8	370.00	19200	4700	48000	1880.00	96.1	5.11
G9	490.00	20000	4700	48000	1958.33	129.1	6.59
G10	550.00	20000	4700	48000	1958.33	190.7	9.74

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes: "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000",
"Polyheed 770R"

ANEXO C

ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

CUADRO N° C.1
ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION
DISEÑO G1

PROBETA	DIAMETRO	AREA	FUERZA	RESISTENCIA
1-1	15.00	177	75100	424.29
1-2	14.80	172	60000	348.84
1-3	15.20	181	69000	381.22
1-4	15.10	179	74000	413.41
1-5	15.20	181	78000	430.94
1-6	14.80	172	67300	391.28
1-7	15.10	179	78000	435.75
1-8	15.00	177	74000	418.08
1-9	14.90	174	76200	437.93
1-10	15.00	177	66800	377.40
1-11	15.00	177	72000	406.78
1-12	15.10	179	76200	425.70
1-13	15.00	177	67000	378.53
1-14	15.10	179	76000	424.58
1-15	15.10	179	68000	379.89
1-16	15.10	179	75000	418.99
1-17	15.10	179	69300	387.15
1-18	15.20	181	65400	361.33
1-19	15.20	181	77000	425.41
1-20	15.10	179	72700	406.15
1-21	15.10	179	72600	405.59
1-22	15.00	177	76800	433.90
1-23	15.00	177	79300	448.02
1-24	15.10	179	78400	437.99
1-25	15.00	177	76000	429.38
1-26	14.90	174	76000	436.78
1-27	15.00	177	67000	378.53
1-28	15.00	177	75000	423.73
1-29	15.10	179	60200	336.31
1-30	15.00	177	69900	394.92

Resistencia promedio: 407 kg/cm²

Desviación Standard: 28.9

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.2
ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION
DISEÑO G2

PROBETA	DIAMETRO	AREA	FUERZA	RESISTENCIA
2-1	14.90	174	65000	373.56
2-2	14.70	170	72600	427.06
2-3	14.80	172	64000	372.09
2-4	14.90	174	79000	454.02
2-5	14.90	174	81800	470.11
2-6	14.80	172	73600	427.91
2-7	14.70	170	76200	448.24
2-8	14.90	174	72600	417.24
2-9	14.90	174	64200	368.97
2-10	14.70	170	68000	400.00
2-11	15.00	177	62000	350.28
2-12	14.80	172	72400	420.93
2-13	14.90	174	63600	365.52
2-14	14.70	170	69200	407.06
2-15	14.90	174	77600	445.98
2-16	15.00	177	71000	401.13
2-17	14.90	174	75400	433.33
2-18	14.80	172	72500	421.51
2-19	15.20	181	81200	448.62
2-20	15.00	177	78500	443.50
2-21	14.90	174	81000	465.52
2-22	14.80	172	68200	396.51
2-23	14.90	174	72200	414.94
2-24	15.10	179	75800	423.46
2-25	14.80	172	66000	383.72
2-26	14.90	174	77000	442.53
2-27	15.00	177	76000	429.38
2-28	15.00	177	72500	409.60
2-29	14.90	174	72400	416.09
2-30	14.90	174	72600	417.24

Resistencia promedio: 417 kg/cm²

Desviación Standard: 30.5

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO Nº C.3
ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION
DISEÑO G3

PROBETA	DIAMETRO	AREA	FUERZA	RESISTENCIA
3-1	14.80	172	87100	506.40
3-2	14.90	174	65000	373.56
3-3	14.80	172	76700	445.93
3-4	15.10	179	74500	416.20
3-5	14.90	174	78000	448.28
3-6	14.90	174	72800	418.39
3-7	14.90	174	65000	373.56
3-8	14.90	174	85500	491.38
3-9	15.00	177	72000	406.78
3-10	15.00	177	75400	425.99
3-11	14.90	174	80600	463.22
3-12	14.80	172	65200	379.07
3-13	15.00	177	75400	425.99
3-14	14.90	174	79300	455.75
3-15	15.00	177	72600	410.17
3-16	14.80	172	72000	418.60
3-17	14.80	172	72000	418.60
3-18	14.80	172	68000	395.35
3-19	14.80	172	64000	372.09
3-20	14.80	172	72400	420.93
3-21	14.70	170	67400	396.47
3-22	15.00	177	64600	364.97
3-23	14.90	174	75400	433.33
3-24	15.10	179	82000	458.10
3-25	14.90	174	66500	382.18
3-26	14.80	172	73200	425.58
3-27	14.70	170	78000	458.82
3-28	14.80	172	76000	441.86
3-29	14.80	172	77000	447.67
3-30	14.90	174	83000	477.01

Resistencia promedio: 425 kg/cm²

Desviación Standard: 37.1

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
 Arena de la Cantera "Fame"
 Piedra de la Cantera "Unicón"
 Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.4
ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION
DISEÑO G4

PROBETA	DIAMETRO	AREA	FUERZA	RESISTENCIA
4-1	14.90	174	75000	431.03
4-2	14.90	174	76000	436.78
4-3	14.90	174	75000	431.03
4-4	15.10	179	73000	407.82
4-5	15.00	177	80200	453.11
4-6	15.00	177	76000	429.38
4-7	15.10	179	75000	418.99
4-8	15.00	177	68000	384.18
4-9	15.00	177	67300	380.23
4-10	15.10	179	72400	404.47
4-11	14.85	173	66000	381.50
4-12	14.80	172	77000	447.67
4-13	14.90	174	73600	422.99
4-14	15.00	177	77000	435.03
4-15	14.90	174	79500	456.90
4-16	15.10	179	70700	394.97
4-17	14.90	174	69400	398.85
4-18	15.10	179	78600	439.11
4-19	14.90	174	75500	433.91
4-20	15.00	177	76300	431.07
4-21	15.00	177	77200	436.16
4-22	14.90	174	78000	448.28
4-23	15.00	177	79300	448.02
4-24	15.10	179	74200	414.53
4-25	14.90	174	69100	397.13
4-26	15.10	179	76500	427.37
4-27	15.10	179	80300	448.60
4-28	15.00	177	82800	467.80
4-29	15.00	177	78000	440.68
4-30	15.10	179	78400	437.99

Resistencia promedio: 426 kg/cm²

Desviación Standard: 23.3

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
 Arena de la Cantera "Fame"
 Piedra de la Cantera "Unicón"
 Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.5
ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION
DISEÑO G5

PROBETA	DIAMETRO	AREA	FUERZA	RESISTENCIA
5-1	15.00	177	73200	413.56
5-2	14.90	174	73200	420.69
5-3	14.90	174	78000	448.28
5-4	14.80	172	71000	412.79
5-5	14.80	172	71500	415.70
5-6	14.80	172	67000	389.53
5-7	14.80	172	74000	430.23
5-8	14.80	172	82200	477.91
5-9	14.80	172	83000	482.56
5-10	15.00	177	77000	435.03
5-11	14.90	174	82000	471.26
5-12	14.90	174	76500	439.66
5-13	14.90	174	76000	436.78
5-14	14.70	170	75000	441.18
5-15	15.00	177	76500	432.20
5-16	14.80	172	65000	377.91
5-17	14.80	172	75000	436.05
5-18	14.90	174	78000	448.28
5-19	14.90	174	63000	362.07
5-20	14.90	174	70000	402.30
5-21	14.90	174	74200	426.44
5-22	14.70	170	81000	476.47
5-23	14.70	170	77900	458.24
5-24	14.80	172	79600	462.79
5-25	14.90	174	82600	474.71
5-26	15.00	177	87200	492.66
5-27	14.90	174	81400	467.82
5-28	14.90	174	89000	511.49
5-29	14.60	167	77600	464.67
5-30	14.60	167	73400	439.52

Resistencia promedio: 442 kg/cm²

Desviación Standard: 34.1

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.6
ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION
DISEÑO G6

PROBETA	DIAMETRO	AREA	FUERZA	RESISTENCIA
6-1	14.90	174	85400	490.80
6-2	15.10	179	77000	430.17
6-3	15.00	177	81500	460.45
6-4	15.10	179	78000	435.75
6-5	14.80	172	76000	441.86
6-6	15.00	177	79400	448.59
6-7	15.00	177	76400	431.64
6-8	15.00	177	81000	457.63
6-9	15.00	177	74800	422.60
6-10	14.90	174	82600	474.71
6-11	15.00	177	82400	465.54
6-12	15.00	177	76400	431.64
6-13	15.00	177	76000	429.38
6-14	15.20	181	81800	451.93
6-15	15.00	177	68000	384.18
6-16	15.00	177	86000	485.88
6-17	15.00	177	86800	490.40
6-18	15.00	177	68100	384.75
6-19	15.00	177	76000	429.38
6-20	14.90	174	80600	463.22
6-21	14.90	174	75600	434.48
6-22	14.90	174	74600	428.74
6-23	14.90	174	75200	432.18
6-24	15.10	179	84500	472.07
6-25	14.90	174	65800	378.16
6-26	14.90	174	79400	456.32
6-27	15.00	177	80400	454.24
6-28	15.10	179	86500	483.24
6-29	14.90	174	70200	403.45
6-30	14.90	174	79600	457.47

Resistencia promedio: 444 kg/cm²

Desviación Standard: 30

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.7
ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION
DISEÑO G7

PROBETA	DIAMETRO	AREA	FUERZA	RESISTENCIA
7-1	15.00	177	78600	444.07
7-2	15.00	177	71400	403.39
7-3	15.05	178	78000	438.20
7-4	15.10	179	76000	424.58
7-5	15.00	177	72800	411.30
7-6	15.00	177	72700	410.73
7-7	15.10	179	85600	478.21
7-8	15.10	179	79000	441.34
7-9	15.00	177	72000	406.78
7-10	14.95	175	80800	461.71
7-11	15.00	177	86000	485.88
7-12	14.85	173	79700	460.69
7-13	15.10	179	83300	465.36
7-14	15.10	179	77000	430.17
7-15	14.85	173	77400	447.40
7-16	14.95	175	83200	475.43
7-17	15.00	177	81400	459.89
7-18	14.85	173	78200	452.02
7-19	14.90	174	80200	460.92
7-20	14.70	170	74000	435.29
7-21	14.95	175	80000	457.14
7-22	14.85	173	83400	482.08
7-23	15.00	177	83800	473.45
7-24	15.00	177	73000	412.43
7-25	14.85	173	71600	413.87
7-26	14.90	174	85000	488.51
7-27	14.90	174	77000	442.53
7-28	14.85	173	86400	499.42
7-29	15.10	179	87500	488.83
7-30	14.90	174	77600	445.98

Resistencia promedio: 450 kg/cm²

Desviación Standard: 27.5

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.8
ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION
DISEÑO G8

PROBETA	DIAMETRO	AREA	FUERZA	RESISTENCIA
8-1	15.00	177	72600	410.17
8-2	14.80	172	69700	405.23
8-3	15.00	177	73200	413.56
8-4	14.90	174	83500	479.89
8-5	15.00	177	82600	466.67
8-6	15.10	179	80900	451.96
8-7	15.10	179	72800	406.70
8-8	15.00	177	75900	428.81
8-9	15.10	179	70200	392.18
8-10	15.00	177	74600	421.47
8-11	15.10	179	73000	407.82
8-12	15.00	177	75400	425.99
8-13	15.00	177	73200	413.56
8-14	15.00	177	73400	414.69
8-15	15.00	177	73300	414.12
8-16	14.90	174	86300	495.98
8-17	14.90	174	83200	478.16
8-18	14.90	174	72800	418.39
8-19	15.00	177	83500	471.75
8-20	14.90	174	88400	508.05
8-21	15.00	177	80600	455.37
8-22	14.90	174	79300	455.75
8-23	14.90	174	71500	410.92
8-24	14.80	172	72600	422.09
8-25	14.80	172	66300	385.47
8-26	14.90	174	66300	381.03
8-27	14.80	172	63700	370.35
8-28	14.90	174	71500	410.92
8-29	14.90	174	72800	418.39
8-30	14.80	172	68600	398.84

Resistencia promedio: 428 kg/cm²

Desviación Standard: 34.5

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenlum 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.9
ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION
DISEÑO G9

PROBETA	DIAMETRO	AREA	FUERZA	RESISTENCIA
9-1	15.00	177	83600	472.32
9-2	14.30	174	83200	478.16
9-3	15.20	181	73000	403.31
9-4	14.80	172	81000	470.93
9-5	15.00	177	69200	390.96
9-6	15.00	177	80600	455.37
9-7	15.10	179	86400	482.68
9-8	15.00	177	83600	472.32
9-9	15.10	179	88600	494.97
9-10	14.90	174	80000	459.77
9-11	14.90	174	69800	401.15
9-12	14.90	174	72000	413.79
9-13	14.95	175	77600	443.43
9-14	15.10	179	81400	454.75
9-15	15.00	177	71200	402.26
9-16	14.90	174	75800	435.63
9-17	15.00	177	83000	468.93
9-18	15.10	179	82000	458.10
9-19	14.80	172	62000	360.47
9-20	15.05	178	77600	435.96
9-21	14.90	174	80200	460.92
9-22	14.80	172	64600	375.58
9-23	15.00	177	68400	386.44
9-24	15.10	179	75200	420.11
9-25	15.10	179	76200	425.70
9-26	15.00	177	60000	338.98
9-27	15.15	180	82600	458.89
9-28	15.00	177	74400	420.34
9-29	15.20	181	85000	469.61
9-30	15.00	177	84000	474.58

Resistencia promedio: 436 kg/cm²

Desviación Standard: 39.7

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.10
ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION
DISEÑO G10

PROBETA	DIAMETRO	AREA	FUERZA	RESISTENCIA
10-1	14.95	175	74600	426.29
10-2	15.10	179	80300	448.60
10-3	15.10	179	85600	478.21
10-4	15.00	177	72600	410.17
10-5	15.00	177	79400	448.59
10-6	14.90	174	70400	404.60
10-7	14.90	174	79800	458.62
10-8	15.10	179	75000	418.99
10-9	15.00	177	67000	378.53
10-10	15.00	177	63000	355.93
10-11	14.90	174	71400	410.34
10-12	14.80	172	75800	440.70
10-13	15.00	177	80400	454.24
10-14	15.10	179	78200	436.87
10-15	15.00	177	75400	425.99
10-16	15.00	177	80200	453.11
10-17	14.90	174	80500	462.64
10-18	15.20	181	82400	455.25
10-19	15.05	178	74200	416.85
10-20	14.90	174	79000	454.02
10-21	15.00	177	80400	454.24
10-22	14.80	172	83600	486.05
10-23	14.90	174	85000	488.51
10-24	15.10	179	78000	435.75
10-25	15.00	177	71200	402.26
10-26	15.00	177	80400	454.24
10-27	15.20	181	78200	432.04
10-28	15.10	179	72000	402.23
10-29	15.10	179	80500	449.72
10-30	15.00	177	80200	453.11

Resistencia promedio: 437 kg/cm²

Desviación Standard: 30.1

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.11

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE CADA DISEÑO

RANGO	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
[320-340>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
[340-360>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
[360-380>	5	4	5	0	2	1	0	1	2	1
[380-400>	4	2	3	6	1	2	0	4	2	0
[400-420>	6	8	6	4	4	1	6	12	4	7
[420-440>	12	7	5	12	9	10	4	4	5	5
[440-460>	1	6	7	7	4	7	8	3	6	12
[460-480>	0	2	2	1	7	5	7	4	8	2
[480-500>	0	0	1	0	2	4	5	1	2	2
[500-520>	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.12
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION POR
COMPRESION DIAMETRAL
(28 DIAS)

DISEÑO	PROBETA	DIAMETRO	LONGITUD	FUERZA	RESISTENCIA	PROMEDIO
G1	1-1	15	30.5	26400	36.75	36
	1-2	15	30.4	25000	34.92	
G2	2-1	15	30.5	26400	36.75	36.5
	2-2	14.9	30.3	25600	36.12	
G3	3-1	14.9	30.6	26600	37.16	37
	3-2	14.9	30.3	26200	36.96	
G4	4-1	14.8	31	27400	38.04	37.5
	4-2	14.9	30.2	26200	37.09	
G5	5-1	15	30.8	29200	40.26	40
	5-2	14.9	30	28000	39.9	
G6	6-1	14.9	30.1	28600	40.62	40.5
	6-2	15	30.8	29200	40.26	
G7	7-1	14.8	30.9	30.400	42.34	41
	7-2	14.9	30.7	28600	39.82	
G8	8-1	14.9	30.2	27000	38.22	38.5
	8-2	14.9	30.6	27800	38.84	
G9	9-1	14.8	31	27400	38.04	39
	9-2	15	30.8	29200	40.26	
G10	10-1	14.9	30.1	28600	40.62	40
	10-2	15	30.3	28000	39.24	

Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.13
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 1-1, DISEÑO G1)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm2)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	14.9	174	11.49	0.4
4000	14.9	174	22.99	0.8
6000	14.9	174	34.48	1.2
8000	14.9	174	45.98	1.6
10000	14.9	174	57.47	2
12000	14.9	174	68.97	2.4
14000	14.9	174	80.46	2.9
16000	14.9	174	91.95	3.3
18000	14.9	174	103.45	3.7
20000	14.9	174	114.94	4.1
22000	14.9	174	126.44	4.6
24000	14.9	174	137.93	5
26000	14.9	174	149.43	5.5
28000	14.9	174	160.92	6
30000	14.9	174	172.41	6.5
32000	14.9	174	183.91	7
34000	14.9	174	195.40	7.5
36000	14.9	174	206.90	8.1
38000	14.9	174	218.39	8.7
40000	14.9	174	229.89	9.3
42000	14.9	174	241.38	10
44000	14.9	174	252.87	10.6
46000	14.9	174	264.37	11.2
48000	14.9	174	275.86	11.9
50000	14.9	174	287.36	12.7

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

$E1=0.4 \cdot ROTURA$

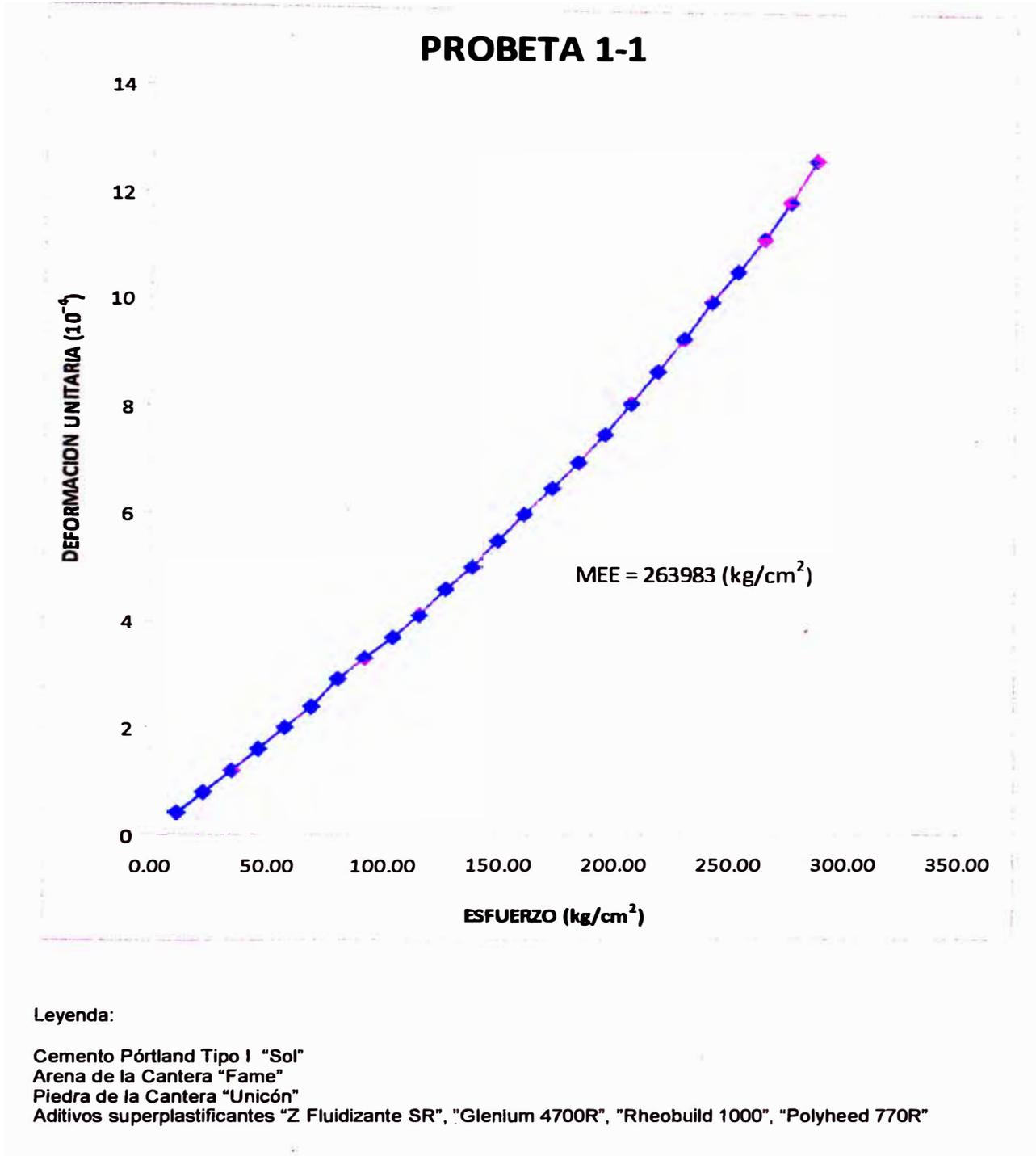
$MEE= (E1-E0)/(D1-D0)$

CARGA MAXIMA: 74000 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	170.11
D1	$6.4 \cdot 10^{-4}$
E0	14.36
D0	$0.5 \cdot 10^{-4}$
MEE	263983

GRAFICO N° C.1
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G1



CUADRO N° C.14
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 1-2, DISEÑO G1)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm ²)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	15	177	11.30	0.4
4000	15	177	22.60	0.8
6000	15	177	33.90	1.2
8000	15	177	45.20	1.7
10000	15	177	56.50	2.1
12000	15	177	67.80	2.5
14000	15	177	79.10	2.9
16000	15	177	90.40	3.4
18000	15	177	101.69	3.8
20000	15	177	112.99	4.2
22000	15	177	124.29	4.7
24000	15	177	135.59	5.2
26000	15	177	146.89	5.7
28000	15	177	158.19	6.2
30000	15	177	169.49	6.7
32000	15	177	180.79	7.2
34000	15	177	192.09	7.7
36000	15	177	203.39	8.2
38000	15	177	214.69	8.7
40000	15	177	225.99	9.2
42000	15	177	237.29	9.7
44000	15	177	248.59	10.3
46000	15	177	259.89	10.9
48000	15	177	271.19	11.5
50000	15	177	282.49	12.2
52000	15	177	293.79	12.9
54000	15	177	305.08	13.7
56000	15	177	316.38	14.5
58000	15	177	327.68	15.3
60000	15	177	338.98	16.2

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

E1=0.4*ROTURA

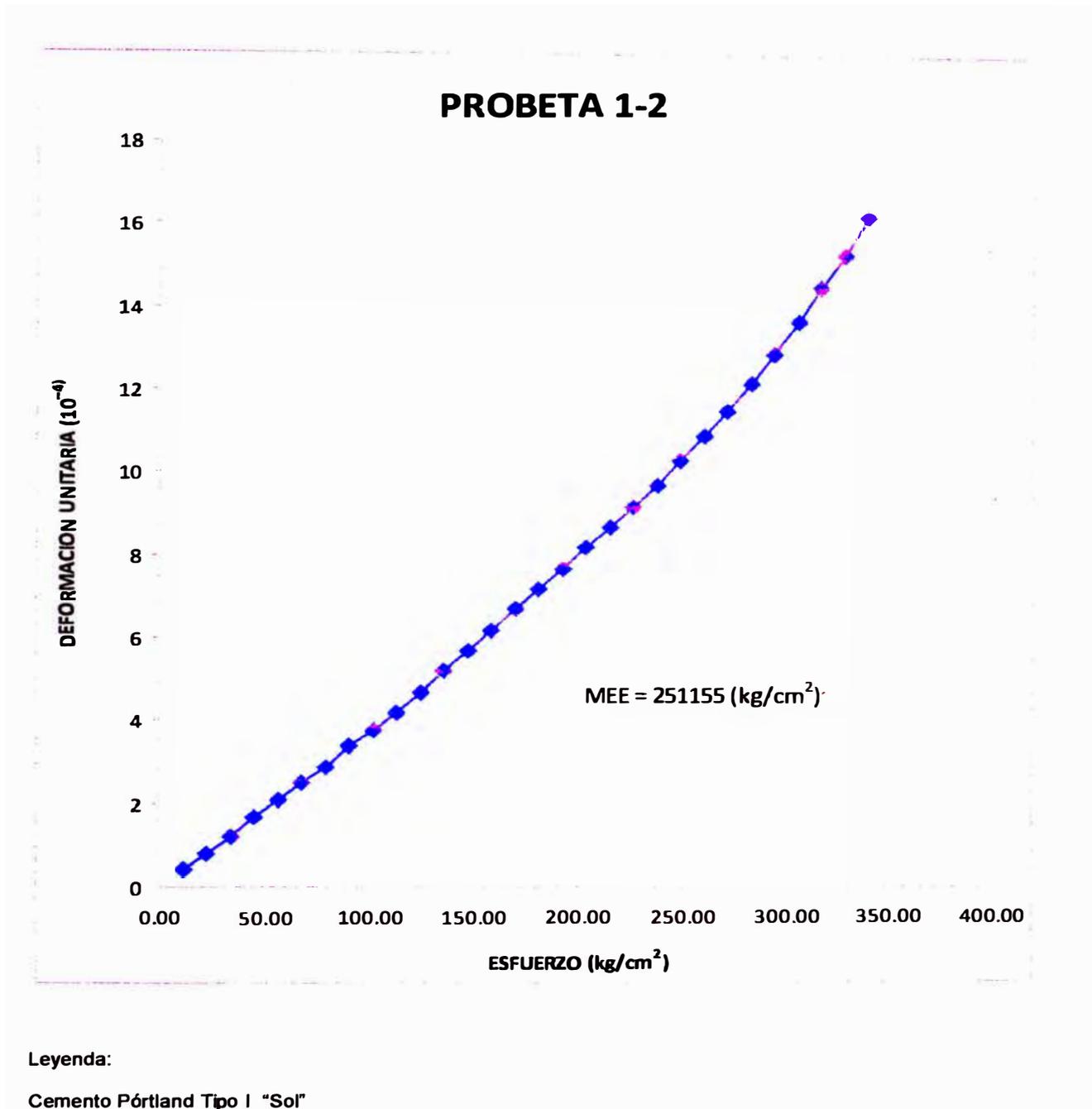
MEE= (E1-E0)/(D1-D0)

CARGA MAXIMA: 73600 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	166.33
D1	6.56*10 ⁻⁴
E0	14.13
D0	0.5*10 ⁻⁴
MEE	251155

GRAFICO N° C.2
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G1



Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
Arena de la Cantera "Fame"
Piedra de la Cantera "Unicón"
Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.15
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 2-1, DISEÑO G2)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm2)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	15	177	11.30	0.4
4000	15	177	22.60	0.8
6000	15	177	33.90	1.2
8000	15	177	45.20	1.6
10000	15	177	56.50	1.9
12000	15	177	67.80	2.3
14000	15	177	79.10	2.7
16000	15	177	90.40	3.1
18000	15	177	101.69	3.5
20000	15	177	112.99	3.9
22000	15	177	124.29	4.4
24000	15	177	135.59	4.9
26000	15	177	146.89	5.4
28000	15	177	158.19	5.9
30000	15	177	169.49	6.4
32000	15	177	180.79	6.9
34000	15	177	192.09	7.5
36000	15	177	203.39	8.1
38000	15	177	214.69	8.6
40000	15	177	225.99	9.2
42000	15	177	237.29	9.8
44000	15	177	248.59	10.4
46000	15	177	259.89	11.1
48000	15	177	271.19	11.8
50000	15	177	282.49	12.5
52000	15	177	293.79	13.3
54000	15	177	305.08	14
56000	15	177	316.38	14.8
58000	15	177	327.68	15.6
60000	15	177	338.98	16.4
62000	15	177	350.28	17.2
64000	15	177	361.58	18.2
66000	15	177	372.88	19.6

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

E1=0.4*ROTURA

MEE= (E1-E0)/(D1-D0)

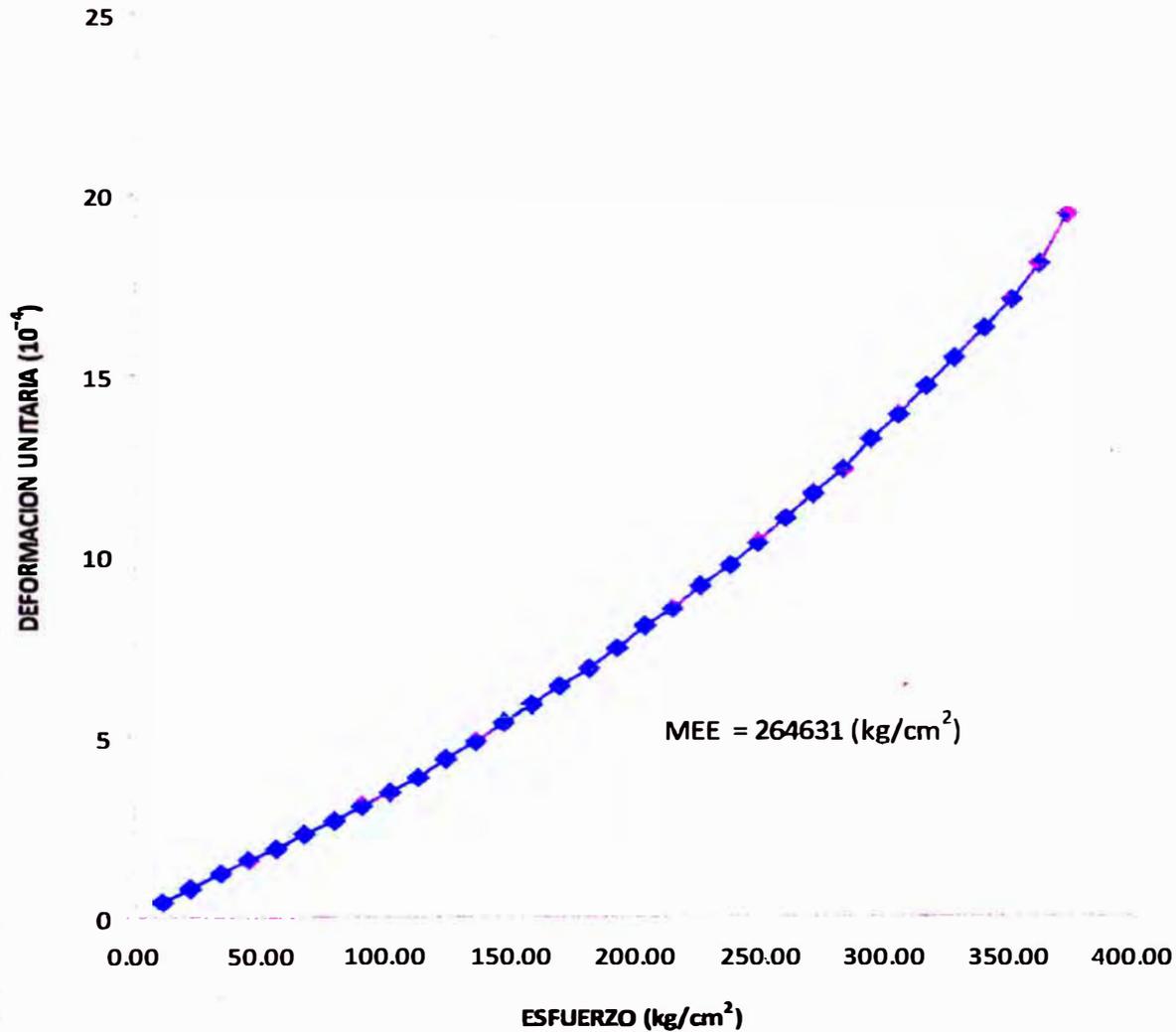
CARGA MAXIMA: 73000 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	164.97
D1	6.2*10 ⁻⁴
E0	14.13
D0	0.5*10 ⁻⁴
MEE	264631

GRAFICO N° C.3
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G2

PROBETA 2-1



Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
Arena de la Cantera "Fame"
Piedra de la Cantera "Unicón"
Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.16
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 2-2, DISEÑO G2)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm2)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	14.9	174	11.49	0.4
4000	14.9	174	22.99	0.8
6000	14.9	174	34.48	1.2
8000	14.9	174	45.98	1.7
10000	14.9	174	57.47	2.1
12000	14.9	174	68.97	2.6
14000	14.9	174	80.46	3
16000	14.9	174	91.95	3.4
18000	14.9	174	103.45	3.9
20000	14.9	174	114.94	4.4
22000	14.9	174	126.44	4.9
24000	14.9	174	137.93	5.3
26000	14.9	174	149.43	5.8
28000	14.9	174	160.92	6.3
30000	14.9	174	172.41	6.8
32000	14.9	174	183.91	7.4
34000	14.9	174	195.40	8
36000	14.9	174	206.90	8.6
38000	14.9	174	218.39	9.2
40000	14.9	174	229.89	9.8
42000	14.9	174	241.38	10.5
44000	14.9	174	252.87	11.2
46000	14.9	174	264.37	11.9
48000	14.9	174	275.86	12.7
50000	14.9	174	287.36	13.5
52000	14.9	174	298.85	14.3
54000	14.9	174	310.34	15.2
56000	14.9	174	321.84	16.1
58000	14.9	174	333.33	17
60000	14.9	174	344.83	17.9
62000	14.9	174	356.32	18.8
64000	14.9	174	367.82	19.8
66000	14.9	174	379.31	20.9
68000	14.9	174	390.80	22

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

E1=0.4*ROTURA

MEE= (E1-E0)/(D1-D0)

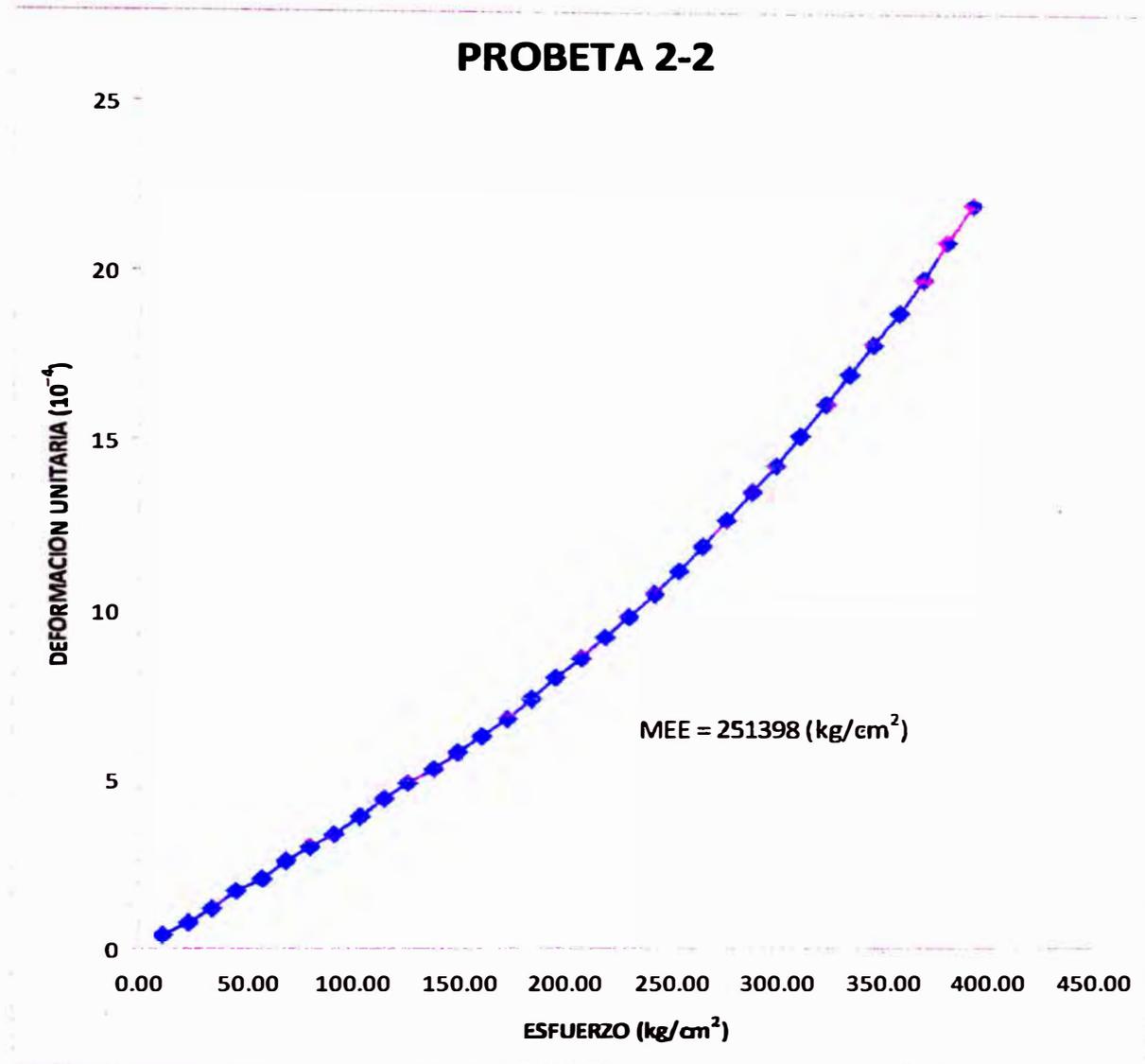
CARGA MAXIMA: 73500 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	168.97
D1	6.65*10 ⁻⁴
E0	14.36
D0	0.5*10 ⁻⁴
MEE	251398

GRÁFICO N° C.4
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G2

PROBETA 2-2



Leyenda:

- Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
- Arena de la Cantera "Fame"
- Piedra de la Cantera "Unicón"
- Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO Nº C.17
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 3-1, DISEÑO G3)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm ²)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	15	177	11.30	0.3
4000	15	177	22.60	0.75
6000	15	177	33.90	1.1
8000	15	177	45.20	1.5
10000	15	177	56.50	1.9
12000	15	177	67.80	2.4
14000	15	177	79.10	2.9
16000	15	177	90.40	3.3
18000	15	177	101.69	3.7
20000	15	177	112.99	4.1
22000	15	177	124.29	4.5
24000	15	177	135.59	5
26000	15	177	146.89	5.5
28000	15	177	158.19	6
30000	15	177	169.49	6.5
32000	15	177	180.79	7
34000	15	177	192.09	7.5
36000	15	177	203.39	8
38000	15	177	214.69	8.5
40000	15	177	225.99	8.9
42000	15	177	237.29	9.4
44000	15	177	248.59	9.9
46000	15	177	259.89	10.5
48000	15	177	271.19	11.1
50000	15	177	282.49	11.7
52000	15	177	293.79	12.3
54000	15	177	305.08	12.8
56000	15	177	316.38	13.4

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

E1=0.4*ROTURA

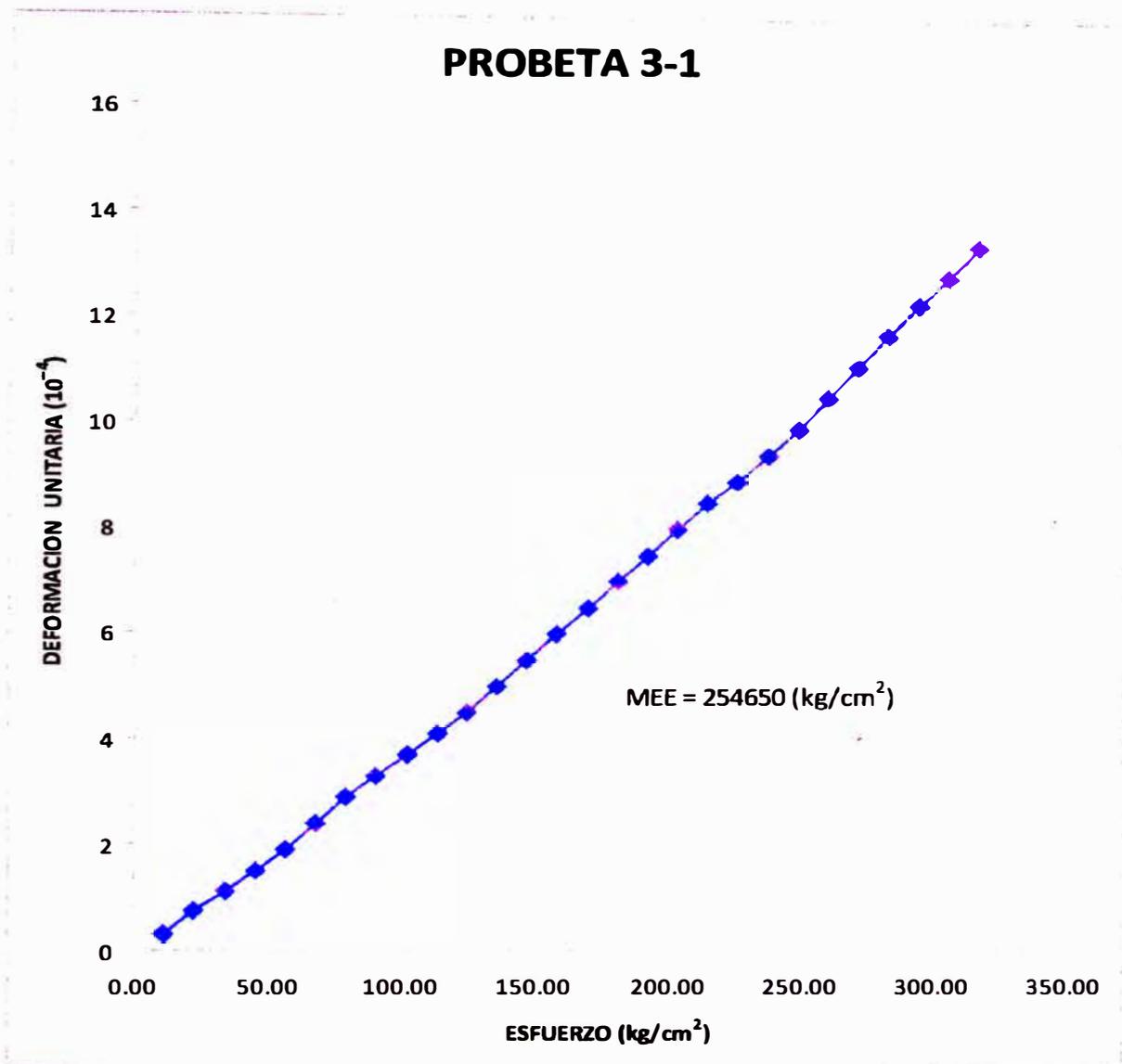
MEE= (E1-E0)/(D1-D0)

CARGA MAXIMA: 76500 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	172.88
D1	6.65*10 ⁻⁴
E0	16.27
D0	0.5*10 ⁻⁴
MEE	254650

GRAFICO N° C.5
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G3



Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.18
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 3-2, DISEÑO G3)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm2)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	14.9	174	11.49	0.35
4000	14.9	174	22.99	0.8
6000	14.9	174	34.48	1.2
8000	14.9	174	45.98	1.6
10000	14.9	174	57.47	2
12000	14.9	174	68.97	2.4
14000	14.9	174	80.46	2.8
16000	14.9	174	91.95	3.2
18000	14.9	174	103.45	3.7
20000	14.9	174	114.94	4.1
22000	14.9	174	126.44	4.5
24000	14.9	174	137.93	4.9
26000	14.9	174	149.43	5.4
28000	14.9	174	160.92	5.9
30000	14.9	174	172.41	6.4
32000	14.9	174	183.91	6.9
34000	14.9	174	195.40	7.5
36000	14.9	174	206.90	8.2
38000	14.9	174	218.39	9
40000	14.9	174	229.89	9.8

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

E1=0.4*ROTURA

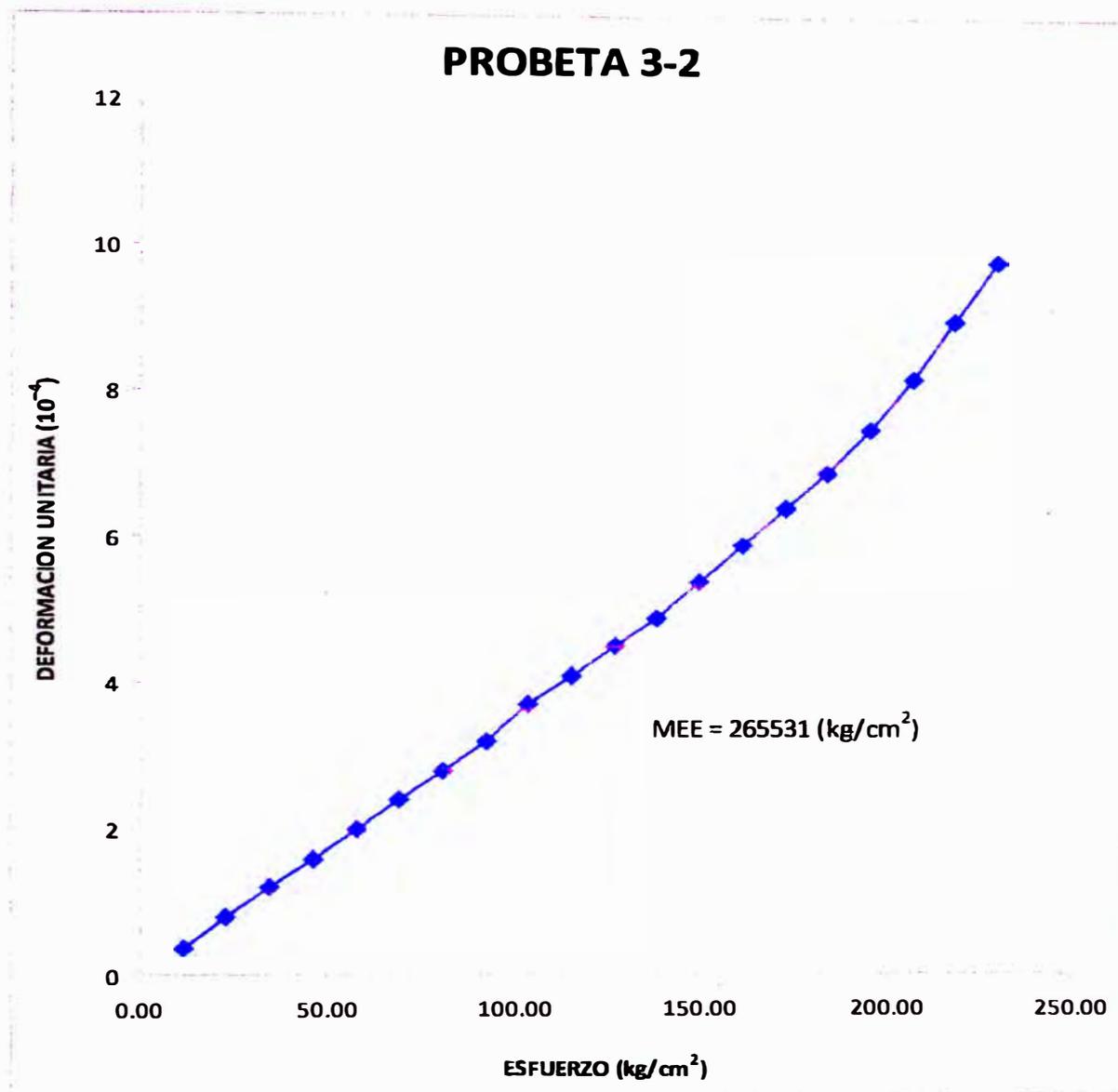
MEE= (E1-E0)/(D1-D0)

CARGA MAXIMA: 76200 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	175.17
D1	6.52*10 ⁻⁴
E0	15.32
D0	0.5*10 ⁻⁴
MEE	265531

GRAFICO N° C.6
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G3



Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.19
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 4-1, DISEÑO G4)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm2)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	14.9	174	11.49	0.2
4000	14.9	174	22.99	0.5
6000	14.9	174	34.48	0.8
8000	14.9	174	45.98	1.2
10000	14.9	174	57.47	1.6
12000	14.9	174	68.97	2
14000	14.9	174	80.46	2.4
16000	14.9	174	91.95	2.8
18000	14.9	174	103.45	3.2
20000	14.9	174	114.94	3.6
22000	14.9	174	126.44	4
24000	14.9	174	137.93	4.5
26000	14.9	174	149.43	5
28000	14.9	174	160.92	5.5
30000	14.9	174	172.41	6
32000	14.9	174	183.91	6.5
34000	14.9	174	195.40	7
36000	14.9	174	206.90	7.6
38000	14.9	174	218.39	8.2
40000	14.9	174	229.89	8.8
42000	14.9	174	241.38	9.4
44000	14.9	174	252.87	10
46000	14.9	174	264.37	10.6
48000	14.9	174	275.86	11.2
50000	14.9	174	287.36	11.8
52000	14.9	174	298.85	12.4
54000	14.9	174	310.34	13
56000	14.9	174	321.84	13.7
58000	14.9	174	333.33	14.4
60000	14.9	174	344.83	15.2
62000	14.9	174	356.32	16

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

E1=0.4*ROTURA

MEE= (E1-E0)/(D1-D0)

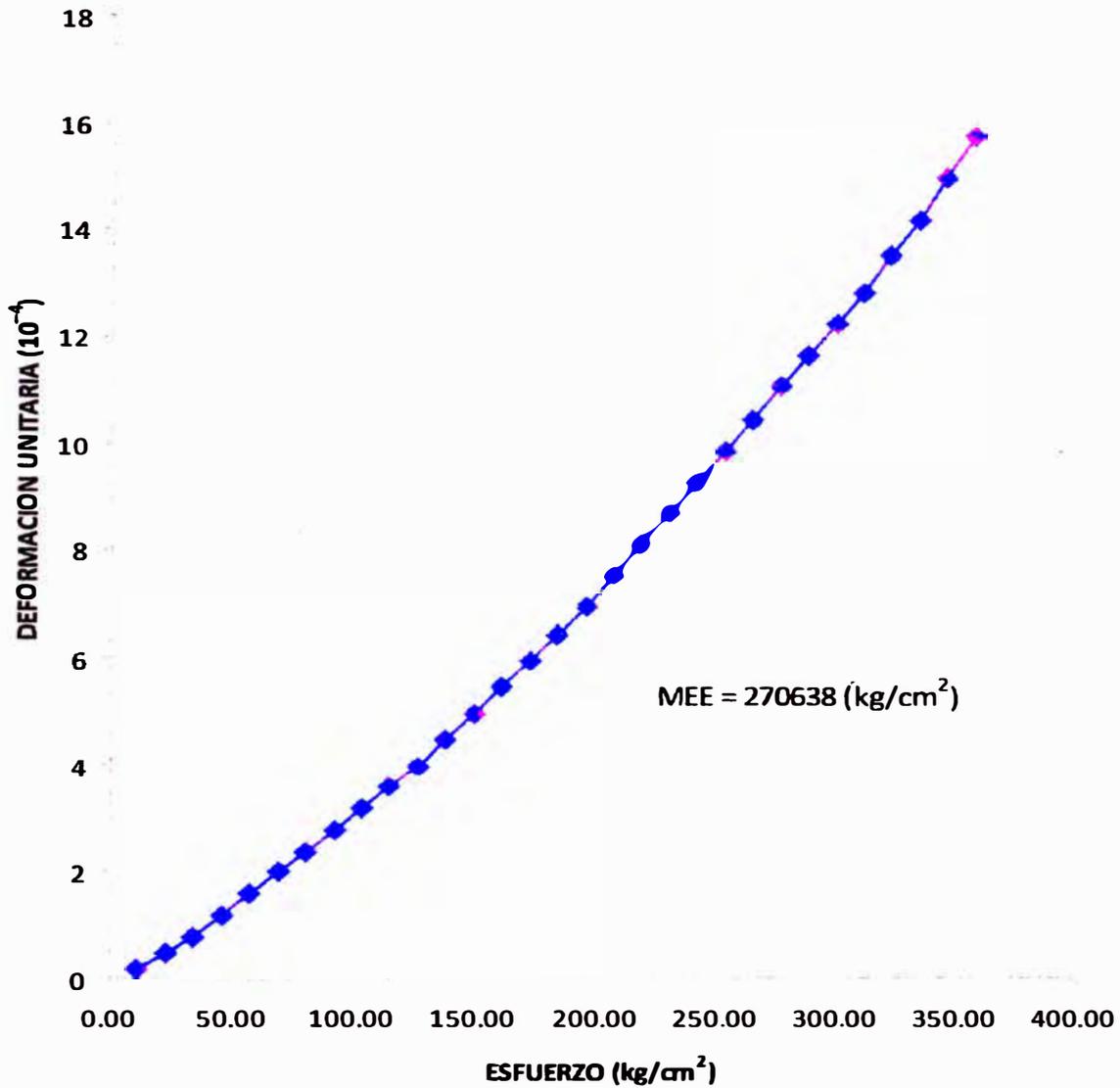
CARGA MAXIMA: 76400 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	175.63
D1	6.14*10 ⁻⁴
E0	22.99
D0	0.5*10 ⁻⁴
MEE	270638

GRAFICO N° C.7
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G4

PROBETA 4-1



Leyenda:

- Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
- Arena de la Cantera "Fame"
- Piedra de la Cantera "Unicón"
- Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.20
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 4-2, DISEÑO G4)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm2)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	15	177	11.30	0.4
4000	15	177	22.60	0.8
6000	15	177	33.90	1.3
8000	15	177	45.20	1.7
10000	15	177	56.50	2.2
12000	15	177	67.80	2.6
14000	15	177	79.10	3
16000	15	177	90.40	3.4
18000	15	177	101.69	3.8
20000	15	177	112.99	4.2
22000	15	177	124.29	4.6
24000	15	177	135.59	5.1
26000	15	177	146.89	5.6
28000	15	177	158.19	6.1
30000	15	177	169.49	6.6
32000	15	177	180.79	7.1
34000	15	177	192.09	7.7
36000	15	177	203.39	8.3
38000	15	177	214.69	8.9
40000	15	177	225.99	9.5
42000	15	177	237.29	10.2
44000	15	177	248.59	10.8
46000	15	177	259.89	11.4
48000	15	177	271.19	12
50000	15	177	282.49	12.7
52000	15	177	293.79	13.4
54000	15	177	305.08	14.1
56000	15	177	316.38	14.8
58000	15	177	327.68	15.6
60000	15	177	338.98	16.4
62000	15	177	350.28	17.2
64000	15	177	361.58	18

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

E1=0.4*ROTURA

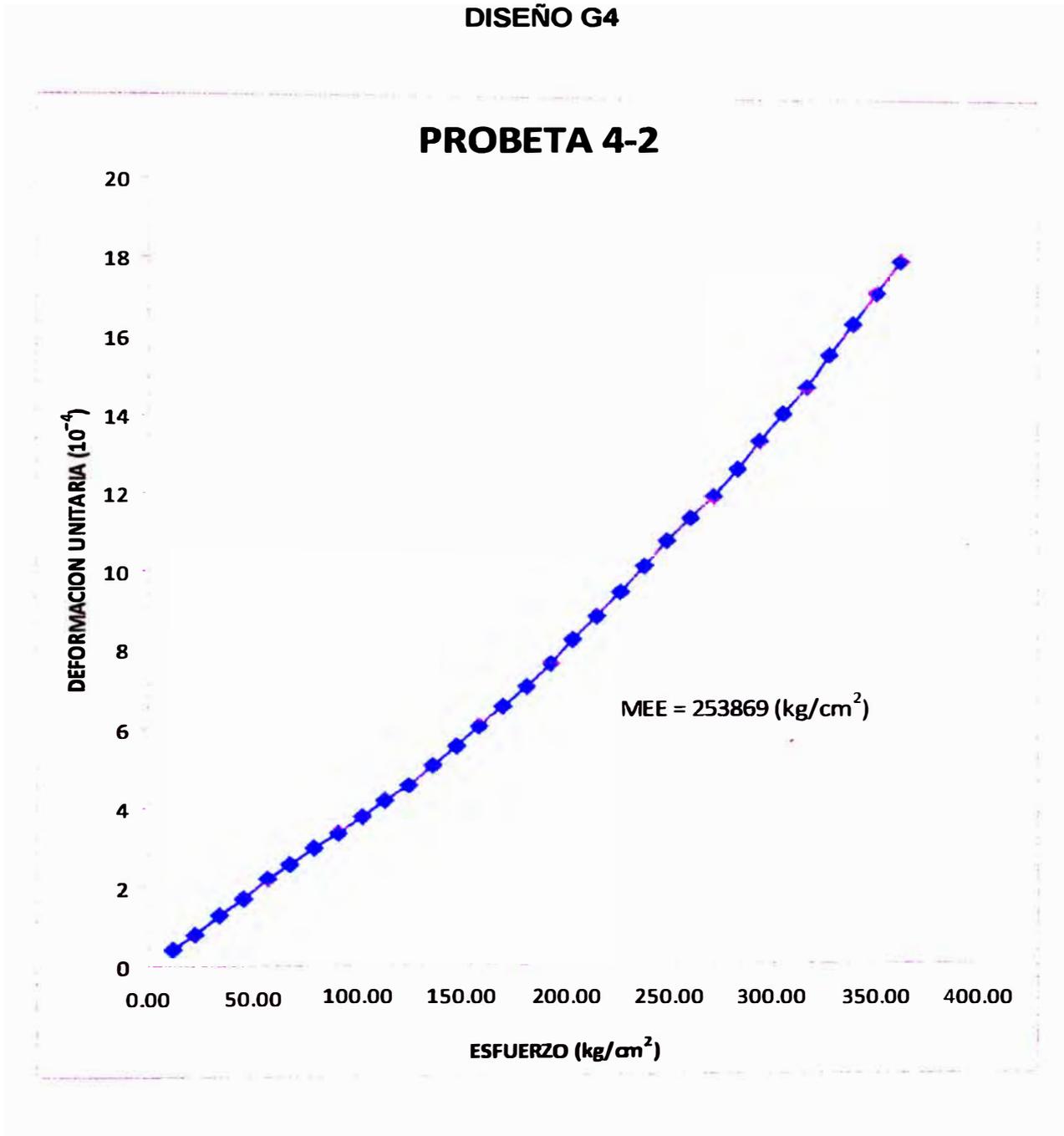
MEE= (E1-E0)/(D1-D0)

CARGA MAXIMA: 76800 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	173.56
D1	6.78*10 ⁻⁴
E0	14.13
D0	0.5*10 ⁻⁴
MEE	253869

GRAFICO N° C.8
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G4



Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.21
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 5-1, DISEÑO G5)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm ²)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	14.8	172	11.63	0.2
4000	14.8	172	23.26	0.5
6000	14.8	172	34.88	0.9
8000	14.8	172	46.51	1.3
10000	14.8	172	58.14	1.7
12000	14.8	172	69.77	2.1
14000	14.8	172	81.40	2.5
16000	14.8	172	93.02	2.9
18000	14.8	172	104.65	3.3
20000	14.8	172	116.28	3.7
22000	14.8	172	127.91	4.2
24000	14.8	172	139.53	4.7
26000	14.8	172	151.16	5.1
28000	14.8	172	162.79	5.5
30000	14.8	172	174.42	5.9
32000	14.8	172	186.05	6.3
34000	14.8	172	197.67	6.8
36000	14.8	172	209.30	7.3
38000	14.8	172	220.93	7.8
40000	14.8	172	232.56	8.3
42000	14.8	172	244.19	8.8
44000	14.8	172	255.81	9.3
46000	14.8	172	267.44	9.8
48000	14.8	172	279.07	10.3
50000	14.8	172	290.70	10.8
52000	14.8	172	302.33	11.3
54000	14.8	172	313.95	11.8
56000	14.8	172	325.58	12.3

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

E1=0.4*ROTURA

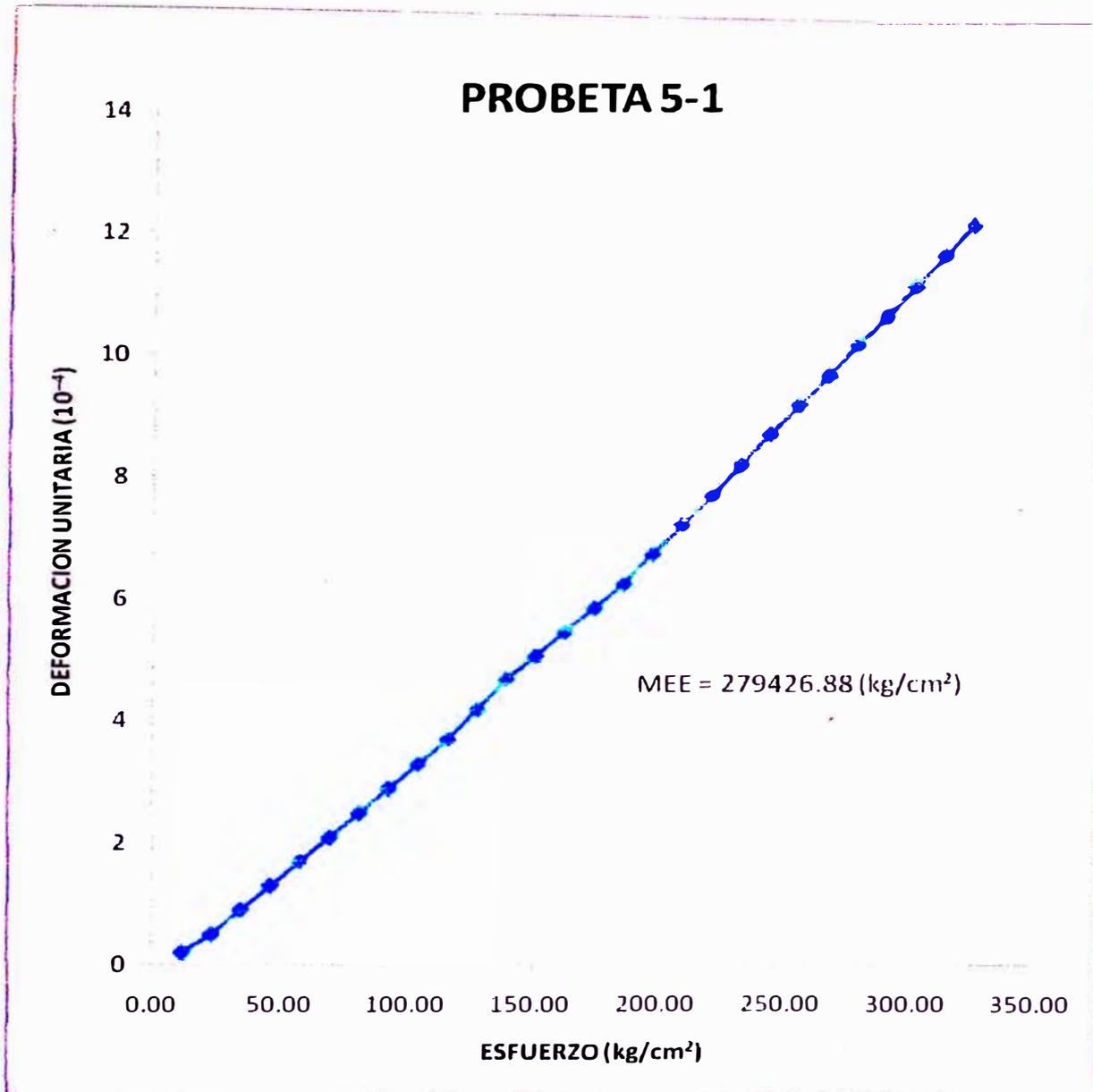
MEE= (E1-E0)/(D1-D0)

CARGA MAXIMA: 70800 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	164.65
D1	5.56*10 ⁻⁴
E0	23.26
D0	0.5*10 ⁻⁴
MEE	279426

GRAFICO N° C.9
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G5



Leyenda:

- Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
- Arena de la Cantera "Fame"
- Piedra de la Cantera "Unicón"
- Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.22
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 5-2, DISEÑO G5)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm ²)	DEF.UNIT.(*10 ⁻⁴)
2000	14.8	172	11.63	0.3
4000	14.8	172	23.26	0.8
6000	14.8	172	34.88	1.2
8000	14.8	172	46.51	1.6
10000	14.8	172	58.14	2
12000	14.8	172	69.77	2.4
14000	14.8	172	81.40	2.8
16000	14.8	172	93.02	3.2
18000	14.8	172	104.65	3.6
20000	14.8	172	116.28	4.1
22000	14.8	172	127.91	4.6
24000	14.8	172	139.53	5.1
26000	14.8	172	151.16	5.5
28000	14.8	172	162.79	5.9
30000	14.8	172	174.42	6.4
32000	14.8	172	186.05	6.9
34000	14.8	172	197.67	7.4
36000	14.8	172	209.30	7.9
38000	14.8	172	220.93	8.4
40000	14.8	172	232.56	8.9
42000	14.8	172	244.19	9.4
44000	14.8	172	255.81	9.9
46000	14.8	172	267.44	10.4
48000	14.8	172	279.07	10.9
50000	14.8	172	290.70	11.4
52000	14.8	172	302.33	11.9
54000	14.8	172	313.95	12.4
56000	14.8	172	325.58	12.9
58000	14.8	172	337.21	13.4
60000	14.8	172	348.84	13.9
62000	14.8	172	360.47	14.4
64000	14.8	172	372.09	14.9

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

$E1=0.4*ROTURA$

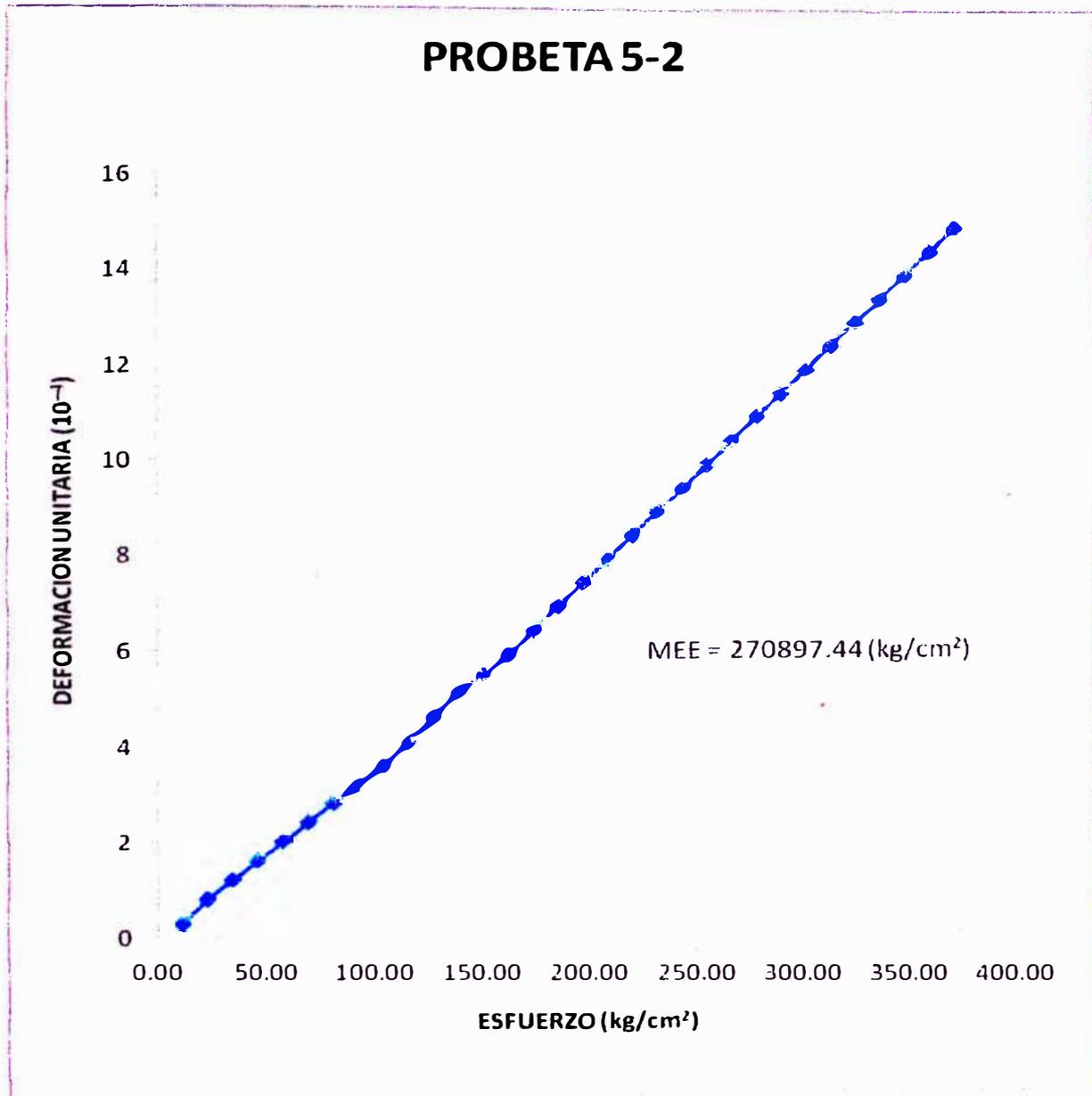
$MEE= (E1-E0)/(D1-D0)$

CARGA MAXIMA: 70600 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	164.19
D1	$5.96*10^{-4}$
E0	16.28
D0	$0.5*10^{-4}$
MEE	270897

GRAFICO Nº C.10
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G5



Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
Arena de la Cantera "Fame"
Piedra de la Cantera "Unicón"
Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenlum 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.23
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 6-1, DISEÑO G6)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm2)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	14.8	172	11.63	0.3
4000	14.8	172	23.26	0.7
6000	14.8	172	34.88	1.1
8000	14.8	172	46.51	1.5
10000	14.8	172	58.14	1.9
12000	14.8	172	69.77	2.3
14000	14.8	172	81.40	2.7
16000	14.8	172	93.02	3.1
18000	14.8	172	104.65	3.5
20000	14.8	172	116.28	4
22000	14.8	172	127.91	4.5
24000	14.8	172	139.53	5
26000	14.8	172	151.16	5.5
28000	14.8	172	162.79	6
30000	14.8	172	174.42	6.5
32000	14.8	172	186.05	7
34000	14.8	172	197.67	7.5
36000	14.8	172	209.30	8.1
38000	14.8	172	220.93	8.7
40000	14.8	172	232.56	9.3
42000	14.8	172	244.19	10
44000	14.8	172	255.81	10.7
46000	14.8	172	267.44	11.4
48000	14.8	172	279.07	12.1
50000	14.8	172	290.70	13

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

E1=0.4*ROTURA

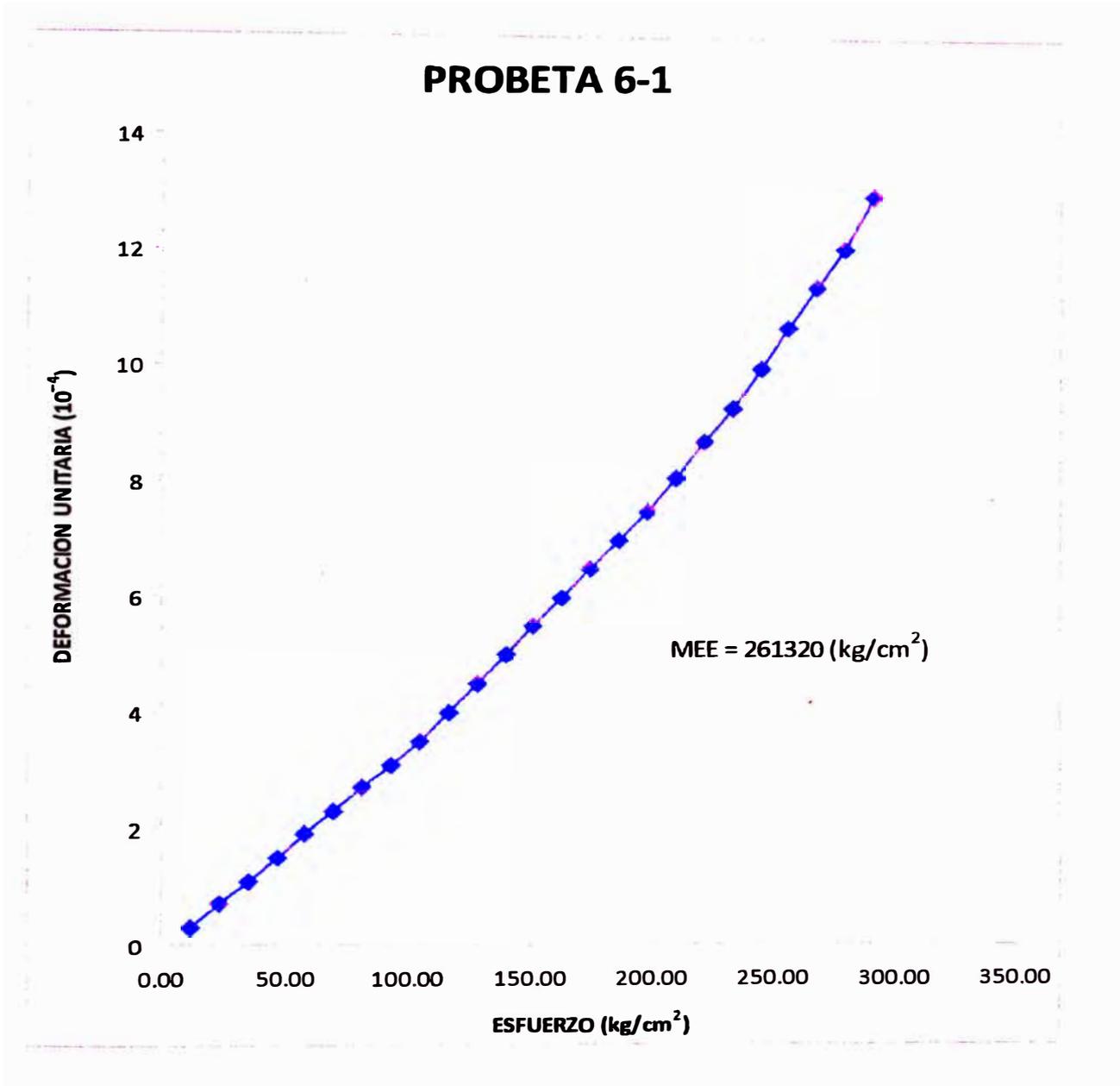
MEE= (E1-E0)/(D1-D0)

CARGA MAXIMA: 75600 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	175.81
D1	6.56*10 ⁻⁴
E0	17.45
D0	0.5*10 ⁻⁴
MEE	261320

GRAFICO N° C.11
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G6



Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
Arena de la Cantera "Fame"
Piedra de la Cantera "Unicón"
Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.24
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 6-2, DISEÑO G6)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm2)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	14.8	172	11.63	0.3
4000	14.8	172	23.26	0.6
6000	14.8	172	34.88	1
8000	14.8	172	46.51	1.4
10000	14.8	172	58.14	1.8
12000	14.8	172	69.77	2.2
14000	14.8	172	81.40	2.6
16000	14.8	172	93.02	3
18000	14.8	172	104.65	3.3
20000	14.8	172	116.28	3.7
22000	14.8	172	127.91	4.1
24000	14.8	172	139.53	4.5
26000	14.8	172	151.16	4.9
28000	14.8	172	162.79	5.3
30000	14.8	172	174.42	5.7
32000	14.8	172	186.05	6.1
34000	14.8	172	197.67	6.6
36000	14.8	172	209.30	7.2
38000	14.8	172	220.93	7.9
40000	14.8	172	232.56	8.6

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

E1=0.4*ROTURA

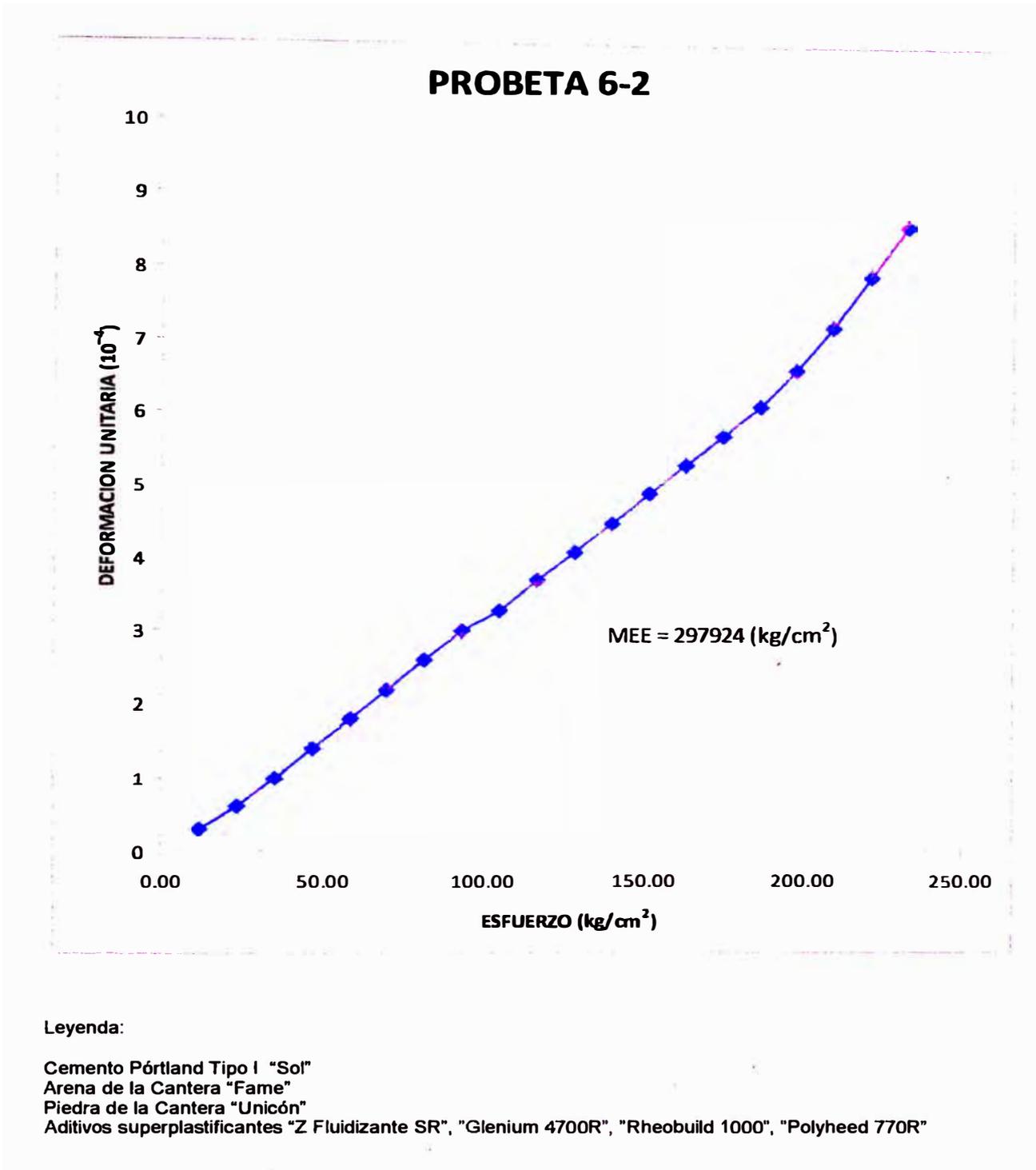
MEE= (E1-E0)/(D1-D0)

CARGA MAXIMA: 76200 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	177.21
D1	5.8*10 ⁻⁴
E0	19.31
D0	0.5*10 ⁻⁴
MEE	297924

GRÁFICO N° C.12
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G6



CUADRO N° C.25
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 7-1, DISEÑO G7)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm2)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	14.8	172	11.63	0.3
4000	14.8	172	23.26	0.8
6000	14.8	172	34.88	1.2
8000	14.8	172	46.51	1.6
10000	14.8	172	58.14	2
12000	14.8	172	69.77	2.4
14000	14.8	172	81.40	2.8
16000	14.8	172	93.02	3.3
18000	14.8	172	104.65	3.7
20000	14.8	172	116.28	4
22000	14.8	172	127.91	4.4
24000	14.8	172	139.53	4.8
26000	14.8	172	151.16	5.2
28000	14.8	172	162.79	5.6
30000	14.8	172	174.42	6
32000	14.8	172	186.05	6.5
34000	14.8	172	197.67	7
36000	14.8	172	209.30	7.5
38000	14.8	172	220.93	8
40000	14.8	172	232.56	8.5
42000	14.8	172	244.19	9
44000	14.8	172	255.81	9.5
46000	14.8	172	267.44	10
48000	14.8	172	279.07	10.5
50000	14.8	172	290.70	11
52000	14.8	172	302.33	11.5
54000	14.8	172	313.95	12
56000	14.8	172	325.58	12.5
58000	14.8	172	337.21	13
60000	14.8	172	348.84	13.5
62000	14.8	172	360.47	14
64000	14.8	172	372.09	14.6
66000	14.8	172	383.72	15.1
68000	14.8	172	395.35	15.7

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

E1=0.4*ROTURA

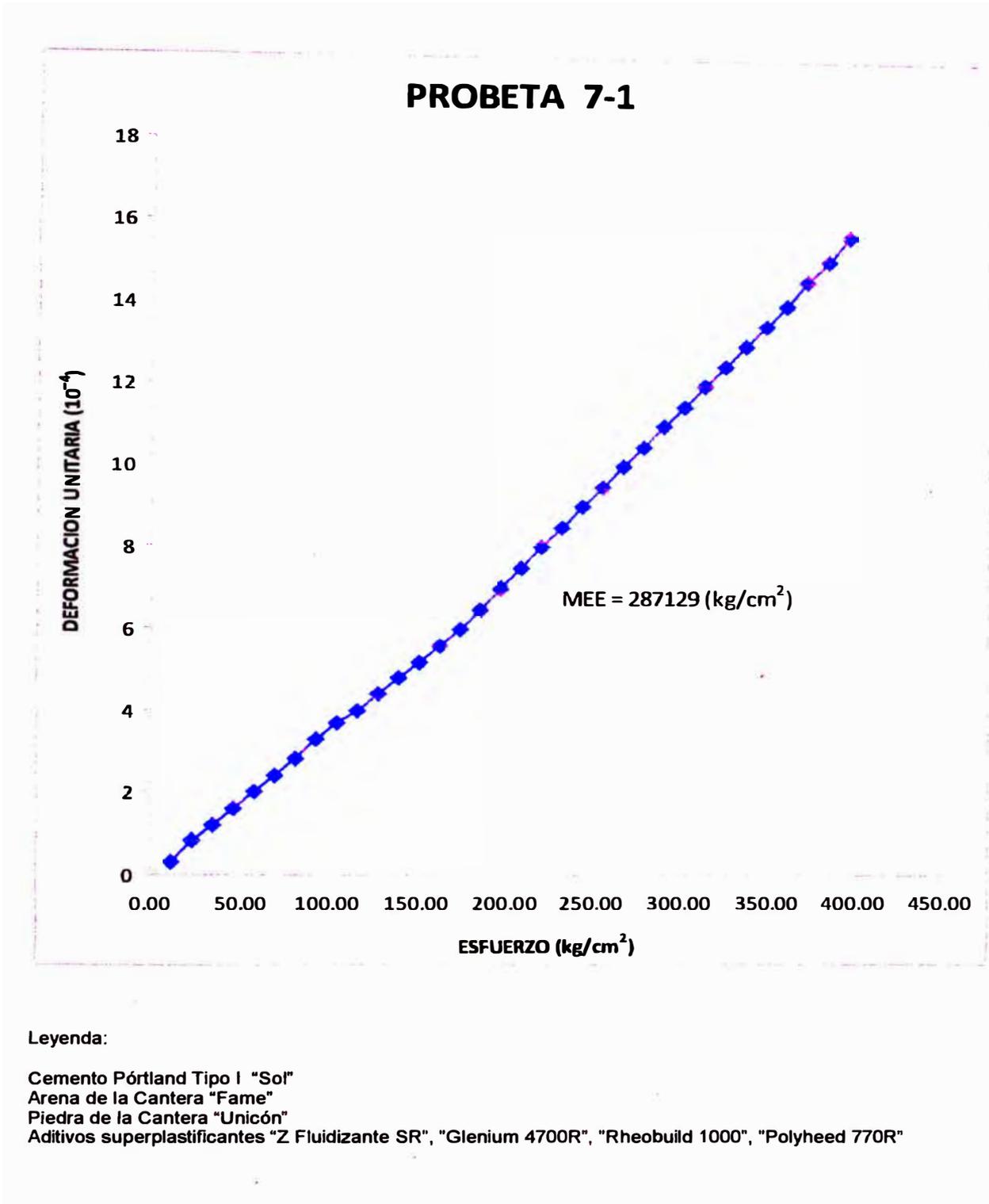
MEE= (E1-E0)/(D1-D0)

CARGA MAXIMA: 75400 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	175.35
D1	6.04*10 ⁻⁴
E0	16.28
D0	0.5*10 ⁻⁴
MEE	287129

GRAFICO N° C.13
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G7



CUADRO N° C.26
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 7-2, DISEÑO G7)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm2)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	14.9	174	11.49	0.25
4000	14.9	174	22.99	0.5
6000	14.9	174	34.48	0.9
8000	14.9	174	45.98	1.3
10000	14.9	174	57.47	1.7
12000	14.9	174	68.97	2.2
14000	14.9	174	80.46	2.6
16000	14.9	174	91.95	3
18000	14.9	174	103.45	3.4
20000	14.9	174	114.94	3.9
22000	14.9	174	126.44	4.25
24000	14.9	174	137.93	4.7
26000	14.9	174	149.43	5.1
28000	14.9	174	160.92	5.5
30000	14.9	174	172.41	5.9
32000	14.9	174	183.91	6.4
34000	14.9	174	195.40	6.7
36000	14.9	174	206.90	7.1
38000	14.9	174	218.39	7.6
40000	14.9	174	229.89	8.1
42000	14.9	174	241.38	8.6
44000	14.9	174	252.87	9.2
46000	14.9	174	264.37	9.7
48000	14.9	174	275.86	10.3
50000	14.9	174	287.36	10.9
52000	14.9	174	298.85	11.2
54000	14.9	174	310.34	11.6
56000	14.9	174	321.84	12.4
58000	14.9	174	333.33	13
60000	14.9	174	344.83	13.6
62000	14.9	174	356.32	14.2
64000	14.9	174	367.82	14.6
66000	14.9	174	379.31	15.4

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

E1=0.4*ROTURA

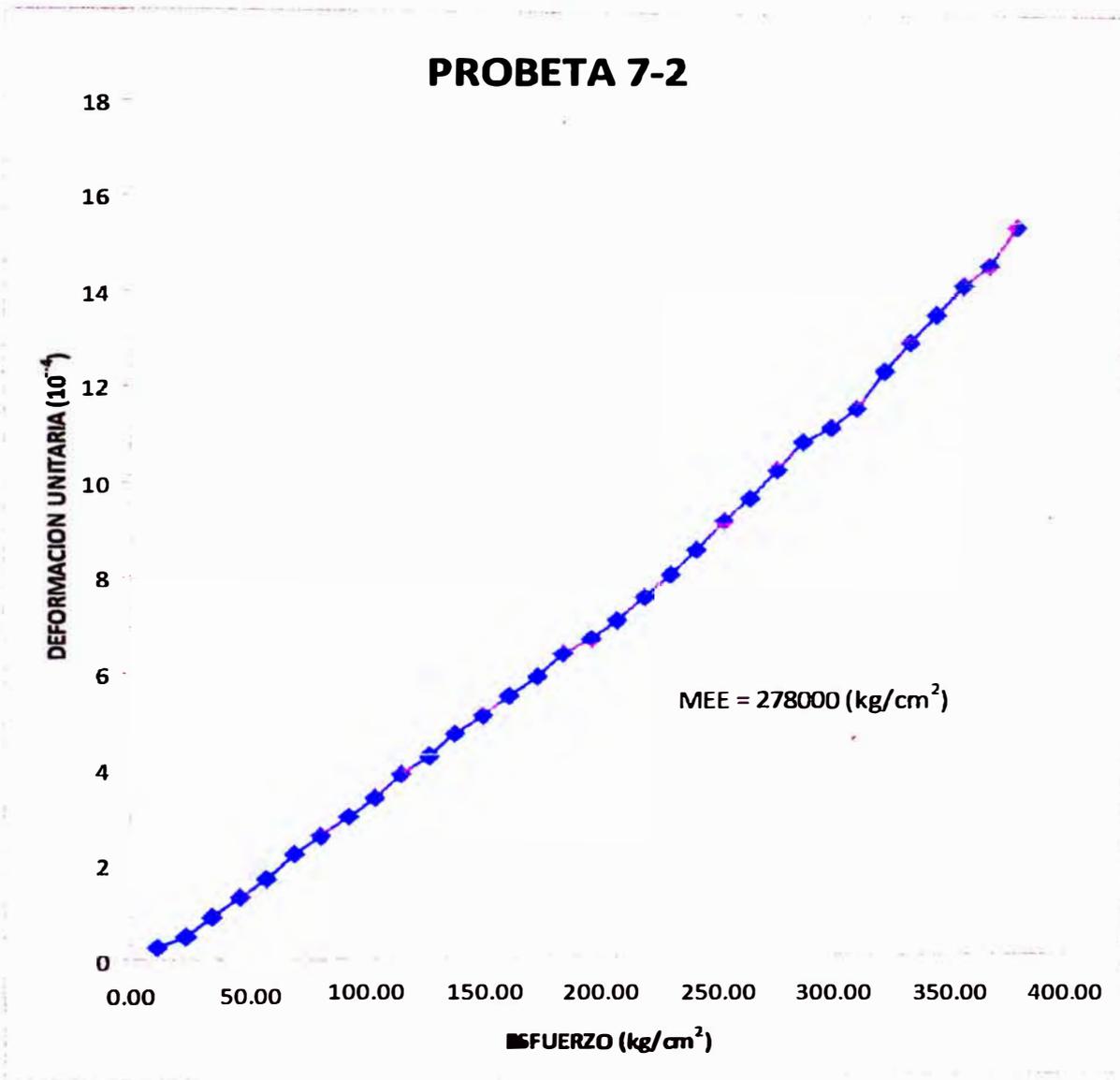
MEE= (E1-E0)/(D1-D0)

CARGA MAXIMA: 75000 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	172.41
D1	5.9*10 ⁻⁴
E0	22.29
D0	0.5*10 ⁻⁴
MEE	278000

GRAFICO N° C.14
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G7



Leyenda:

- Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
- Arena de la Cantera "Fame"
- Piedra de la Cantera "Unicón"
- Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.27
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 8-1, DISEÑO G8)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm2)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	14.9	174	11.49	0.3
4000	14.9	174	22.99	0.8
6000	14.9	174	34.48	1.2
8000	14.9	174	45.98	1.6
10000	14.9	174	57.47	2
12000	14.9	174	68.97	2.4
14000	14.9	174	80.46	2.85
16000	14.9	174	91.95	3.3
18000	14.9	174	103.45	3.7
20000	14.9	174	114.94	4.2
22000	14.9	174	126.44	4.7
24000	14.9	174	137.93	5.2
26000	14.9	174	149.43	5.7
28000	14.9	174	160.92	6.2
30000	14.9	174	172.41	6.7
32000	14.9	174	183.91	7.2
34000	14.9	174	195.40	7.8
36000	14.9	174	206.90	8.4
38000	14.9	174	218.39	9
40000	14.9	174	229.89	9.6
42000	14.9	174	241.38	10.2
44000	14.9	174	252.87	10.8
46000	14.9	174	264.37	11.4
48000	14.9	174	275.86	12
50000	14.9	174	287.36	12.6
52000	14.9	174	298.85	13.3
54000	14.9	174	310.34	13.8
56000	14.9	174	321.84	14.5
58000	14.9	174	333.33	15.1
60000	14.9	174	344.83	15.8
62000	14.9	174	356.32	16.6
64000	14.9	174	367.82	17.1
66000	14.9	174	379.31	17.7
68000	14.9	174	390.80	18.5
70000	14.9	174	402.30	19.3
72000	14.9	174	413.79	20.6

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

E1=0.4*ROTURA

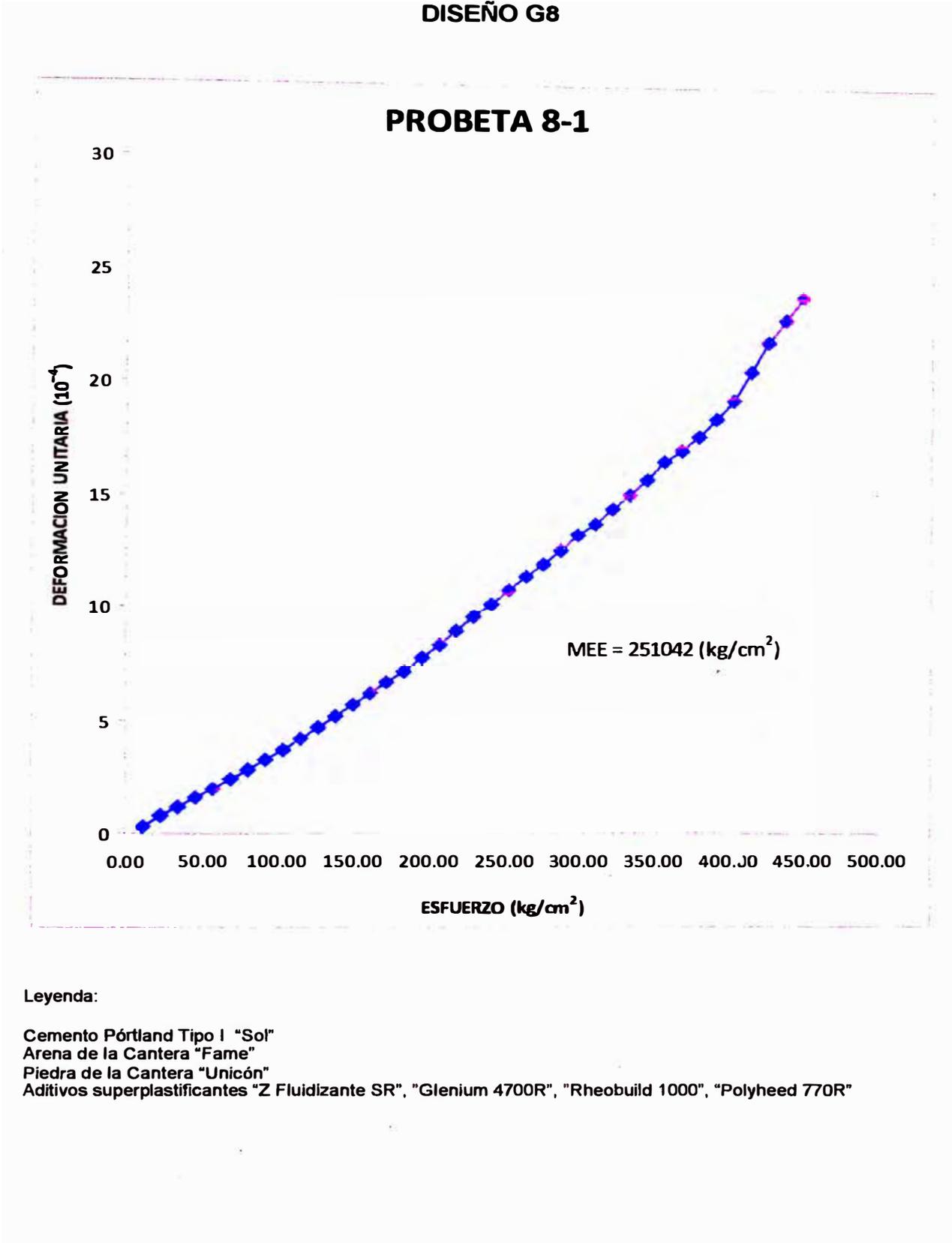
MEE= (E1-E0)/(D1-D0)

CARGA MAXIMA: 78200 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	179.77
E0	7.02*10 ⁻⁴
D1	16.09
D0	0.5*10 ⁻⁴
MEE	251042

GRAFICO Nº C.15
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G8



Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
Arena de la Cantera "Fame"
Piedra de la Cantera "Unicón"
Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO Nº C.28
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 8-2, DISEÑO G8)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm ²)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	14.9	174	11.49	0.3
4000	14.9	174	22.99	0.6
6000	14.9	174	34.48	0.9
8000	14.9	174	45.98	1.3
10000	14.9	174	57.47	1.7
12000	14.9	174	68.97	2.1
14000	14.9	174	80.46	2.5
16000	14.9	174	91.95	2.9
18000	14.9	174	103.45	3.3
20000	14.9	174	114.94	3.7
22000	14.9	174	126.44	4.1
24000	14.9	174	137.93	4.4
26000	14.9	174	149.43	4.9
28000	14.9	174	160.92	5.4
30000	14.9	174	172.41	5.9
32000	14.9	174	183.91	6.4
34000	14.9	174	195.40	6.9
36000	14.9	174	206.90	7.4
38000	14.9	174	218.39	7.9
40000	14.9	174	229.89	8.4
42000	14.9	174	241.38	8.9
44000	14.9	174	252.87	9.4
46000	14.9	174	264.37	10
48000	14.9	174	275.86	10.7
50000	14.9	174	287.36	11.4
52000	14.9	174	298.85	12.2
54000	14.9	174	310.34	13
56000	14.9	174	321.84	13.8
58000	14.9	174	333.33	14.7
60000	14.9	174	344.83	15.6
62000	14.9	174	356.32	16.6
64000	14.9	174	367.82	17.7
66000	14.9	174	379.31	18.8
68000	14.9	174	390.80	19.9
70000	14.9	174	402.30	21
72000	14.9	174	413.79	21.9

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

E1=0.4*ROTURA

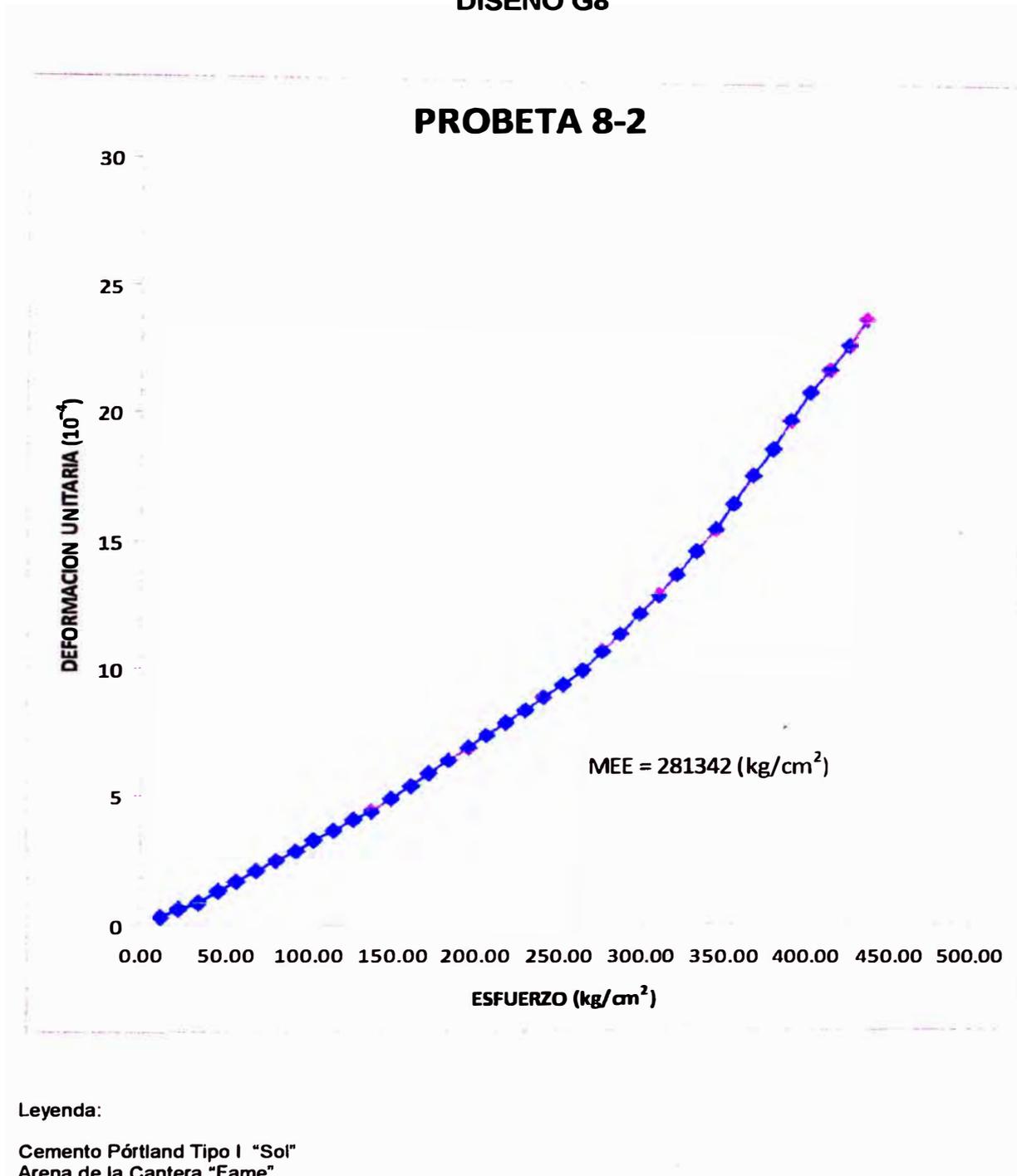
MEE= (E1-E0)/(D1-D0)

CARGA MAXIMA: 77600 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	178.39
D1	6.16*10 ⁻⁴
E0	19.15
D0	0.5*10 ⁻⁴
MEE	281342

GRAFICO Nº C.16
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G8



Leyenda:

- Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
- Arena de la Cantera "Fame"
- Piedra de la Cantera "Unicón"
- Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.29
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 9-1, DISEÑO G9)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm ²)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	14.9	174	11.49	0.4
4000	14.9	174	22.99	0.8
6000	14.9	174	34.48	1.2
8000	14.9	174	45.98	1.6
10000	14.9	174	57.47	2
12000	14.9	174	68.97	2.4
14000	14.9	174	80.46	2.8
16000	14.9	174	91.95	3.2
18000	14.9	174	103.45	3.6
20000	14.9	174	114.94	4
22000	14.9	174	126.44	4.4
24000	14.9	174	137.93	4.8
26000	14.9	174	149.43	5.3
28000	14.9	174	160.92	5.8
30000	14.9	174	172.41	6.3
32000	14.9	174	183.91	6.8
34000	14.9	174	195.40	7.4
36000	14.9	174	206.90	8
38000	14.9	174	218.39	8.6
40000	14.9	174	229.89	9.2
42000	14.9	174	241.38	9.8
44000	14.9	174	252.87	10.4
46000	14.9	174	264.37	11
48000	14.9	174	275.86	11.6
50000	14.9	174	287.36	12.2
52000	14.9	174	298.85	12.8
54000	14.9	174	310.34	13.4
56000	14.9	174	321.84	14
58000	14.9	174	333.33	14.6
60000	14.9	174	344.83	15.2
62000	14.9	174	356.32	15.8
64000	14.9	174	367.82	16.4
66000	14.9	174	379.31	17
68000	14.9	174	390.80	17.6
70000	14.9	174	402.30	18.2

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

E1=0.4*ROTURA

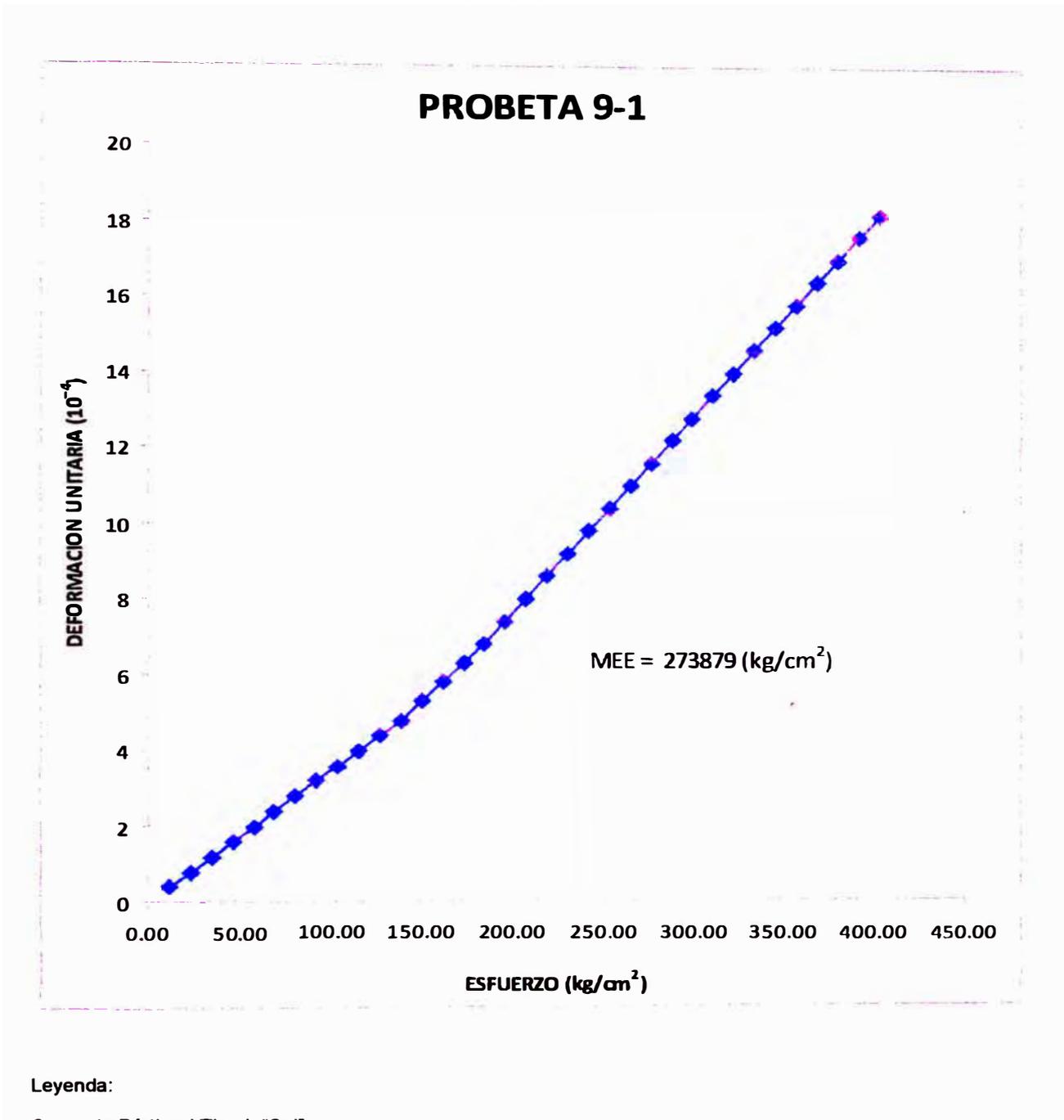
MEE= (E1-E0)/(D1-D0)

CARGA MAXIMA: 73200 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	168.28
D1	6.12*10 ⁻⁴
E0	14.36
D0	0.5*10 ⁻⁴
MEE	273879

GRAFICO N° C.17
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G9



Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.30
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 9-2, DISEÑO G9)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm2)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	14.9	174	11.49	0.4
4000	14.9	174	22.99	0.8
6000	14.9	174	34.48	1.2
8000	14.9	174	45.98	1.6
10000	14.9	174	57.47	2
12000	14.9	174	68.97	2.4
14000	14.9	174	80.46	2.8
16000	14.9	174	91.95	3.2
18000	14.9	174	103.45	3.6
20000	14.9	174	114.94	4
22000	14.9	174	126.44	4.4
24000	14.9	174	137.93	4.9
26000	14.9	174	149.43	5.4
28000	14.9	174	160.92	5.9
30000	14.9	174	172.41	6.4
32000	14.9	174	183.91	6.9
34000	14.9	174	195.40	7.4
36000	14.9	174	206.90	7.9
38000	14.9	174	218.39	8.4
40000	14.9	174	229.89	8.9
42000	14.9	174	241.38	9.5
44000	14.9	174	252.87	10
46000	14.9	174	264.37	10.5
48000	14.9	174	275.86	11
50000	14.9	174	287.36	11.6
52000	14.9	174	298.85	12.2
54000	14.9	174	310.34	12.8
56000	14.9	174	321.84	13.4
58000	14.9	174	333.33	14
60000	14.9	174	344.83	14.6
62000	14.9	174	356.32	15.2
64000	14.9	174	367.82	15.8
66000	14.9	174	379.31	16.4
68000	14.9	174	390.80	17
70000	14.9	174	402.30	17.6
72000	14.9	174	413.79	18.3
74000	14.9	174	425.29	19

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

E1=0.4*ROTURA

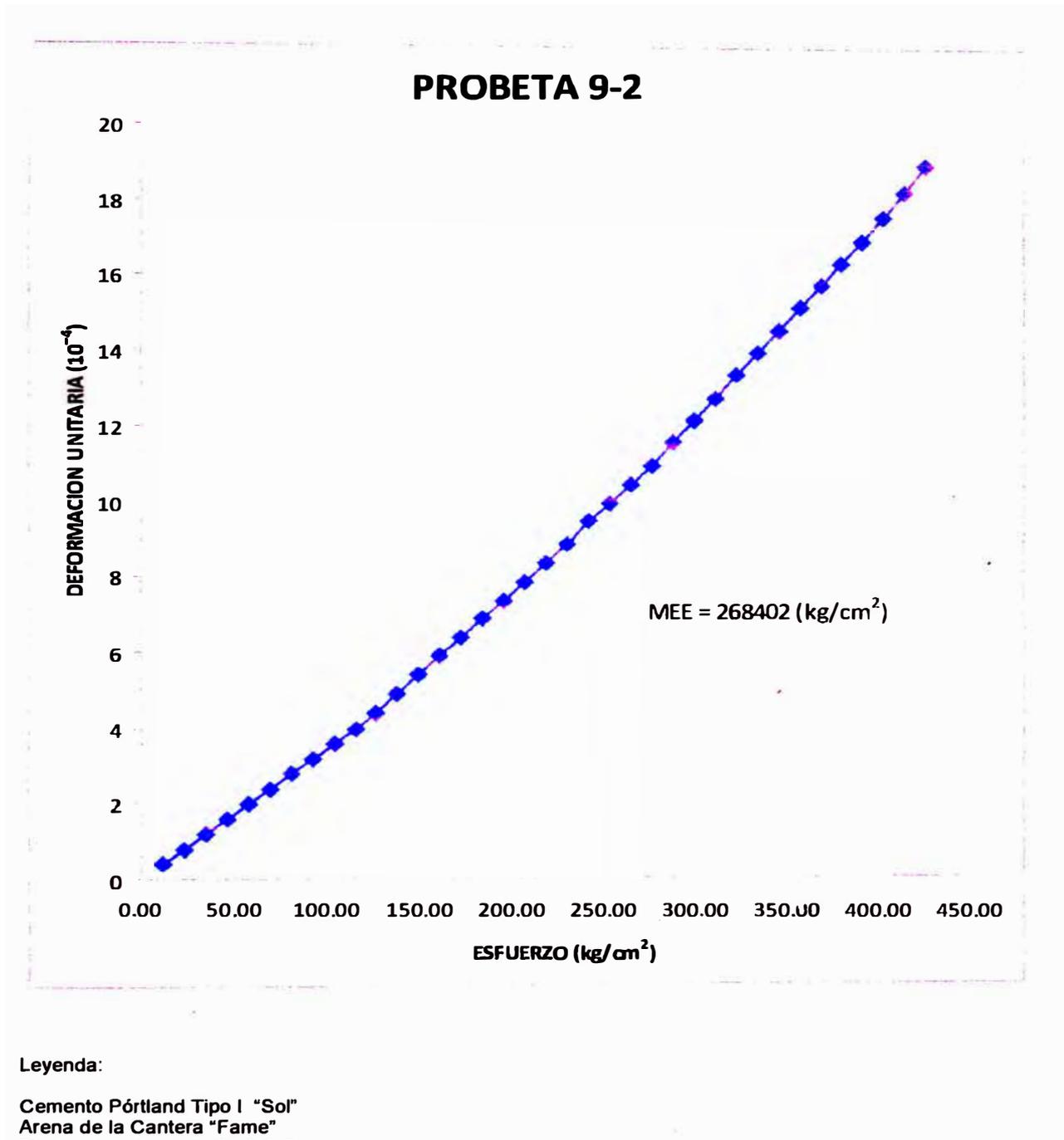
MEE= (E1-E0)/(D1-D0)

CARGA MAXIMA: 74200 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	170.57
D1	6.32*10 ⁻⁴
E0	14.36
D0	0.5*10 ⁻⁴
MEE	268402

GRAFICO N° C.18
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G9



Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
Arena de la Cantera "Fame"
Piedra de la Cantera "Unicón"
Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.31
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 10-1, DISEÑO G10)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm ²)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	14.9	174	11.49	0.35
4000	14.9	174	22.99	0.85
6000	14.9	174	34.48	1.2
8000	14.9	174	45.98	1.65
10000	14.9	174	57.47	2.1
12000	14.9	174	68.97	2.5
14000	14.9	174	80.46	2.9
16000	14.9	174	91.95	3.3
18000	14.9	174	103.45	3.7
20000	14.9	174	114.94	4.1
22000	14.9	174	126.44	4.4
24000	14.9	174	137.93	4.9
26000	14.9	174	149.43	5.4
28000	14.9	174	160.92	5.8
30000	14.9	174	172.41	6.3
32000	14.9	174	183.91	6.9
34000	14.9	174	195.40	7.3
36000	14.9	174	206.90	7.8
38000	14.9	174	218.39	8.4
40000	14.9	174	229.89	9
42000	14.9	174	241.38	9.6
44000	14.9	174	252.87	10.2
46000	14.9	174	264.37	10.8
48000	14.9	174	275.86	11.4
50000	14.9	174	287.36	12.1
52000	14.9	174	298.85	12.8
54000	14.9	174	310.34	13.5
56000	14.9	174	321.84	14.2
58000	14.9	174	333.33	15
60000	14.9	174	344.83	15.8
62000	14.9	174	356.32	16.6
64000	14.9	174	367.82	17.4
66000	14.9	174	379.31	18.4
68000	14.9	174	390.80	19.2
70000	14.9	174	402.30	20.1

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

E1=0.4*ROTURA

MEE= (E1-E0)/(D1-D0)

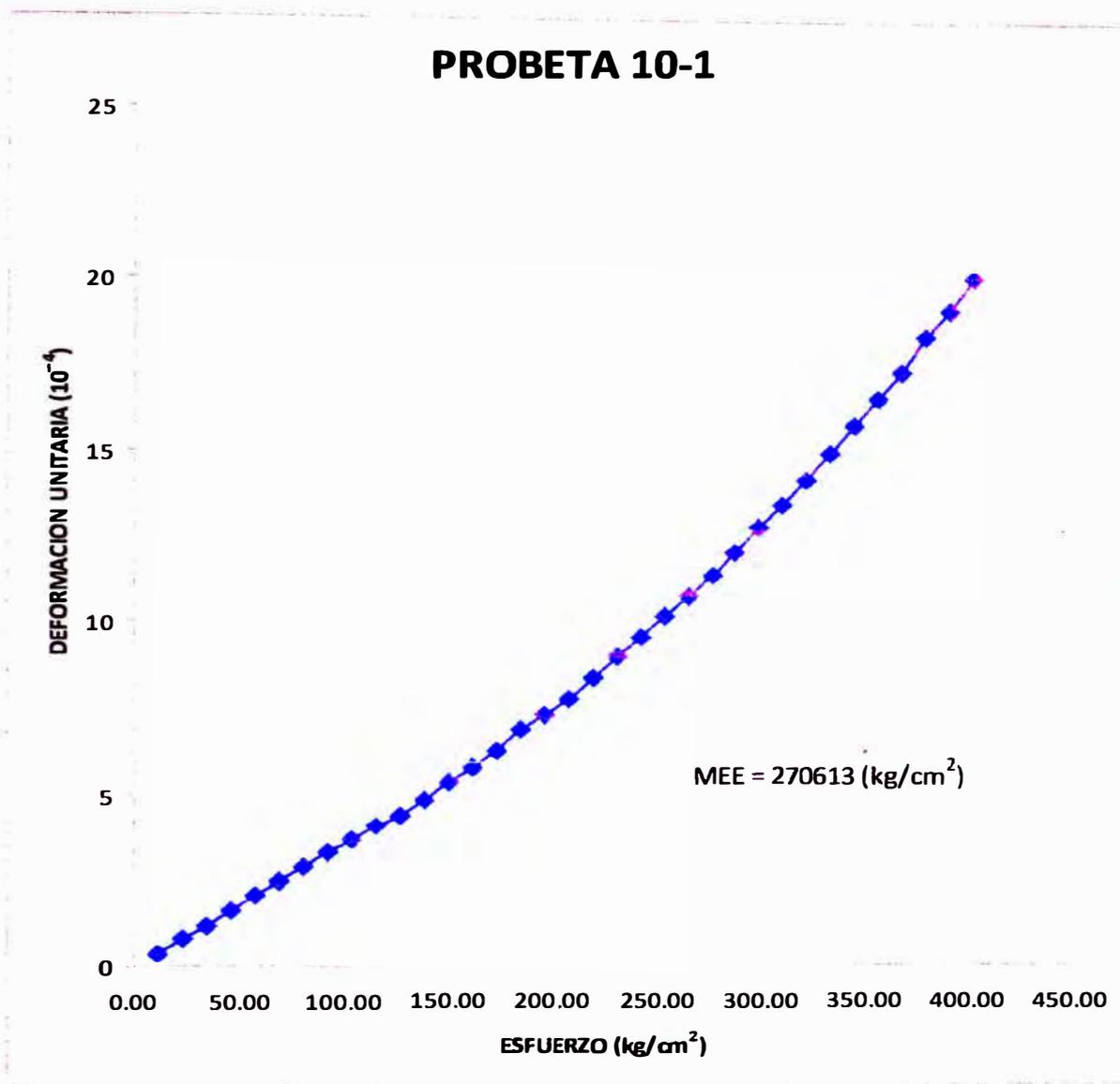
CARGA MAXIMA: 75600 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	173.79
D1	6.37*10 ⁻⁴
E0	14.94
D0	0.5*10 ⁻⁴
MEE	270613

GRAFICO N° C.19
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G10

PROBETA 10-1



Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"

Arena de la Cantera "Fame"

Piedra de la Cantera "Unicón"

Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

CUADRO N° C.32
MODULO ELASTICO ESTATICO
(PROBETA 10-2, DISEÑO G10)

CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	ESFUERZO(kg/cm2)	DEF.UNIT.([*] 10 ⁻⁴)
2000	14.8	172	11.63	0.35
4000	14.8	172	23.26	0.75
6000	14.8	172	34.88	1.15
8000	14.8	172	46.51	1.6
10000	14.8	172	58.14	2
12000	14.8	172	69.77	2.4
14000	14.8	172	81.40	2.8
16000	14.8	172	93.02	3.25
18000	14.8	172	104.65	3.6
20000	14.8	172	116.28	4
22000	14.8	172	127.91	4.4
24000	14.8	172	139.53	4.8
26000	14.8	172	151.16	5.2
28000	14.8	172	162.79	5.7
30000	14.8	172	174.42	6.2
32000	14.8	172	186.05	6.7
34000	14.8	172	197.67	7.2
36000	14.8	172	209.30	7.8
38000	14.8	172	220.93	8.4
40000	14.8	172	232.56	9
42000	14.8	172	244.19	9.6
44000	14.8	172	255.81	10.3
46000	14.8	172	267.44	11
48000	14.8	172	279.07	11.8
50000	14.8	172	290.70	12.6
52000	14.8	172	302.33	13.4
54000	14.8	172	313.95	14.3
56000	14.8	172	325.58	15.2
58000	14.8	172	337.21	16.1
60000	14.8	172	348.84	17
62000	14.8	172	360.47	18

ROTURA=CARGA MAXIMA/AREA

$E1=0.4*ROTURA$

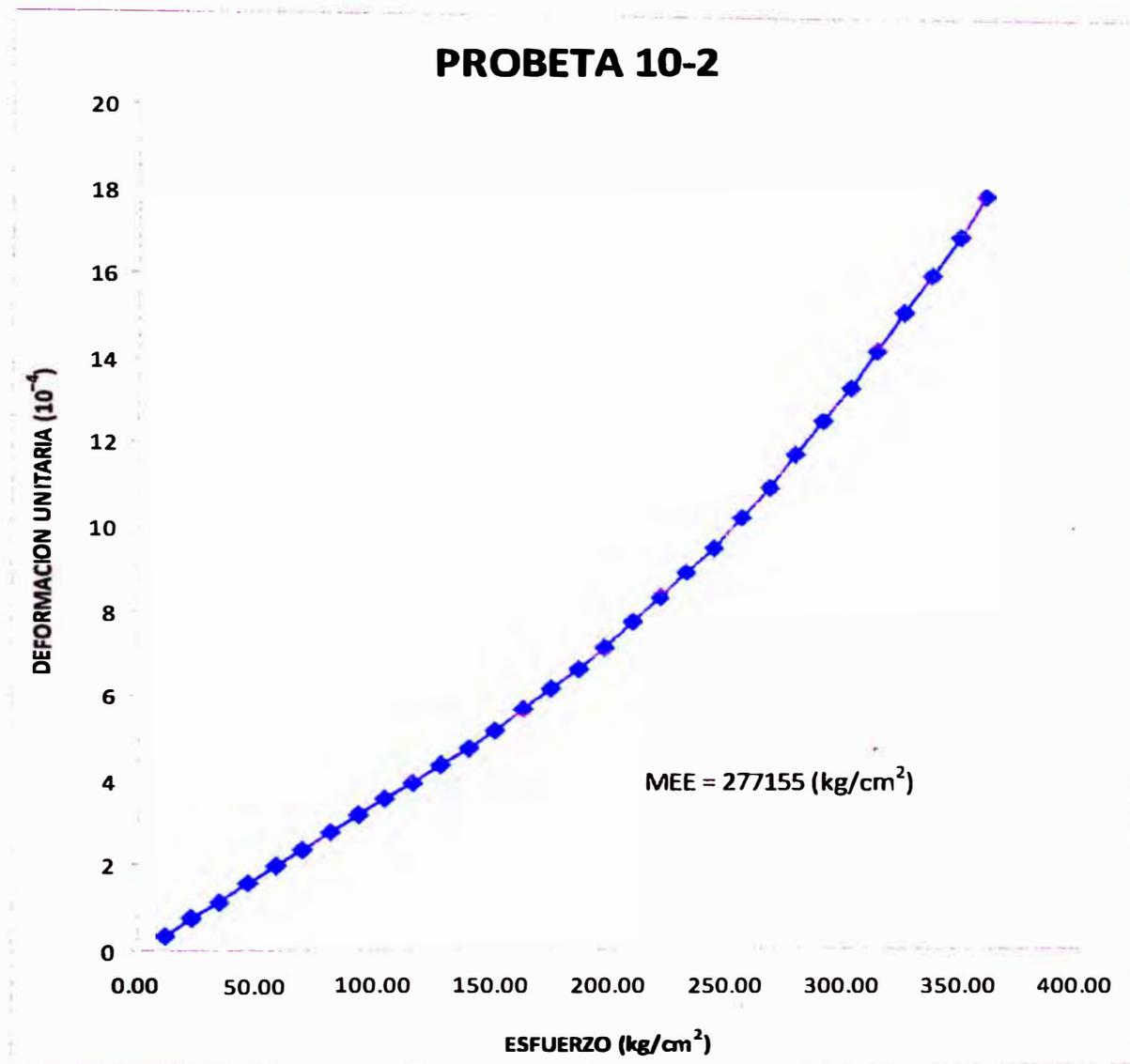
$MEE= (E1-E0)/(D1-D0)$

CARGA MAXIMA: 76000 kg

EDAD: 28 DIAS

E1	176.74
D1	$6.3*10^{-4}$
E0	15.99
D0	$0.5*10^{-4}$
MEE	277155

GRAFICO N° C.20
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
DISEÑO G10



Leyenda:

Cemento Pórtland Tipo I "Sol"
Arena de la Cantera "Fame"
Piedra de la Cantera "Unicón"
Aditivos superplastificantes "Z Fluidizante SR", "Glenium 4700R", "Rheobuild 1000", "Polyheed 770R"

ANEXO D

FOTOGRAFIA



F-1 LA PREPARACIÓN DE LOS MOLDES



F-2 SACANDO EL MATERIAL DE LA TOLVA



F-3 PESANDO EL MATERIAL



F-4 MEZCLANDO EL CONCRETO



F-5 VACIANDO EL CONCRETO A LOS MOLDES



F-6 COMPACTANDO EL CONCRETO



F-7 REALIZANDO LA PRUEBA DEL ASENTAMIENTO



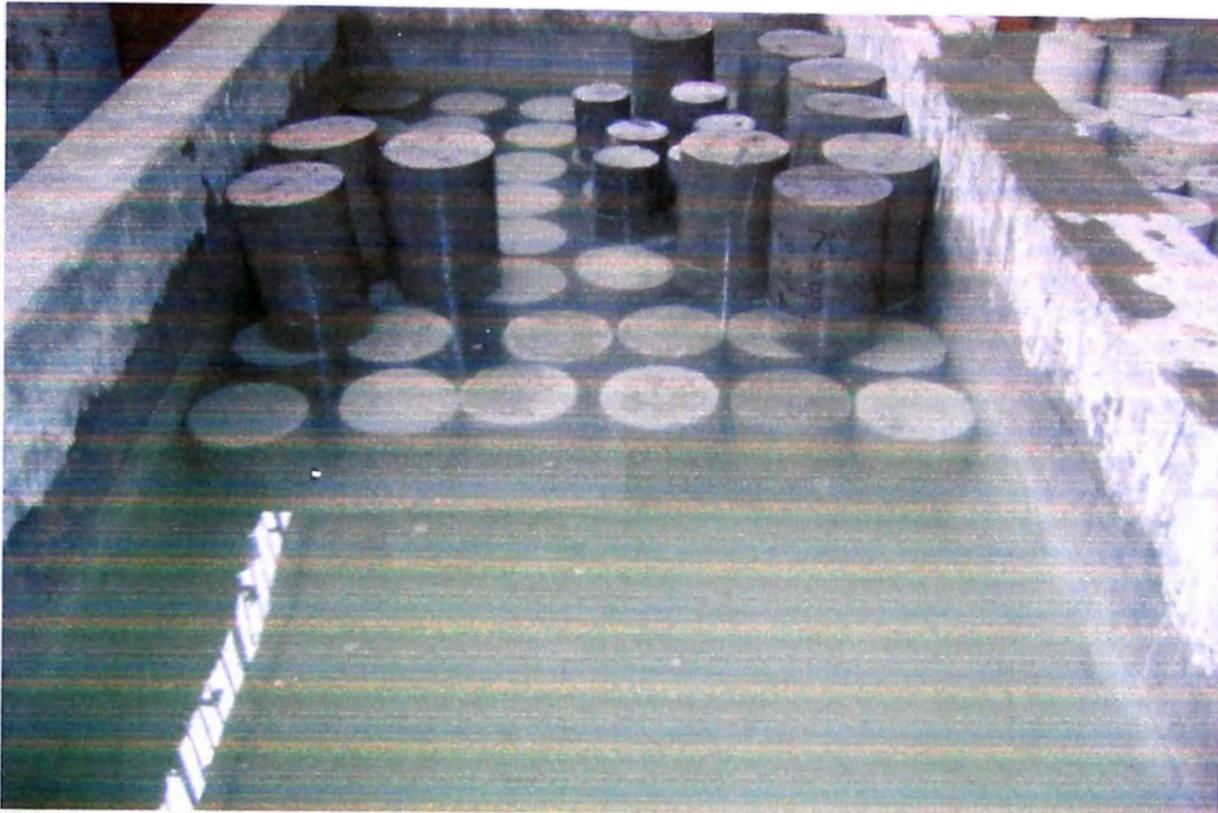
F-8 MIDIENDO EL ASENTAMIENTO



F-9 REALIZANDO LA PRUEBA DEL PESO UNITARIO



F-10 DESMOLDANDO EL CONCRETO



F-11 LAS PROBETAS EN LA POZA DE CURADO



F-12 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



F-13 ENSAYO DE EXUDACIÓN



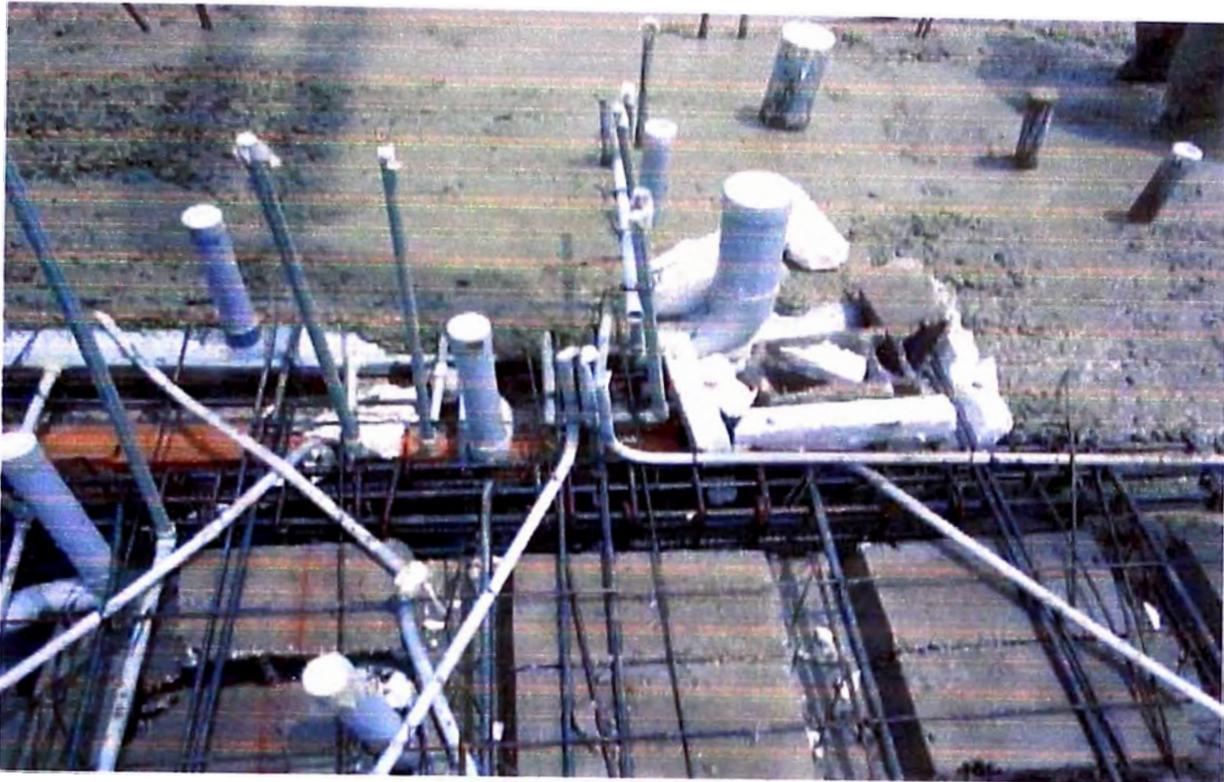
F-14 ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO



F-15 ENSAYO DE FLUIDEZ



**F-16 ENSAYO DE ASENTAMIENTO EN OBRA CON EL ADITIVO
RHEOBUILD 1000**



F-17 VACIADO DE LOSA ALIGERADA CON EL ADITIVO RHEOBUILD 1000



**F-18 ENSAYO DE ASENTAMIENTO EN OBRA CON EL ADITIVO
GLENIUM 4700R**