

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE ADMIXTURAS MINERALES EN MEZCLAS  
DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND**

**TESIS**

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**POR**

**ALEX ORLANDO OCAÑA TAHUICO  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE**

**INGENIERO CIVIL**

**Guatemala, Octubre de 1939**



**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE ADMIXTURAS MINERALES EN MEZCLA  
DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND**

Tema que me fué aprobado por la Dirección de Escuela de  
Ingeniería Civil, con fecha 22 de enero de 1,999

**ALEX ORLANDO OCAÑA TAHUICO**

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



## FACULTAD DE INGENIERÍA

### MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

Decano	Ing. Herbert René Miranda Barrios
Vocal Primero	Ing. José Francisco Gómez Rivera
Vocal Segundo	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Vocal Tercero	Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
Vocal Cuarto	Br. Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán
Vocal Quinto	Br. Mauricio Alberto Grajeda Mariscal
Secretaria	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano	Ing. Herbert René Miranda Barrios
Examinador	Ing. Carlos Enrique Barrios Chávez
Examinador	Ing. Julio Antonio Arreaga Solares
Examinador	Ing. Alfredo Enrique Béber Aceituno
Secretaria	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala 20 de enero de 1999

Ing. Sidney Alexander Samuels Milson  
Director de Escuela de Ingeniería Civil,  
Facultad de Ingeniería,  
Universidad de San Carlos

Señor Director :

Tengo el agrado de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado **“EFECTO DE LA ADICIÓN DE ADMIXTURAS MINERALES EN MEZCLAS DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND”**, del estudiante universitario **Alex Orlando Ocaña Tahuico**, quien contó con la asesoría del suscrito.

El trabajo en cuestión satisface los objetivos planteados y presenta un aporte significativo para el Área de Materiales, por lo que me permito recomendar su aprobación correspondiente.

Atentamente,

**“D Y ENSEÑAD A TODOS”**

Ing. Francisco Javier Quiñonez  
Asesor y Coordinador del Área de Materiales



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y Coordinador del Área de Materiales Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz, del trabajo de tesis del estudiante Alex Orlando Ocaña Tabuico, titulado EFECTO DE LA ADICION DE ADMIXTURAS MINERALES EN MEZCLAS DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, septiembre de 1,992

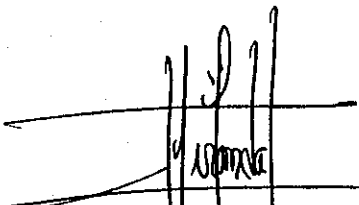
/bbdeb.



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Carrera de Ingeniería Civil Ing. Sydney Alexander Samuels Milson, al trabajo de tesis titulado: EFECTO DE LA ADICION DE ADMIXTURAS MINERALES EN MEZCLAS DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND, presentado por el estudiante universitario Alex Orlando Ocaña Tahuico, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Herbert René Miranda Barrios  
DECANO



Guatemala, 27 de septiembre de 1999

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios Padre.

A la virgen María.

Al ingeniero Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, por su valiosa colaboración y asesoría en la realización del presente trabajo.

Al Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en especial a la sección de prefabricados y a la sección de concretos, por su ayuda en el presente trabajo.

A la Dirección de Límites y Aguas Internacionales, del Ministerio de Relaciones Exteriores, en especial a los ingenieros : René González, José Luis Ordóñez, Antonio Pellecer, Carlos Velásquez y Dionicio Villegas.

A los amigos que colaboraron de manera desinteresada con la realización de este trabajo, en especial a : José Osmaro Recinos, Julio Guzmán, Javier Melchor, Juan F. de la Torre, Yeni Marisol García, Claudia García y Silvia Verónica.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron con la conclusión del presente trabajo.

**ACTO QUE DEDICO A :**

**Mi padre, Alejandro Ocaña Monroy.**

**Mi madre, Carmen Taluico Camò.**

**Mis hermanas, Leticia y Jakquelyn.**

**Mi sobrina, Londy.**

**Mi familia en general.**

**Mis amigos y compañeros.**

**La Facultad de Ingenieria.**

**La Universidad de San Carlos de Guatemala.**



## TESIS QUE DEDICO

A mi amigo RONY ALFREDO AMÉZQUITA GODÍNEZ (Q.E.P.D.), de manera muy especial por el esfuerzo y dedicación para la realización de este trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

	Pàgina
<b>GLOSARIO</b>	<b>i</b>
<b>HIPÒTESIS</b>	<b>iii</b>
<b>JUSTIFICACIÒN</b>	<b>iv</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>v</b>
<b>INTRODUCCIÒN</b>	<b>vi</b>
<b>I. MARCO TEÒRICO</b>	<b>1</b>
<b>1. TEORÌA DE ADMIXTURAS</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Definiciòn</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Aspectos econòmicos del uso de admixturas</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Aditivos minerales finamente divididos</b>	<b>3</b>
<b>1.3.1 Tipo de materiales finamente divididos</b>	<b>3</b>
<b>Materiales relativamente inertes quìmicamente</b>	<b>3</b>
<b>Materiales cementantes</b>	<b>3</b>
<b>Puzolanas</b>	<b>3</b>
<b>1.3.2 Efecto de las propiedades del concreto</b>	<b>3</b>
<b>1.3.2.1 Concreto fresco</b>	<b>3</b>
<b>Efecto en la resistencia</b>	<b>3</b>
<b>Efectos en la resistencia a sulfatos</b>	<b>4</b>
<b>Efecto en el aumento de la temperatura</b>	<b>4</b>
<b>Efecto en la expansiòn causada por la relaciòn</b>	
<b>àlcalis-silice</b>	<b>5</b>
<b>II. MARCO EXPERIMENTAL</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Metodologia</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Características de los materiales</b>	<b>8</b>
<b>Anàlisis del pedrìn</b>	<b>8</b>
<b>Anàlisis de la arena de rìo</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Proporcionamiento de la mezcla</b>	<b>9</b>
<b>Mezcla de control</b>	<b>9</b>
<b>Mezcla "A" ceniza volcànica</b>	<b>10</b>
<b>Mezcla "A" 35%</b>	<b>10</b>
<b>Mezcla "A" 20%</b>	<b>11</b>
<b>Mezcla "A" 30%</b>	<b>12</b>
<b>Mezcla "B" ceniza volcànica (blanca)</b>	<b>12</b>
<b>Mezcla "B" 35%</b>	<b>12</b>
<b>Mezcla "B" 20%</b>	<b>13</b>
<b>Mezcla "B" 30%</b>	<b>14</b>
<b>Mezcla "C" tierra diatomea</b>	<b>14</b>
<b>Mezcla "C" 35%</b>	<b>14</b>
<b>Mezcla "C" 20%</b>	<b>15</b>
<b>Mezcla "C" 30%</b>	<b>16</b>

<b>2.4 Ensayos realizados</b>	<b>16</b>
<b>2.4.1 Concreto fresco</b>	<b>16</b>
<b>Trabajabilidad</b>	<b>16</b>
<b>Velocidad de endurecimiento</b>	<b>17</b>
<b>Tiempo inicial de fraguado</b>	<b>17</b>
<b>Tiempo final de fraguado</b>	<b>17</b>
<b>Aparatos</b>	<b>18</b>
<b>Procedimiento</b>	<b>19</b>
<b>Agua de exudaciòn</b>	<b>20</b>
<b>2.4.2 Concreto endurecido</b>	<b>20</b>
<b>Ensayo a compresiòn</b>	<b>20</b>
<b>2.5 Resultados obtenidos de los ensayos realizados</b>	<b>21</b>
<b>2.6 Anàlisis de resultados</b>	<b>31</b>
<b>Mezcla de control</b>	<b>31</b>
<b>Mezcla "A"</b>	<b>31</b>
<b>Mezcla "A" 35%</b>	<b>31</b>
<b>Mezcla "A" 20%</b>	<b>32</b>
<b>Mezcla "A" 30%</b>	<b>32</b>
<b>Mezcla "B"</b>	<b>33</b>
<b>Mezcla "B" 35%</b>	<b>33</b>
<b>Mezcla "B" 20%</b>	<b>33</b>
<b>Mezcla "B" 30%</b>	<b>33</b>
<b>Mezcla "C"</b>	<b>34</b>
<b>Mezcla "C" 35%</b>	<b>34</b>
<b>Mezcla "C" 20%</b>	<b>34</b>
<b>Mezcla "C" 30%</b>	<b>34</b>
<b>Tabla</b>	<b>35</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>vii</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>ix</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>x</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>xi</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>36</b>
<b>ANEXO 1</b>	
<b>Anàlisis granulomètrico del piedrìn</b>	
<b>ANEXO 2</b>	
<b>Anàlisis granulomètrico de la arena</b>	
<b>ANEXO 3</b>	
<b>Diseño de la mezcla de control y mezcla "A" 35%</b>	
<b>ANEXO 4</b>	
<b>Diseño de la mezcla "A" 20% y 30%</b>	

**ANEXO 5**

**Diseño de la mezcla "B" 35% y 20%**

**ANEXO 6**

**Diseño de la mezcla "B" 30% y mezcla "C" 35%**

**ANEXO 7**

**Diseño de la mezcla "C" 20% y 30%**

**ANEXO 8**

**Gráfica de velocidad de endurecimiento de la mezcla de control**

**ANEXO 9**

**Gráfica de velocidad de endurecimiento de la mezcla "A" 35%**

**ANEXO 10**

**Gráfica de velocidad de endurecimiento de la mezcla "A" 20%**

**ANEXO 11**

**Gráfica de velocidad de endurecimiento de la mezcla "A" 30%**

**ANEXO 12**

**Gráfica de velocidad de endurecimiento de la mezcla "B" 35%**

**ANEXO 13**

**Gráfica de velocidad de endurecimiento de la mezcla "B" 20%**

**ANEXO 14**

**Gráfica de velocidad de endurecimiento de la mezcla "B" 30%**

**ANEXO 15**

**Gráfica de velocidad de endurecimiento de la mezcla "C" 35%**

**ANEXO 16**

**Gráfica de velocidad de endurecimiento de la mezcla "C" 20%**

**ANEXO 17**

**Gráfica de velocidad de endurecimiento de la mezcla "C" 30%**

**ANEXO 18**

**Ensayo de cilindros de la mezcla de control y la mezcla "A" 35%**

**ANEXO 19**

**Ensayo de cilindros de la mezcla "A" 20% y 30%**

**ANEXO 20**

**Ensayo de cilindros de la mezcla "B" 35% y 20%**

**ANEXO 21**

**Ensayo de cilindros de la mezcla "B" 30% y mezcla "C" 35%**

**ANEXO 22**

**Ensayo de cilindros de la mezcla "C" 20% y 30%**

**ANEXO 23**

**Gràfica de esfuerzo vrs edad de la mezcla de control**

**ANEXO 24**

**Gràfica de esfuerzo vrs edad de la mezcla "A" 35%**

**ANEXO 25**

**Gràfica de esfuerzo vrs edad de la mezcla "A" 20%**

**ANEXO 26**

**Gràfica de esfuerzo vrs edad de la mezcla "A" 30%**

**ANEXO 27**

**Gràfica de esfuerzo vrs edad de la mezcla "B" 35%**

**ANEXO 28**

**Gràfica de esfuerzo vrs edad de la mezcla "B" 20%**

**ANEXO 29**

**Gràfica de esfuerzo vrs edad de la mezcla "B" 30%**

**ANEXO 30**

**Gràfica de esfuerzo vrs edad de la mezcla "C" 35%**

**ANEXO 31**

**Gràfica de esfuerzo vrs edad de la mezcla "C" 20%**

**ANEXO 32**

**Gràfica de esfuerzo vrs edad de la mezcla "C" 30%**

## GLOSARIO

1. ADMIXTURA ( aditivo):

Se define como “cualquier material que no sea agua, agregado o cemento portland”, que forme parte del concreto.

2. AGREGADO FINO:

Arena, material que pasa por el tamiz de 6.35 mm.

3. AGREGADO GRUESO:

Se clasifica como tal, si el tamaño más pequeño de la partícula es mayor a ¼” (6.35 mm) y el tamaño máximo está limitado a condiciones de trabajabilidad y adecuada colocación y no mayor a 2 ½”.

4. CENIZA VOLCÁNICA:

Material de grano muy fino, producto de erupciones volcánicas.

5. CONCRETO:

Es una mezcla de agua, cemento, agregados y admixturas (si se incluyen).

6. CURADO:

Es el control de humedad y temperatura; durante un lapso determinado a partir de la iniciación del fraguado para que el concreto adquiera la resistencia requerida.

10. FLY ASH:

Son conocidas como cenizas volantes.

8. PESO ESPECÍFICO:

Es la relación entre el peso de un volumen determinado de cierto material y el de un volumen igual de agua destilada a 20° centígrados.

#### 9. SANGRADO:

Durante la compactación y hasta que la parte de cemento ha endurecido hay una natural tendencia de las partículas sólidas, dependiendo del tamaño y gravedad específica, a exhibir un movimiento hacia abajo; y parte del agua es parcialmente desplazada y emigra a la superficie.

#### 10. TRABAJABILIDAD:

Significa la facilidad con la cual una mezcla de concreto puede ser maniobrada desde el mezclado hasta su colocación, compactado final y con la forma deseada.

## **HIPÓTESIS**

Las cenizas volcánicas y tierra diatomea, son abundantes en el medio y poseen propiedades puzolánicas; pueden ser utilizadas como admixturas (aditivos) minerales en mezclas de concreto de cemento portland.



## JUSTIFICACIÓN

En la ingeniería de la construcción el uso de cemento portland tiene un papel definido como material cementante. Esta clase de cemento puede ser utilizado en aplicaciones de baja y alta resistencia.

La adición de determinados porcentajes (20%, 30% y 35%) de admixturas minerales (cenizas volcánicas y tierra diatomea), en sustitución de cemento en mezclas de concreto de cemento portland, puede dar ciertas características deseables que no se alcanzan por otros métodos, o por lo menos en forma económica. En cuanto a economía se refiere en Guatemala se cuenta con material de origen volcánico en forma abundante, caracterizado por propiedades puzolánicas.

El empleo de admixturas minerales se justifica en ciertos casos por su economía, pero en general, el propósito de su uso es averiguar las propiedades técnicas que le proporciona al concreto fresco y endurecido.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL:**

1. Determinar las características principales de los cilindros elaborados de mezcla de concreto de cemento portland con la adición de admixturas minerales tales como: CENIZAS VOLCÁNICAS Y TIERRA DIATOMÁCEAS.

### **ESPECÍFICOS:**

1. Estudiar las diferentes mezclas de concreto de cemento portland a las cuales les fueron agregadas diferentes porcentajes de admixturas minerlales (20%, 30% y 35%) en sustitución de cemento portland, para con ello establecer el porcentaje adecuado.
2. Determinar si la adición de admixturas minerales en las mezclas de concreto actúan como acelerantes o retardantes del endurecimiento (fraguado) del concreto.
3. Determinar si la resistencia a compresión de los cilindros de prueba aumenta o disminuye con la adición de los diferentes porcentajes de admixtuas minerales en las mezclas de concreto.
4. Determinar la trabajabilidad que le proporciona la adición de admixtura mineral a las mezclas de concreto de cemento portland.

## INTRODUCCIÓN

Una admixtura (aditivo) se define como “cualquier material que no sea agua, agregado o cemento portland” que se usa como un ingrediente del concreto y que se añade a la revoltura antes o durante su mezclado.

El uso adecuado de una admixtura puede impartir ciertas características deseables que no se alcanzarían por otros métodos, o por lo menos en forma económica.

Las admixturas minerales para ser utilizadas deben cumplir con las especificaciones aplicables de la American Society for Testing Materials u otras, cuando se use cualquier aditivo debe tomarse especial cuidado en las recomendaciones proporcionadas por el fabricante del producto.

Muchas admixturas afectan en más de una propiedad al concreto, algunas veces afectan las propiedades en forma adversa. El uso óptimo de ciertas admixturas puede requerir volver a dosificar la mezcla de concreto. Los efectos específicos de una admixtura pueden depender de un número de variables, tales como, el tipo y la cantidad de admixtura, la composición de compuesto, el contenido de yeso, el tipo, su fabricación y cantidad de cemento, factores que influyen en la cinemática de la hidratación, el tiempo que transcurra durante la adición de la admixtura a la mezcla fresca. Por consiguiente, una admixtura debe emplearse sólo después que se ha hecho una evaluación adecuada de sus efectos, si su uso es necesario en el concreto en particular y bajo las condiciones para las que se pretende.

Las admixturas minerales pueden ser materiales naturalmente formados, o sustancias minerales formadas artificialmente. Se clasifican en tres tipos: (a) aquellas que son químicamente inertes relativamente, tales como el cuarzo molido, la piedra caliza molido, la bentonita, la cal hidratada, el talco, etc.; (b) aquellas que son puzolánicas, como lo son las cenizas volantes, el vidrio volcánico, las tierras diatomáceas, algunas pizarras o arcillas, etc.; (c) aquellas que son cementantes, tales como, los cementos naturales, las cales hidráulicas y los cementos de escoria.

El estudio se realiza con el objeto de conocer el comportamiento de una mezcla de concreto al agregarle cierto porcentaje (20%, 30% y 35%) de admixtura mineral (cenizas volcánicas y tierras diatomáceas) en sustitución de cemento.

Los factores investigados fueron: velocidad de endurecimiento, trabajabilidad, resistencia a compresión; se elaboraron diez diferentes mezclas; se hizo una mezcla de control (no se le agregó ningún tipo de admixtura mineral), con el fin de comparar las características y comportamiento de las otras nueve mezclas restantes, a las cuales les fueron agregadas determinados porcentajes de admixturas minerales (cenizas volcánicas y tierra diatomeas) en sustitución de cemento de la mezcla de control.

Para cada una de estas mezclas se elaboraron 12 cilindros para la prueba de compresión y una viga para realizar la prueba de velocidad de endurecimiento (fraguado) de la mezcla de concreto. Los cilindros fueron ensayados en la Sección de Concretos del Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a diferentes edades (7, 14, 28, y 56 días) respectivamente.

El trabajo se llevó a cabo en dos fases: el marco teórico, en el cual se presentan los diferentes tipos de admixtura utilizadas en las mezclas de concreto. La segunda la constituye un trabajo experimental, en el cual se realizaron las pruebas para determinar la trabajabilidad, velocidad de endurecimiento, peso específico, agua de exudación y resistencia a compresión de cada una de las mezclas elaboradas.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1. TEORÍA DE ADMIXTURAS

### 1.1 DEFINICIÓN

Una admixtura (aditivo) se define como “cualquier material que no sea agua, agregados, o cemento Portland (incluyendo el cemento Portland incluso de aire y al cemento Portland de alto horno), que se usa como un ingrediente del concreto y que se añade a la revoltura inmediatamente antes o durante su mezclado”.

### 1.2 ASPECTOS ECONÓMICOS DEL USO DE ADMIXTURAS

El uso de una admixtura puede aumentar o disminuir el costo del concreto. El efecto de una admixtura puede dar ciertas características deseables que no se alcanzarían por otros métodos, o por lo menos en forma económica.

Evaluando una admixtura, su efecto sobre el volumen dado de una hornada puede observarse, si agregando la admixtura el volumen cambia, cuando es con frecuencia el caso, el cambio en las propiedades del concreto, puede ser debido no solo a efectos directos de la admixtura, sino, también a los cambios de las cantidades (por unidad de volumen) de los ingredientes originales. La admixtura puede ser considerada eficaz cuando reemplace cualquiera de las partes de la mezcla original de la cual los ingredientes básicos son: cemento, agregados y agua.

Frecuentemente una admixtura permite los usos de menor costo de métodos de construcción. Por ejemplo un nuevo y económico diseño de unidades estructurales puede ser usado con una admixtura retardante que permite colocar el concreto por encima de períodos prolongados, en unidades homogéneas de gran tamaño y volumen grande.

El uso de admixturas de contenido de aire y reducción de agua comúnmente hacen posible lograr las propiedades físicas requeridas del concreto ligero en reducir unidades de peso.

La evaluación del costo de alguna admixtura dada puede basarse en los resultados obtenidos en el concreto particular en cuestión, bajo condiciones simuladas respecto aquellas en el trabajo. Esto es sumamente deseable desde que los resultados obtenidos son influenciados por un importante grado, para las características del cemento, agregados y sus relativas proporciones, además de su temperatura, humedad y curado.

### 1.3 ADITIVOS MINERALES FINAMENTE DIVIDIDOS

#### 1.3.1 TIPOS DE MATERIALES FINAMENTE DIVIDIDOS

##### - **Materiales relativamente inertes químicamente**

Este tipo incluye materiales tales como: cuarzo molido, caliza molido, bentonita, cal hidratada y talco.

##### - **Materiales cementantes**

Los materiales cementantes comprenden cementos naturales, cales hidráulicas, cementos de escoria (mezclas de escoria de altos hornos y calizas) y escoria granulada de alto horno.

##### - **Puzolanas**

Una puzolana se define, según la ASTM C219, como un material "silicioso o silicoso y aluminoso que de por sí posee poco o ningún valor cementante, pero que cuando está molido finamente y en presencia de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio, a temperatura ordinaria, para formar compuestos con propiedades cementantes". "Fly ash" (cenizas volantes), vidrio volcánico, tierra diatomácea y algunos equistos o arcillas, ya sean tratados térmicamente o tal como aparecen, son ejemplos de materiales puzolánicos.

### 1.3.2 EFECTOS EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO

#### 1.3.2.1 CONCRETO FRESCO

##### - **Efecto en la resistencia**

El efecto de un aditivo mineral en la resistencia del concreto varía notablemente con las propiedades del aditivo y con las características de la mezcla de concreto en la que se usa. Por ejemplo, los materiales relativamente inertes químicamente, generalmente aumentan la resistencia de mezclas pobres y decrecen la resistencia de mezclas ricas. Por otra parte los materiales cementantes y las puzolanas contribuyen a dar resistencia no solo por sus características físicas sino también por su composición química.

Para lograr resultados satisfactorios y un proporcionamiento adecuado de concreto es importante saber qué uso se le va a dar al concreto, condiciones probables en el momento

de la colocación y la naturaleza de la admixtura que se propone usar. Por ejemplo, cuando se usa "Fly ash" como parte del material cementante, el tiempo de curado deberá ser más largo para lograr una resistencia igual a la del concreto con igual contenido de cemento portland solo. Para obtener aproximadamente igual resistencia a la compresión a edades tempranas entre 3 y 28 días, las mezclas de concreto hechas con "Fly ash" deben tener un peso total de cemento portland y "Fly ash" mayor que el peso de cemento usado en concreto similar sin "Fly ash". Esta última mezcla deberá, sin embargo, contener 55.7 kg/m<sup>3</sup> más de cemento (de tres cuartos a un saco más de cemento por yarda cúbica de concreto).

#### **- Efectos en la resistencia a sulfatos**

El uso de aditivos puzolánicos con cemento portland en el concreto, generalmente aumenta la resistencia al ataque agresivo del agua de mar, a los sulfatos solubles en el suelo y aguas naturales ácidas. La mejoría relativa es mayor en concreto con bajos contenidos de cemento. El uso de una puzolana con cemento portland resistente a los sulfatos, puede no aumentar la resistencia a sulfatos y si están presentes en la puzolana compuestos aluminosos químicamente activos, probablemente resulte una reducción considerable en la resistencia del concreto a los sulfatos. Kikeou informa de un aumento considerable de resistencia a los sulfatos del concreto con "Fly ash", sin tener en cuenta el tipo de cemento usado. La efectividad del "Fly ash" para mejorar la resistencia del concreto a los sulfatos, aumenta cuando se incrementa la severidad de la explosión a los sulfatos.

#### **- Efecto en el aumento de la temperatura**

Para un contenido fijo de cemento, el uso de materiales químicamente inertes tiene poco o ningún efecto en la elevación de la temperatura del concreto en el lugar del colado. Aunque algunos aditivos cementantes en presencia de cal y álcalis, producen menor calor de hidratación que el cemento portland, puede aumentarse la temperatura del concreto si se usan estos aditivos en cantidad suficiente. Sin embargo, se ha establecido plenamente que en concreto masivo, de contenido muy bajo de cemento, la elevación de temperatura del concreto que contiene materiales cementantes o aditivos puzolánicos, es generalmente



menor que la de concretos similares conteniendo solamente cemento portland como material cementante.

- **Efecto en la expansión causada por la relación álcalis-sílice**

Se ha informado que casi todas las puzolanas, cuando se usan en cantidad suficiente, son capaces de evitar la expansión excesiva resultante de la reacción álcalis-sílice. Sin embargo, el uso de una proporción muy pequeña de puzolana puede realmente aumentar los efectos perjudiciales de la reacción álcalis-sílice. Se informa que los siguientes porcentajes de remplazo de cemento por aditivos minerales finamente divididos (por volumen absoluto), ofrecen protección contra la expansión excesiva causada por esta reacción.

- a. Arcillas calcinadas: 19-29%
- b. Vidrios volcánicos: 32-36%
- c. Escoria de alto horno molida y "Fly ash": 39-45%

## 2. MARCO EXPERIMENTAL

## 2.1 METODOLOGÍA

El objeto de este trabajo fue comprobar qué tipo de características le proporciona a las mezclas de concreto la adición de admixturas minerales (cenizas volcánicas y tierra diatomea).

Para ello se elaboraron 10 mezclas las cuales quedaron distribuidas de la siguiente forma:

a) Mezcla de Control: esta mezcla sirvió de base para compararla con las 9 restantes, a las cuales se les agregará admixtura mineral.

b) Mezcla "A" Ceniza Volcánica (rosada); la cual quedó distribuida de la siguiente manera:

- Mezcla "A" 35%
- Mezcla "A" 20%
- Mezcla "A" 30%

En esta mezcla cada uno de los porcentajes mencionados anteriormente será agregado en sustitución de cemento de la mezcla de control; lo mismo para las 6 mezclas restantes.

c) Mezcla "B" Ceniza Volcánica (blanca); quedó distribuida de la siguiente manera:

- Mezcla "B" 35%
- Mezcla "B" 20%
- Mezcla "B" 30%

d) Mezcla "C" Tierra Diatomea; quedó distribuida de la siguiente manera:

- Mezcla "C" 35%
- Mezcla "C" 20%
- Mezcla "C" 30%

A cada una de estas mezclas se les realizan varias pruebas, las cuales son:

- Trabajabilidad
- Velocidad de Endurecimiento
- Agua de Exudación (sangrado)
- Resistencia a Compresión

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

- Análisis del pedrín

En Guatemala, dada su geografía, cuenta con una gran variedad de rocas las cuales pueden ser trituradas y aprovechadas en la elaboración de concreto.

Se tomó una muestra de pedrín, la cual fue llevada al Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para su posterior análisis, los resultados del análisis fueron :

Peso específico	2.35 g/cc
Peso unitario	1543 kg/m <sup>3</sup>
% de vacíos	34.34
% de absorción	1.36

- Análisis de la arena de río

Los resultados obtenidos de la arena de río en el laboratorio fueron:

Peso específico	2.48 g/cc
Peso unitario	1533 kg/m <sup>3</sup>
% de vacíos	38.19
% de absorción	0.14
Contenido de materia orgánica	No 3
% retenido en tamiz 6.35 mm	5.41
% que pasa tamiz 200	8.56

### **2.3 PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA**

Las técnicas de proporcionamiento que incluyen el uso de admixturas minerales no son diferentes básicamente de las usadas en el proporcionamiento del concreto que no incluye esos aditivos (ver referencia 5). Algunas admixturas minerales se usan en cantidades tan pequeñas que puede ignorarse su volumen con seguridad. Sin embargo, cuando se usan admixturas minerales en proporciones importantes, tal como ocurre con las puzolanas y otros minerales cementantes, su volumen absoluto debe ser tomado en consideración en los cálculos de proporcionamiento. Ya que las admixturas minerales son habitualmente tan finas o más que el cemento portland, deben ser consideradas usualmente, como parte de la pasta de cemento para determinar los porcentajes de agregado fino y grueso.

Debe conocerse el efecto de la admixtura con relación a la cantidad de agua del mezclado. Algunas admixturas minerales originan un aumento en los requerimientos de agua; otras admixturas de este tipo tienen poco o ningún efecto en los requerimientos de agua, mientras que otras admixturas reducen la cantidad de agua del concreto. Las admixturas cementantes y las puzolanas, no solamente afectan la cantidad de agua en el concreto y por tanto el contenido de cemento sino que, sus propiedades, son frecuentemente consideradas como parte del material cementante. Se usan principalmente entre 15 y 35% por peso del total del cementante del concreto, dependiendo del fin para que se usará el concreto y de las especificaciones para la obra.

### **MEZCLA DE CONTROL**

Para esta mezcla la proporción utilizada fue 1:2:3; con una relación de agua/cemento (A/C) de 0.5, de modo que se tiene una parte de cemento, 2 de arena y 3 de piedrin, en peso.

La mezcla de control no contiene ninguna admixtura mineral (cenizas volcánicas y tierra diatomeas) ya que sirvió de base para compararla con las 9 mezclas restantes, a las cuales se les sustituyó cemento en diferentes porcentajes (20, 30 y 35%) por una admixtura mineral y con ello comparar los resultados de velocidad de endurecimiento, agua de exudación, trabajabilidad y resistencia a compresión, este último aspecto se comprobó haciendo ensayos a diferentes edades (7, 14, 28 y 56 días, respectivamente).

Para esto se elaboraron 12 cilindros, de diámetro de 6 pulgadas y longitud 15 pulgadas, para realizar los ensayos de compresión; además se elaboró una viga de 6" por 6" por 20" de longitud, esta viga se fundió con concreto colado en tamiz No. 4, para así de esta forma realizar los ensayos de velocidad de endurecimiento (fraguado) del concreto, de acuerdo a la especificación ASTM C403.

Las cantidades de materiales utilizadas en esta mezcla fueron:

Cemento	45.15 kg.
Piedrín	99.51 kg.
Arena	84.17 kg.
Agua	27 kg.

Datos de la mezcla

Temperatura del concreto	19° C
Temperatura ambiente	22° C
Asentamiento	9 cm.
Peso Volumétrico	2345.32 kg/m <sup>3</sup>

### **MEZCLA "A" CENIZA VOLCÁNICA (rosada)**

Se utilizaron 3 porcentajes de admixtura mineral (20, 30 y 35%), en sustitución de cemento de la mezcla de control.

- Mezcla "A" 35%

En esta mezcla se utilizó 35% de admixtura mineral en sustitución de cemento de la mezcla de control. La mezcla "A" no fue trabajable con la cantidad de agua calculada para la mezcla de control, por tal motivo fue necesario agregarle 3.88 litros más de agua. De esta mezcla se elaboraron 12 cilindros y una viga para los respectivos ensayos.

Las cantidades de materiales utilizadas para la elaboración de esta mezcla fueron:

Cemento	29.15 kg.
---------	-----------

Piedrin	99.51 kg.
Arena	84.77 kg.
Admixtura	15.8 kg.
Agua	30.88 kg.

#### Datos de la mezcla

Temperatura ambiente	21.5° C
Temperatura del concreto	17° C
Asentamiento	11 cm.
Peso volumétrico	2077.92 kg/m <sup>3</sup>

- MEZCLA "A" 20%

Para esta mezcla se utilizó 20% de admixtura mineral, para que esta mezcla fuera trabajable fue necesario agregarle 2.13 litros más de agua. De esta mezcla se elaboraron 12 cilindros y una viga. Las cantidades de materiales utilizadas fueron:

Cemento	36.12 kg.
Piedrin	99.51 kg.
Arena	84.77 kg.
Admixtura	9.03 kg.
Agua	29.13 kg.

#### Datos de la mezcla

Temperatura ambiente	22°C
Temperatura concreto	20°C
Asentamiento	12 cm.
Peso volumétrico	2222.22 kg/m <sup>3</sup>

- **MEZCLA "A" 30%**

En esta mezcla se utilizó 30% de admixtura mineral. Para que la mezcla fuera trabajable fue necesario agregarle 2.35 litros más de agua. Las cantidades de materiales utilizadas para la elaboración de 12 cilindros y una viga fueron:

Cemento	31.6 kg.
Piedrín	99.51 kg.
Arena	84.77 kg.
Admixtura	13.55 kg.
Agua	29.35 kg.

**Datos de la mezcla**

Temperatura ambiente	21.5°C
Temperatura concreto	18°C
Asentamiento	9.5 cm.
Peso volumétrico	2179.94 kg/m <sup>3</sup>

**MEZCLA "B" CENIZA VOLCÁNICA (blanca)**

Se utilizó la misma cantidad de admixtura mineral que la utilizada en la mezcla "A".

- **MEZCLA "B" 35%**

Se utilizó 35% de admixtura mineral en sustitución de cemento de la mezcla de control. Se elaboraron 12 cilindros para realizar las pruebas a compresión a las diferentes edades ya mencionadas anteriormente, además se elaboró una viga para conocer la velocidad de endurecimiento del concreto. Esta mezcla utilizó 1.4 litros más de agua para que fuera trabajable, pero en relación a la mezcla "A" con el mismo porcentaje de admixtura mineral, utilizó menor cantidad de agua. La mezcla colada para la elaboración de la viga se mostró más arenosa. Las cantidades de materiales utilizadas fueron:



Cemento	29.35 kg.
Piedrin	99.51 kg.
Arena	84.77 kg.
Admixtura	15.80 kg.
Agua	28.40 kg.

#### Datos de la mezcla

Temperatura ambiente	22°C
Temperatura concreto	18°C
Asentamiento	8 cm.
Peso volumétrico	2308.80 kg/m <sup>3</sup>

- MEZCLA "B" 20%

Esta mezcla utilizó 20% de admixtura mineral en relación a la cantidad de cemento de la mezcla de control. A esta mezcla hubo necesidad de agregarle 1.25 litros más de agua para que fuera trabajable. Las cantidades de materiales necesaria para la elaboración de los cilindros y la viga fueron:

Cemento	36.12 kg.
Piedrin	99.51 kg.
Arena	84.77 kg.
Admixtura	9.03 kg.
Agua	28.25 kg.

#### Datos de la mezcla

Temperatura ambiente	21.5°C
Temperatura concreto	17°C
Asentamiento	15 cm.
Peso volumétrico	2279.94 kg/m <sup>3</sup>

- **MEZCLA "B" 30%**

30% de admixtura mineral fue sustituida de la cantidad de cemento original de la mezcla de control. La mezcla fue más trabajable con esta clase de aditivo ya que utilizò menor cantidad de agua, solo hubo necesidad de agregarle 0.46 litros mas de agua. Las cantidades de materiales utilizadas para la elaboración de los cilindros y la viga fueron:

Cemento	31.6 kg.
Piedrin	99.51 kg.
Arena	84.77 kg.
Admixtura	13.55 kg.
Agua	27.46 kg.

**Datos de la mezcla**

Temperatura ambiente	21.5°C
Temperatura concreto	19°C
Asentamiento	8.5 cm.
Peso volumétrico	2380.80 kg/m <sup>3</sup>

### **MEZCLA "C" TIERRA DIATOMEAS**

- **MEZCLA "C" 35%**

La mezcla utilizò 35% de tierra diatomàcea en sustitución de la cantidad de cemento de la mezcla de control. La mezcla con tierra diatomàceas utilizò mayor cantidad de agua que las mezclas que contenian cenizas volcánicas. Las cantidades de materiales utilizadas para la elaboración de los cilindros y la viga fueron:

Cemento	29.35 kg.
Piedrin	99.51 kg.
Arena	84.77 kg.
Admixtura	15.80 kg.
Agua	32 kg.

#### Datos de la mezcla

Temperatura ambiente	23°C
Temperatura concreto	20°C
Asentamiento	7 cm.
Peso volumétrico	2236.20 kg/m <sup>3</sup>

- MEZCLA "C" 20%

La mezcla con 20% de tierra diatomea utilizò menor cantidad de agua para que fuera trabajable, esto debido a que los materiales se humedecieron con el agua de lluvia. Se elaboraron 12 cilindros y 1 viga, las cantidades de materiales utilizadas fueron:

Cemento	36.12 kg.
Piedrin	99.51 kg.
Arena	84.77 kg.
Admixtura	9.03 kg.
Agua	25.50 kg.

#### Datos de la mezcla

Temperatura ambiente	21°C
Temperatura concreto	19°C
Asentamiento	12.5 cm.
Peso volumétrico	2279.94 kg/m <sup>3</sup>

- MEZCLA "C" 30%

La cantidad de materiales utilizada para la elaboración de los cilindros y la viga de la mezcla "C" con 30% de admixtura, es menor debido a que solo se elaboraron 5 cilindros y una viga. La cantidad de agua calculada para elaborar la mezcla fue 11.7 litros, pero hubo necesidad de agregarle 4 litros más para que fuera trabajable. Los materiales utilizados fueron:

Cemento	16.33 kg.
Piedrin	51.40 kg.
Arena	43.76 kg.
Admixtura	7 kg.
Agua	15.70 kg.

#### Datos de la mezcla

Temperatura ambiente	22°C
Temperatura concreto	19°C
Asentamiento	6 cm.
Peso volumétrico	2236.65 kg/m <sup>3</sup>

## 2.4 ENSAYOS REALIZADOS

### 2.4.1 CONCRETO FRESCO (ver referencia 3)

- **TRABAJABILIDAD**

Esto significa la facilidad con la cual una mezcla de concreto puede ser maniobrada desde el mezclado hasta su colocación compacta final y con la forma deseada. La trabajabilidad de las mezclas se midió a través del cono de Abrahams (asentamiento).

Para la prueba de asentamiento (ASTM C 143), humedecer el molde y colocarlo sobre una superficie plana no absorbente. El cono será agarrado firmemente, durante el llenado, por el operador parado sobre las dos piezas de pie. Inmediatamente se llene el molde en 3 capas, cada una aproximadamente igual a 1/3 del volumen del molde, a cada capa hay que apisonarla 25 veces con una varilla de apisonamiento (ver referencia 2).

- **VELOCIDAD DE ENDURECIMIENTO (fraguado)**

Este método de ensayo (ASTM C403) cubre la deformación del concreto durante el tiempo de fraguado, con asentamiento mayor que cero, por medio de medidas de la resistencia a penetración en morteros tamizados de la mezcla de concreto.

Una muestra de mortero es obtenida por medio de tamizar una muestra representativa de concreto fresco. El mortero es colocado en un recipiente y almacenado a una temperatura ambiente especificada. A intervalos de tiempo regular, la resistencia del mortero a penetración es medida por agujas estándar. Para un trazo de resistencia de penetración versus tiempo transcurrido, los tiempos de fraguado inicial y final son determinados.

- a) TIEMPO INICIAL DE FRAGUADO: el tiempo transcurrido, después del contacto inicial del cemento y agua, requerido para los morteros tamizados del concreto para alcanzar una resistencia de penetración de 500 psi (3.5 Mpa).
- b) TIEMPO FINAL DE FRAGUADO: es el tiempo requerido después del contacto inicial del cemento y agua, para que los morteros tamizados del concreto alcancen una resistencia de penetración de 4000 psi (27.6 Mpa).

Este método de ensayo puede ser usado para determinar los efectos variables, tal como marca, tipo y contenido de materiales cementantes, contenido de agua y materiales inertes, sobre el tiempo de fraguado del concreto.

## **APARATOS**

### **1. CONTENEDORES PARA EL ESPÉCIMEN DE ENSAYO**

Los contenedores tienen que ser rígidos, herméticos, no absorbentes, no aceitosos y de sección cilíndrica o rectangular. La mínima dimensión lateral debe ser 6 pulgadas (152mm) y la altura a lo menos 6 pulgadas.

### **2. APARATOS PARA LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN**

Los aparatos de resistencia a la penetración deberán tener un tipo de reacción elástica graduada de 10 a 130 libras fuerza (45 a 580 N), en incrementos de 2 libras fuerza (670 a 890 N) en capacidad, graduada en incremento de 2 libras o menos. La indicación de carga de las actuales agujas de estos aparatos debe ser exacto a 2 libras. Agujas removibles

de la siguiente relación de áreas serán proporcionadas: 1, ½, ¼, 1/10, 1/20 y 1/40 de pulgada cuadrada (645, 323, 161, 65, 32 y 16 mm<sup>2</sup>). El largo de la aguja de 1/40 de pulgada cuadrada (16mm<sup>2</sup>) no debe ser más de 3 ½ pulgadas (89mm) para minimizar dobleces.

### 3. VARILLA DE APISONAMIENTO

La varilla de apisonamiento deberá ser redonda, recta, de acero, de 5/8 de pulgada (16mm) de diámetro y aproximadamente 24 pulgadas (610mm) la longitud.

### 4. PIPETA

Una pipeta u otro conveniente instrumento puede ser usado para el trazo de la extracción del agua de la superficie del espécimen de ensayo.

### 5. TERMÓMETRO

El termómetro debe ser capaz de medir la temperatura del mortero fresco a más o menos 1° F (0.5°C).

## PROCEDIMIENTO

Obtener una muestra representativa de concreto fresco en concordancia con ASTM C 172. Determinar y medir el asentamiento (método de ensayo C 143, referencia 2).

Para mezcla de concreto bajo ensayo seleccione una muestra representativa de concreto de suficiente volumen para proporcionar suficiente mortero para llenar el recipiente (contenedor) de ensayo o recipientes, a una profundidad de por lo menos 5 ½ pulgadas (140mm).

Remover inicialmente todo el mortero para la muestra de concreto, tamizándolo en un tamiz No. 4 (4.75mm), en una superficie no absorbente.

Se vuelve a mezclar completamente el mortero por métodos manuales sobre la superficie no absorbente. Medir y escribir las temperatura del mortero, colocar el mortero en el recipiente (contenedor) y compactar por apisonamiento, distribuir los golpes uniformemente encima de la sección transversal del espécimen. Después de terminar la operación de apisonado, golpear los lados del contenedor, ligeramente con la varilla de

apisonamiento, para cerrar los vacíos de la varilla de apisonamiento y para nivelar de nuevo la superficie del espécimen. Después de terminada la operación, la superficie del mortero deberá estar por lo menos  $\frac{1}{2}$  pulgada (13mm) debajo de la orilla superior del contenedor para la recolección y remoción del agua sangrada y para evitar contacto entre la superficie del mortero y la cobertura especificada más adelante.

La temperatura de almacenaje para especímenes estará dentro de un rango de 20 a 25°C o la especificada por el usuario.

Medir y anotar la temperatura ambiente del aire, al principio y al final del ensayo, para prevenir excesiva evaporación de la muestra, hay que guardar los especímenes cubriéndolos con un material conveniente, como una cubierta impermeable, durante la duración del ensayo, excepto cuando la exudación (sangrado) está siendo removida o los ensayos de penetración están siendo hechos.

Para realizar la prueba de penetración coloque una aguja de tamaño apropiado, dependiendo del grado de fraguado del mortero, gradualmente y uniformemente aplicar una fuerza vertical hacia abajo hasta que la aguja penetre el mortero una profundidad de  $1 \pm 1/16$  de pulgada ( $25 \pm 1.5$ mm), como lo describe la raya de la marca, el tiempo requerido para penetrar 1 pulgada de profundidad será de  $10 \pm 2$  segundos. Anotar la fuerza requerida para producir 1 pulgada (25mm) de penetración y el tiempo de aplicación, medir el tiempo transcurrido después del contacto inicial del cemento y agua. Calcular la resistencia de penetración dividiendo la fuerza anotada por la relación de área de la aguja y escribir la resistencia a penetración. En los subsiguientes ensayos de penetración tener cuidado para evitar áreas donde el mortero ha sido destruido por previos ensayos. La distancia de limpieza entre impresiones de agujas debe ser por lo menos 2 diámetros de la aguja usada, pero no menor que  $\frac{1}{2}$  pulgada (13mm). La distancia de limpieza entre la impresión de algunas agujas y el lado del contenedor no debe ser menor que 1 pulgada (25mm). El tiempo transcurrido entre cada una de las pruebas del ensayo de penetración fue de  $\frac{1}{2}$  hora, esto se realizó hasta que la aguja de menor diámetro ( $1/40''$ ) no penetrara una profundidad de 1 pulgada.

Con los datos obtenidos prepare una gráfica de resistencia a penetración, como ordenada versus tiempo transcurrido, como abcisa, usando una escala similar a 500 psi (3.5 Mpa).

- **AGUA DE EXUDACIÓN (sangrado)**

Remover el agua sangrada desde la superficie de los especímenes del mortero después de hacer la prueba de penetración, esto se realiza con una pipeta u otro instrumento exacto.

Para facilitar la acumulación del agua sangrada debe inclinarse el espécimen cuidadosamente a un ángulo cerca de 10° desde la horizontal, colocando un block debajo de un lado durante 2 minutos antes de remover el agua sangrada (ver referencia 6).

## **2.4.2 CONCRETO ENDURECIDO**

- **ENSAYO A COMPRESIÓN**

Para llevar a cabo este ensayo se elaboraron 12 cilindros de cada una de las 10 mezclas realizadas. Los especímenes para las pruebas de resistencia a compresión deben ser hechos y curados de acuerdo con el método de manufactura de especímenes de concreto (ASTM C31), hasta el día que toque su ensayo, 3 cilindros fueron ensayados para cada una de las diferentes edades (7,14, 28 y 56 días). Los ensayos fueron realizados en la Sección de Concretos del Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La resistencia a compresión determina la calidad del concreto (ver referencia 7), los cilindros fueron identificados y nivelados en el laboratorio para su posterior ensayo, se tomó en cuenta el diámetro y peso de cada cilindro, después de esto se llevaron los cilindros a la máquina y se procedió a aplicarles carga a compresión, esto da como resultado las cargas últimas a compresión de los cilindros, las cuales se pueden ver en los anexos. El área de los cilindros se calculó con la fórmula del área del círculo ( $\pi \cdot r^2$ ), al tener la carga en kilogramos fuerza (kgf) y el área en centímetros cuadrados (cms<sup>2</sup>), se calculó el esfuerzo, dividiendo la carga entre el área.

## **2.5 RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS**

A continuación las tablas proporcionadas por la Sección de Concretos, del Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en las cuales se muestran los datos obtenidos en las pruebas. Para observar los resultados de cada una de



las mezclas se pueden consultar los anexos, en los cuales se presentan los promedios para cada edad de las mezclas.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

# RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA, 07 DE AGOSTO DE 1998 INFORME No. S. 414

INTERESADO ALEX ORLANDO QUENA

PROYECTO TESIS

No. OBRA	No. CILINDRO	LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm.	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg.	MEDIDAS en cm.	RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
1	---	---	13-05-98	7	---	---	---	---	11.2	15.2 x 30.48	357.47	0.1. No. 010416
2	---	---	"	"	---	---	"	---	11.2	15.2 x 30.48	377.98	
3	---	---	"	"	---	---	"	---	11.2	15.2 x 30.48	393.36	
4	---	---	"	14	---	---	"	---	11.2	15.2 x 30.48	371.21	
5	---	---	"	"	---	---	"	---	11.2	15.2 x 30.48	341.46	
6	---	---	"	"	---	---	"	---	11.2	15.2 x 30.48	308.39	
7	---	---	"	28	---	---	"	---	10.6	15.2 x 30.48	330.53	
8	---	---	"	"	---	---	"	---	11.6	15.2 x 30.48	329.96	
9	---	---	"	"	---	---	"	---	11.8	15.1 x 30.48	353.34	
10	---	---	"	56	---	---	"	---	11.2	15.2 x 30.48	375.74	
11	---	---	"	"	---	---	"	---	11.2	15.2 x 30.48	383.26	
12	---	---	"	"	---	---	"	---	11.2	15.2 x 30.48	313.12	
4	---	---	14-05-98	---	---	---	MEZCLA 1:1.5:3.5	---	10.6	15.2 x 30.48	124.98	

Vo. Bo.    
 Ing. Cesar A. Garcia Guerra   
 Director C.I.I.

DIRECCION   
 DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA

Ing. Erik Rosales Torres   
 Jefe Seccion Concreto

**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**   
 FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS   
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12   
 GUATEMALA, C.A.



# RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA, 07 DE AGOSTO DE 1998 INFORME No. S.C. 414

INTERESADO ALEX ORLANDO OCAÑA

PROYECTO TESIS

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm.	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg.	MEDIDAS en cm.	RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
2	---	14-05-98	---	---	---	MEZCLA "A" 35%	---	10.6	15.2 x 30.48	137.48	C.I. No. 010446
3	---	"	---	---	---	"	---	10.6	15.2 x 30.48	136.24	13.47 Mpa.
4	---	"	---	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	147.45	13.33 Mpa.
5	---	"	---	---	---	"	---	10.8	15.2 x 30.48	151.98	14.53 Mpa.
6	---	"	---	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	160.70	13.19 Mpa.
7	---	"	---	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	153.93	16.92 Mpa.
8	---	"	---	---	---	"	---	11.6	15.2 x 30.48	133.72	15.96 Mpa.
9	---	"	---	---	---	"	---	10.6	15.2 x 30.48	179.98	18.49 Mpa.
10	---	"	---	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	236.11	17.64 Mpa.
11	---	"	---	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	240.48	23.14 Mpa.
12	---	"	---	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	244.23	23.57 Mpa.
1	---	15-05-98	---	---	---	MEZCLA "A" 20%	---	11.0	15.2 x 30.48	182.48	23.93 Mpa.
2	---	"	---	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	182.48	17.88 Mpa.

**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS  
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12  
 GUATEMALA, C.A.

Ing. Cesar A. Garcia Guerra  
Director Q.I.I.

Ing. Erik Rosales Torralba  
Jefe Seccion Concreto.

Vo. Bo. / 1733

# RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

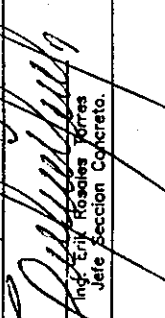
GUATEMALA, 07 DE AGOSTO DE 1998 INFORME No. S.C. 414

INTERESADO ALEX ORLANDO ORRERA

PROYECTO TESIS

No CILINDRO OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm.	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg	MEMBRAS en cm.	RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
3	---	15-05-98	7	---	---	MEZCLA "A" 30%	---	11.0	15.5 x 30.48	168.27	20.93 Mpa.
4	---	"	14	---	---	"	---	11.0	15.3 x 30.48	202.30	19.83 Mpa.
5	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	209.37	20.58 Mpa.
6	---	"	"	---	---	"	---	11.2	15.2 x 30.48	245.75	21.43 Mpa.
7	---	"	22	---	---	"	---	11.0	15.3 x 30.48	187.48	13.57 Mpa.
8	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.5 x 30.48	219.75	21.54 Mpa.
9	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.1 x 30.48	253.29	24.82 Mpa.
10	---	"	56	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	275.53	27.00 Mpa.
11	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.3 x 30.48	290.50	28.47 Mpa.
12	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.3 x 30.48	302.86	29.68 Mpa.
1	---	18-05-98	7	---	---	MEZCLA "A" 30%	---	11.0	15.3 x 30.48	145.56	14.26 Mpa.
2	---	"	"	---	---	"	---	11.2	15.2 x 30.48	156.23	15.31 Mpa.
3	---	"	"	---	---	"	---	11.2	15.2 x 30.48	151.23	14.82 Mpa.

Vo. Bo.

  
 Ing. Cesar A. Garcia Guerra  
 Director C.I.I.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS  
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12  
 GUATEMALA, C.A.



1/1588

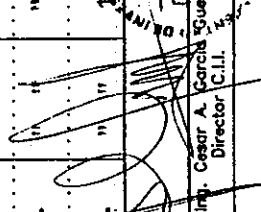
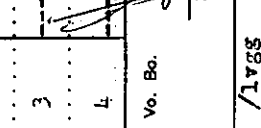
# RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA, 07 DE AGOSTO DE 1998 INFORME No. S.C. 414

INTERESADO ALEX ORLANDO OCAÑA

PROYECTO TESIS

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm.	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg.	MEDIDAS en cm.	RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
4	---	18-05-98	14	---	---	MEZCLA "1" 30%	---	11.0	15.2 x 30.48	187.48	18.37 Mpa.
5	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	188.73	18.49 Mpa.
6	---	"	"	---	---	"	---	10.8	15.2 x 30.48	188.73	18.49 Mpa.
7	---	"	28	---	---	"	---	11.2	15.2 x 30.48	254.97	24.90 Mpa.
8	---	"	"	---	---	"	---	11.2	15.2 x 30.48	241.23	23.64 Mpa.
9	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	357.47	25.23 Mpa.
10	---	"	56	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	278.14	27.26 Mpa.
11	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	296.68	29.09 Mpa.
12	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	302.20	29.62 Mpa.
1	---	19-05-98	7	---	---	MEZCLA "2" 25%	---	11.0	15.2 x 30.48	164.98	16.17 Mpa.
2	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	160.36	15.72 Mpa.
3	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	154.19	15.11 Mpa.
4	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	199.98	19.59 Mpa.

Vo. Bo.  

Ing. Cesar A. Garcia Guerrero Director C.I.I.  
 Ing. Erik Rodas Torres Jefe Sección Concreto.

**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS  
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12  
 GUATEMALA, C.A.

# RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA, 07 DE agosto DE 1998 INFORME No. S.C. 414

INTERESADO ALEX ORLANDO OCAÑA

PROYECTO CONTROL DE CALIDAD

No CILINDRO OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm.	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg.	MEDIDAS en cm.	RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
5	---	19-05-98	14	---	---	MEZCLA "B" 35%	---	11.2	15.2 x 30.48	206.23	S.O.T. No. -010446
6	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	206.23	20.21 Mpa.
7	---	"	28	---	---	"	---	11.0	15.1 x 30.48	266.52	26.12 Mpa.
8	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	251.22	24.62 Mpa.
9	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	249.97	24.50 Mpa.
10	---	"	56	---	---	"	---	11.2	15.3 x 30.48	279.37	27.58 Mpa.
11	---	"	"	---	---	"	---	11.2	15.3 x 30.48	284.32	27.86 Mpa.
12	---	"	"	---	---	"	---	11.2	15.1 x 30.48	266.52	26.12 Mpa.
1	---	20-5-98	7	---	---	MEZCLA "B" 20%	---	11	15.2 x 30.48	168.73	16.54 Mpa.
2	---	"	"	---	---	"	---	10.8	15.3 x 30.48	177.63	17.41 Mpa.
3	---	"	"	---	---	"	---	11.2	15.2 x 30.48	187.48	18.37 Mpa.
4	---	3-6-98	14	---	---	"	---	11	15.10x30.48	215.29	21.10 Mpa.
5	---	"	"	---	---	"	---	11.2	15.2 x 30.48	231.22	22.66 Mpa.

Vo. Bo.    
 Ing. Cesar A. Garcia Guerra, Director C.I.I.   
   
 Ing. Erik Rogales Torres, Jefe Sección Concreto.   
**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**   
 FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS   
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12   
 GUATEMALA, C.A.   


alvrdg

# RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA, 07 DE Agosto DE 1998 INFORME No. S.C. 414

INTERESADO **ALEX ORLANDO OCAÑA**

PROYECTO **CONTROL DE CALIDAD**

No CILINDRO OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm.	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg	MEDIDAS en cm.	RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
6	---	3-6-98	14	---	---	MEZCLA "B" 20%	---	11.2	15.2 x30.48	224.97	22.05 Mpa.
7	---	17-6-98	28	---	---	" "	---	10.8	15.2 x30.48	273.72	26.82 Mpa
8	---	"	"	---	---	" "	---	10.8	15.3 x30.48	234.38	22.97 Mpa.
9	---	"	"	---	---	" "	---	11	15.3 x30.48	259.05	25.38 Mpa.
10	---	15-7-98	56	---	---	" "	---	11.2	15.2 x30.48	319.38	31.30 Mpa.
11	---	"	"	---	---	" "	---	11.2	15.2 x30.48	325.64	31.91 Mpa.
12	---	"	"	---	---	" "	---	11.2	15.2 x30.48	281.81	27.62 Mpa.
1	---	21-5-98	7	---	---	MEZCLA "B" 30%	---	11	15.2 x30.48	165.33	16.20 Mpa.
2	---	"	"	---	---	" "	---	11	15.2 x30.48	150.30	14.73 Mpa.
3	---	"	"	---	---	" "	---	11	15.2 x30.48	169.08	16.57 Mpa.
4	---	4-6-98	14	---	---	" "	---	11	15.2 x30.48	194.13	19.03 Mpa.
5	---	"	"	---	---	" "	---	11.2	15.2 x30.48	194.13	19.03 Mpa.
6	---	"	"	---	---	" "	---	11	15.10x30.48	194.13	19.03 Mpa.

Vo. Bo.

Ing. Cesar A. Garcia Guerra  
Director C.I.I.

DIRECCION

Ing. Enrique Rosales Torres  
Jefe Seccion Concreto

**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS  
CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12  
GUATEMALA, C.A.



alvrdeg

# RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA, 07 DE AGOSTO DE 1998 INFORME No. S.C. 414

INTERESADO ALEX ORLANDO OCAÑA

PROYECTO CONTROL DE CALIDAD

No OBRA	No CILINDRO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm.	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN kg	MEDIDAS en mm	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
7	---	18-6-98	28	---	---	MEZCLA "B" 30%	---	11	15.2x30.48	253.72	24.86 Mpa.
8	---	"	"	---	---	"	---	11	15.2x30.48	249.97	24.50 Mpa.
9	---	"	"	---	---	"	---	11	15.2x30.48	252.47	24.74 Mpa.
10	---	16-7-98	56	---	---	"	---	11.4	15.2x30.48	288.07	28.23 Mpa.
11	---	"	"	---	---	"	---	11.3	15.4x30.48	268.43	26.31 Mpa.
12	---	"	"	---	---	"	---	11.2	15.2x30.48	272.55	27.00 Mpa.
1	---	22-05-98	7	---	---	MEZCLA "C" 35%	---	11.0	15.2 x 30.48	151.23	14.82 Mpa.
2	---	"	7	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	150.30	14.73 Mpa.
3	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.2 x 30.48	153.73	15.06 Mpa.
4	---	"	14	---	---	"	---	11.0	15.3 x 30.48	191.20	18.74 Mpa.
5	---	"	"	---	---	"	---	10.8	15.2 x 30.48	180.10	17.65 Mpa.
6	---	"	"	---	---	"	---	10.8	15.2 x 30.48	218.72	21.43 Mpa.
7	---	"	28	---	---	"	---	11.2	15.2 x 30.48	206.73	20.26 Mpa.

Vo. Bo.

  
 Ing. Cesar A. Garcia Guerra  
 Director C.I.I.  
 Ing. Erik Rosales Torres  
 Jefe Sección Concreto.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA - DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS  
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12  
 GUATEMALA, C.A.

alvrdeg



# RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

GUATEMALA-07 DE agosto DE 1998. INFORME No.S.C. 414

INTERESADO ALEX ORLANDO OCANA

PROYECTO CONTROL DE CALIDAD

No CILINDRO OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm.	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg.	MEDIDAS en cm.	RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES
8		22-05-98	28			MEZCLA "C" 35%		11.0	15.2 x 30.48	224.97	S.O.T. 10446
9		"	"			"		11.0	15.2 x 30.48	199.97	22.05 Mpa. -
10		"	56			"		11.2	15.2 x 30.48	288.07	19.60 Mpa. -
11		"	"			"		11.2	15.1 x 30.48	290.63	28.23 Mpa. -
12		"	"			"		11.2	15.2 x 30.48	303.10	28.48 Mpa. -
1		25-05-98	7			MEZCLA "C" 20%		10.8	15.2 x 30.48	142.98	29.70 Mpa. -
2		"	"			"		10.8	15.2 x 30.48	137.48	14.01 Mpa. -
3		"	"			"		11.0	15.2 x 30.48	143.73	13.47 Mpa. -
4		"	14			"		10.6	15.1 x 30.48	186.17	14.08 Mpa. -
5		"	"			"		10.8	15.2 x 30.48	202.48	18.24 Mpa. -
6		"	"			"		11.0	15.2 x 30.48	207.47	19.84 Mpa. -
7		"	28			"		11.0	15.1 x 30.48	265.96	20.33 Mpa. -
8		"	"			"		11.0	15.3 x 30.48	252.88	26.06 Mpa. -

Vo. Bo.

Ing. Cesar A. Garcia Guerra  
Director C.I.I.

Ing. Erik Rosales Torres  
Jefe Seccion Concreto.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS  
CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12  
GUATEMALA, C.A.

alvrdeg

# RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

INTERESADO ALEX ORLANDO OCAÑA

GUATEMALA, 07 DE agosto DE 1998, INFORME No. S.C.C. 414

PROYECTO CONTROL DE CALIDAD

No OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	ASENTAMIENTO en cm.	PROPORCION	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	RELACION AGUA-CEMENTO	PESO EN Kg	MEDIDAS en cm.	RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>	OBSERVACIONES	
9	---	25-05-98	28	---	---	MEZCLA "C" 20 %	---	11.0	15.2 ± 30.48	268.72	S.O.T. 10446	
10	---	"	56	---	---	"	---	10.8	15.3 ± 30.48	271.96	26.33 Mpa. -	
11	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.2 ± 30.48	280.56	26.25 Mpa. -	
12	---	"	"	---	---	"	---	11.0	15.5 ± 30.48	214.39	27.49 Mpa. -	
1	---	27-05-98	7	---	---	MEZCLA "C" 30%	---	10.8	15.2 ± 30.48	187.48	21.01 Mpa. -	
2	---	"	14	---	---	"	---	11.0	15.2 ± 30.48	214.97	18.37 Mpa. -	
3	---	"	28	---	---	"	---	10.6	15.1 ± 30.48	255.83	21.07 Mpa. -	
4	---	"	28	---	---	"	---	10.8	15.3 ± 30.48	286.19	25.07 Mpa. -	
5	---	"	56	---	---	"	---	10.6	15.4 ± 30.48	292.84	28.05 Mpa. -	
ULTIMA LINEA												
							Mpa. - sistema de Medida Internacional					
							Mpa. ± 10.197 = Kg/cm <sup>2</sup>					
							Mpa. ± 145.004 = lb/plg <sup>2</sup>					

Vo. Bo.

Ing. Cesar A. Garcia Guerra  
Director C.I.I.

DIRECCION

Ing. Erik Rosales Torres  
Jefe Sección Concreto.

**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE INGENIERIA-DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS  
CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12  
GUATEMALA, C.A.

alvrdeg.

## 2.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

- **MEZCLA DE CONTROL:**

En cuanto a los resultados obtenidos se puede observar en el anexo 8 la gráfica velocidad de endurecimiento esfuerzo contra tiempo. El esfuerzo a compresión básica, sobre un cilindro promedió, a los 28 días de edad es de 337.94 kg/cm<sup>2</sup>. Esta mezcla superó la resistencia del concreto que era de 3000 psi (217 kg/cm<sup>2</sup>), esto quiere decir que se cumplió con las especificaciones dadas. A mayor edad esta mezcla iba aumentando su resistencia, esto se puede comprobar en los resultados que muestra la gráfica del anexo 23.

La mezcla de control es la que mostró el período más corto para alcanzar su tiempo de fraguado inicial, con el cual alcanzó una resistencia de 500 psi (3.5 Mpa), para esto le tomó un tiempo de 3 horas con 50 minutos, después de la hora del contacto del agua y el cemento, el fraguado final comenzó 5 horas y 17 minutos después del contacto del agua y el cemento, con lo cual alcanzó una resistencia de 4000 psi (27.6 Mpa).

Esta mezcla fue la que menor cantidad de pruebas de penetración dio, esto debido a que el período entre el fraguado inicial y final fue poco; además sólo se pudo realizar la prueba de agua sangrada durante la primera penetración, la cantidad obtenida fue de 6 ml; estos datos se pueden observar en la primera tabla del anexo 3. La temperatura ambiente ese día de pruebas promedió un valor de 29° centígrados. Los resultados de esta mezcla sirvieron de base para compararla con las siguientes 9 mezclas; el cemento portland utilizado en las mezclas fue de 5000 Psi.

- **MEZCLA "A" CENIZA VOLCÁNICA (blanca)**

En esta mezcla la admixtura actuó como retardante del fraguado del concreto.

### MEZCLA "A" 35%

La mezcla "A" con 35% de admixtura mineral mostró menor resistencia a compresión a las diferentes edades (7, 14, 28 y 56 días), con respecto a los datos obtenidos de la mezcla de control. La resistencia a compresión promedió a los 28 días una resistencia de 177.18 kg/cm<sup>2</sup>, con lo cual no se cumplió con lo especificado que era 3000 psi (217 kg/cm<sup>2</sup>). Su tiempo inicial de fraguado fue 4 horas y 10 minutos y el final de 7 horas y 5

minutos, después del contacto del agua y el cemento. En esta mezcla se realizaron mayor cantidad de pruebas de penetración debido a que el fraguado fue lento. El agua sangrada solo fue posible medirla durante la primera prueba de penetración y dio como dato 37 ml de agua; los resultados se pueden apreciar en la segunda tabla del anexo 3. La temperatura durante la elaboración de la mezcla y la realización de las pruebas estuvo alrededor de los 30.9° centígrados.

#### MEZCLA "A" 20%

De los resultados de la prueba a compresión se puede apreciar que la edad de 14 días fue la de mayor resistencia, la cual fue 210 kg/cm<sup>2</sup>, la de 28 días promedió 203.51 kg/cm<sup>2</sup>; esto se puede observar en la gráfica del anexo 10.

El tiempo de fraguado inicial con este porcentaje de admixtura fue de 5 horas y 4 minutos y el fraguado final de 7 horas y 15 minutos, después del contacto inicial del agua y cemento. La cantidad de agua sangrada se pudo medir solo en la primera prueba de penetración, el dato obtenido fue de 25 ml de agua. La temperatura se mantuvo alrededor de los 28.25° centígrados.

#### MEZCLA "A" 30%

La mezcla con este porcentaje de admixtura mineral presentó mayor resistencia a compresión a los 28 días (251.22 kg/cm<sup>2</sup>) que las otras 2 mezclas "A" con su respectivo porcentaje. Esta mezcla dio un resultado mayor que la resistencia especificada, la cual era de 3000 psi. El tiempo de fraguado inicial fue de 5 hora y 54 minutos y el fraguado final de 8 horas y 10 minutos, después del contacto inicial del agua y el cemento. Esta mezcla fue la que se llevó más tiempo para que comenzara y terminara de fraguar. La cantidad de agua sangrada en esta mezcla solo se pudo tomar en la primera penetración y fue de 23 ml de agua, la temperatura promedio del día de la elaboración de la mezcla y las pruebas fue de 26° centígrados. La gráfica de esta mezcla se muestra más uniformemente que las otras 2 y se comprueba en el anexo 11.

- MEZCLA "B" CENIZA VOLCÁNICA (blanca)

Esta ceniza también actuó como retardante del fraguado del concreto.

### MEZCLA "B" 35%

Esta mezcla promedió una resistencia a compresión a los 28 días de 255.57 kg/cm<sup>2</sup>; el tiempo de fraguado inicial fue de 5 horas y 51 minutos y el final fue de 7 horas y 50 minutos, después del contacto inicial del agua y cemento, esto puede observarse en la gráfica del anexo 12. El agua sangrada se pudo medir solo en la primera penetración y dio como dato 26 ml de agua. La temperatura promedio de ese día fue de 26.5° centígrados. La gráfica de velocidad de endurecimiento se muestra en el anexo 12 y la de resistencia a compresión en el anexo 27.

### MEZCLA "B" 20%

Con el 20% de admixtura mineral esta mezcla promedió una resistencia a compresión a los 28 días de 255.71 kg/cm<sup>2</sup>, la cual fue mayor que las obtenidas en las otras 2 mezclas, esto se puede apreciar en la gráfica del anexo 28. El tiempo de fraguado inicial es de 6 horas y 13 minutos y el final de 8 horas con 20 minutos, después del contacto inicial del agua y cemento, esta mezcla se tardó mayor tiempo en fraguar que las otras 2 mezclas "B". La gráfica de velocidad de endurecimiento se puede observar en el anexo 13. La prueba de agua sangrada solo se realizó durante la primera penetración y dio como resultado 62 ml de agua y es la que presentó mayor cantidad de agua. La temperatura promedio fue de 25.5° centígrados.

### MEZCLA "B" 30%

Esta mezcla promedió una resistencia a compresión a los 28 días de 210 kg/cm<sup>2</sup>; la gráfica de estos datos se aprecian en el anexo 29. El tiempo transcurrido para que comenzara a fraguar el concreto fue de 5 horas con 18 minutos y el tiempo final fue de 7 horas con 32 minutos, después del contacto inicial del agua y cemento, esto se puede ver en el anexo de la gráfica 14. La prueba de agua sangrada solo pudo realizarse durante la primera prueba de penetración y dio como resultado 37 ml. La temperatura promedio ambiente durante este día fue de 27° centígrados.

- MEZCLA "C" TIERRA DIATOMEA

Esta mezcla actuó como retardante del fraguado del concreto.

### MEZCLA "C" 35%

La mezcla con tierra diatomea en porcentaje de 35% promedió una resistencia a compresión a los 28 días de edad de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , esto se aprecia en la gráfica del anexo 30 y datos de la segunda tabla del anexo 21. El tiempo inicial de fraguado de la mezcla de concreto con esta admixtura mineral fue de 4 horas con 31 minutos y el tiempo final de 7 horas y 5 minutos, después del contacto inicial del agua y cemento (ver en la gráfica del anexo 15 y datos del anexo 6). Esta mezcla con este tipo de admixtura mineral es la que necesitó mayor cantidad de agua, a la hora de realizar la prueba de penetración se obtuvo como resultado 0 mililitros de agua sangrada. La temperatura promedio durante ese día de trabajo fue de  $27.3^\circ$  centígrados.

### MEZCLA "C" 20%

Esta mezcla promedió una resistencia a compresión a los 28 días de edad de  $262.52 \text{ kg/cm}^2$ , los datos de la resistencia a compresión de las diferentes edades ensayadas se muestran en la segunda tabla del anexo 22. El tiempo inicial de esta mezcla fue de 6 horas con 5 minutos y el fraguado final de 8 horas con 40 minutos (ver anexo 16). La cantidad de agua sangrada de esta mezcla es de 22 mililitros y se obtuvo solo durante la primera prueba de penetración. Esta cantidad de agua sangrada se dio debido a que los materiales utilizados en la elaboración de la mezcla tenían demasiada humedad, además la temperatura tuvo influencia sobre la mezcla, ya que en ese día promedió  $21.5^\circ$  centígrados.

### MEZCLA "C" 30%

Esta mezcla es la que promedió mayor resistencia a compresión a los 28 días de edad, la cual fue de  $271 \text{ kg/cm}^2$  (ver tabla del anexo 21). El tiempo de fraguado inicial de esta mezcla de concreto fue de 5 horas con 15 minutos y la de fraguado final 7 horas con 40 minutos, después de la hora de contacto del agua y cemento (ver gráfica de velocidad de endurecimiento en el anexo 17), para esta mezcla se obtuvo 0 mililitros de agua sangrada a la hora de realizar las respectivas pruebas de penetración.

**RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS DE LAS MEZCLA ELABORADAS**

Mezcla	Resistencia a Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			Exudación (ml)	Asentamiento (cm)	Fraguado Inicial (hrs)	Fraguado Final (hrs)
	7	14	28				
Mezcla control	283.74	314.02	337.94	6	9	03:50	04:10 S / #
Mezcla "A" 35%	132.90	155.05	177.18	37	11	04:10	07:05
Mezcla "A" 20%	177.74	210.33	203.51	25	12	05:04	07:15
Mezcla "A" 30%	151.01	188.31	251.22	23	9.5	05:54	08:10
Mezcla "B" 35%	159.84	204.15	255.57	26	8	05:51	07:50
Mezcla "B" 20%	177.95	223.83	255.71	62	15	06:13	08:20
Mezcla "B" 30%	151.75	196.67	210.56	37	8.5	05:18	07:32
Mezcla "C" 35%	151.75	196.67	210.56	0	7	04:31	07:05
Mezcla "C" 20%	141.10	198.71	262.52	22	12.5	06:05	08:40
Mezcla "C" 30%	187.48	214.97	271.01	0	6	05:15	07:40

## CONCLUSIONES

1. La mezcla de control fue la que mejores resultados a compresión promedió a los 28 días de edad, ya que fue la mezcla a la que no se le agregó ningún tipo de admixtura mineral (cenizas volcánicas y tierra diatomeas) y sirvió de base para compararla con las 9 mezclas restantes, su período de fraguado fue corto.
2. La mezcla "A", con 30% de ceniza volcánica (rosada), fue la que promedió una mayor resistencia a compresión a los 28 días de edad que las otras 2 mezclas "A" con su respectivo porcentaje de admixtura mineral. Esta mezcla fue la que tuvo mejores tiempos de fraguado, por lo cual se puede decir que este tipo de aditivo mineral actuó como retardante del fraguado del concreto. Según los resultados que se muestran en la gráfica de la mezcla "A" su resistencia a compresión tiende a aumentar a mayor edad que la ensayada, la cual fue de 56 días.
3. La mezcla "B", con el 20% de ceniza volcánica (blanca), fue la que obtuvo el mayor promedio de resistencia a compresión a los 28 días. Además, fue la que mayor cantidad de agua sangrada mostró a la hora de realizar las pruebas de penetración. Esta admixtura mineral actuó como retardante del fraguado del concreto, la resistencia de esta mezcla tiende a aumentar conforme aumenta la edad.
4. De las mezclas "C", las cuales contenían tierra diatomea, la que mayor resistencia a compresión promedió a los 28 días de edad fue a la que se le agregó el 30% de admixtura mineral. Este aditivo actuó como retardante del fraguado del concreto. Esta mezcla con tierra diatomea fue la que mayor cantidad de agua necesitó para que fuera trabajable.
5. Ninguna de las mezclas "A", "B" y "C", con sus respectivos porcentajes de admixtura mineral, proporcionó datos mayores de resistencia a compresión a los 28 días de edad que los obtenidos de la mezcla de control; con lo cual se concluye que no es bueno utilizarlas para mezclas de concreto de cemento portland donde se requiera una alta resistencia.



## RECOMENDACIONES

1. Si se trabaja en construcciones de mucha importancia y se desea concretos de alta resistencia no deben utilizarse ninguna admixturas minerales (cenizas volcánicas y tierra diatomea).
2. Si se utiliza ceniza volcánica (rosada), como material cementante en mezclas de concreto de cemento portland, se aconseja agregarle un 30% de esta admixtura mineral en sustitución de la cantidad total de cemento de una mezcla que no contenga ningún tipo de aditivo.
3. Para mezcla de concreto de cemento portland con ceniza volcánica (blanca) se recomienda agregar un 20% de este aditivo mineral, que fue el porcentaje con el cual la mezcla de concreto dio mejores resultados de resistencia a compresión a los 28 días de edad.
4. Si se desea agregar a las mezclas de concreto de cemento portland algún tipo de admixtura mineral de los utilizados en este trabajo (cenizas volcánicas y tierra diatomea), se recomienda utilizar tierra diatomea, en un porcentaje de 30%; ya que fue la que mejores resultados mostró al realizar la prueba de resistencia a compresión.

## REFERENCIAS

1. Técnicas y Avances en Concreto. Asociación Centroamericana del Cemento y Concreto. Pruebas del control para la calidad del concreto. Traducido por Prof. José Enrique Brenes M. San José, Costa Rica. 1984.
2. American Society for Testing Materials. Anual Book of Standard. Vol. 4.5 Standar test Method for Slump of Portland Cement Concrete. Designation C 143. Estudios Unidos, Philadelphia. 1990.
3. American Society for Testing Materials. Anual Book of Standard. Vol. 4.4 Standard Test Method of Sampling Freshly Mixed Concrete. Designation C 172. Estados Unidos, Philadelphia. 1990.
4. American Society for Testing Materials. Anual Book of Standard. Vol. 4 Puzolanic Materials. Desination C 219. Estados Unidos, Philadelphia. 1990.
5. Método de proporcionamiento de mezclas de concreto utilizado por el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Sección de Concreto de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 1982.
6. American Society for Testing Materials. Anual Book of Standard. Vol. 4.4 Standar Method of Test for Bleending of Concrete. Designation C 232. Estados Unidos, Philadelphia. 1990.

## BIBLIOGRAFÍA

1. American Society for Testing Materials. Anual Book of Standars. Vol. 4 Standard Test Method for Time of Seting of Concrete Mixtures by Penetratic.. Resistance. Designation C 143. Estados Unidos, Philadelphia. 1990.
2. Comité ACI 212. "Admixtures for Concrete". Journal of the American Concrete Institute. Proceedings Vol. 60, No. 11. Detroit, Michigan. Noviembre 1963.
3. Sandor Popovics. ¿Qué debe saber un ingeniero respecto a la naturaleza de los aditivos?. Instituto mexicano del Cemento y del Concreto, a.c. Sobretiro de la revista IMCYC, Vol. 8, No. 48. México, México. Enero-febrero 1971.
4. Neville, A. M. Tecnología del Concreto. Traducción de Víctor M. Pavón R. México, IMCYC. 1980.

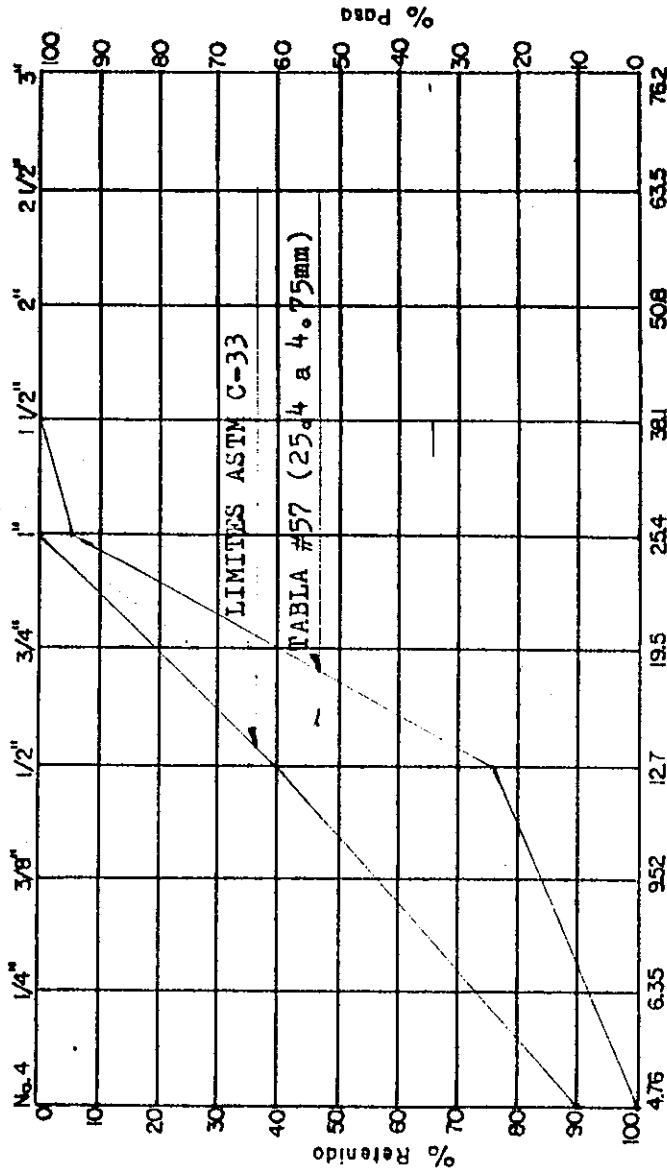
## ANEXOS

# AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO

INTERESADO:  <b>RONY AMEZQUITA</b>	PROYECTO:  tesis	INFORME No.  S.C. 162
MUESTRA:  AGREGADO FINO	FECHA  10-03-98	Q.T. No.  010125

### CARACTERISTICAS FISICAS

Peso Especifico	2.035
Peso Unitario	1543
% de Vacios	34.34
% de Absorcion	1.36
% Desgaste por Sulfato de Sodio	----
% Desgaste en Maquina de los Angeles	----
% Particulas Planas Alargadas	----
% de Particulas Livianas	----



Tamano en Milímetros

Tamiz No.	25.4	19.5	12.7	9.52	6.35	4.76
% Que Pasa	100.0	73.9	30.1	11.7	4.8	0.0

Observaciones: \_\_\_\_\_

Jefe de Laboratorio

DIRECCION  
 DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA

**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**  
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12    . . .    GUATEMALA, C. A.

Yo, Bo.

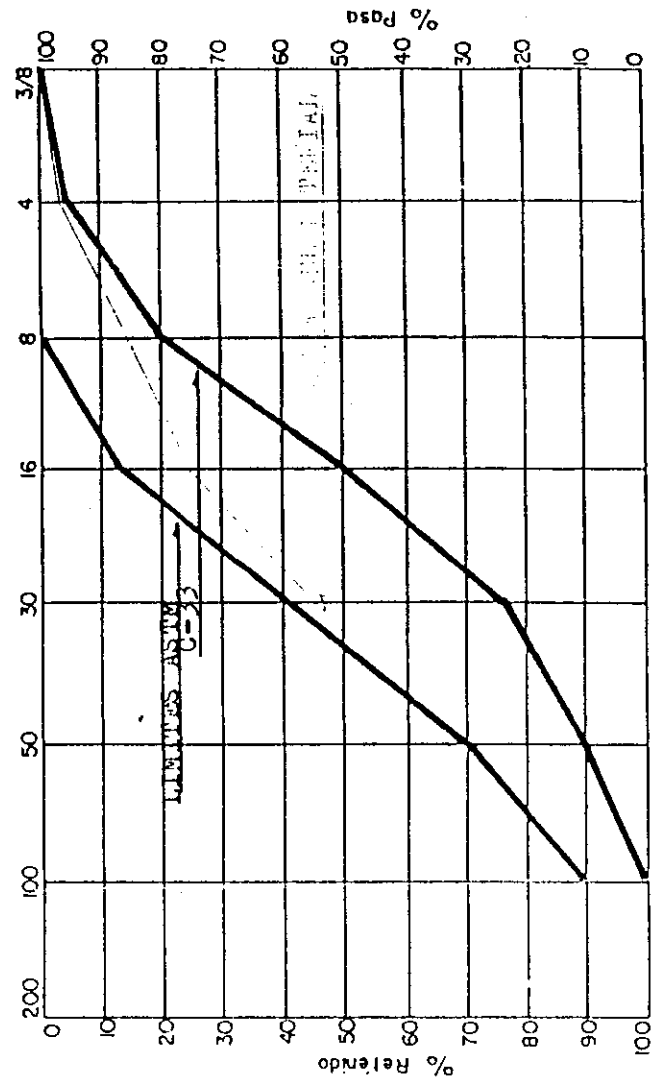
1/1988

# AGREGADO FINO PARA CONCRETO

INTERESADO:		INFORME N.º	PROYECTO:
RONY AMEZQUITA		S.C. 161	TESIS
Muestra:	Fecha:	O. T. No.	Lab.
ARENA DE RIO	10-03-98	010125	CONCRETOS

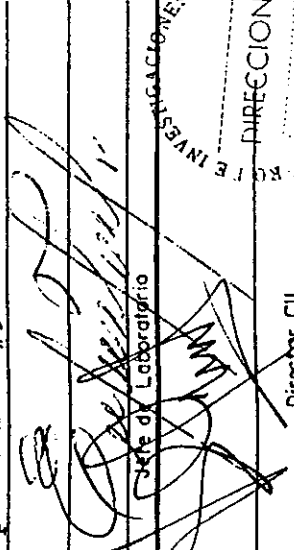
## CARACTERISTICAS FISICAS:

Peso Especifico	2.48
Peso Unitario (Kg/m³)	1533
Porcentaje de Vacuos	38.19
Porcentaje de Absorción	0.14
Contenido de Materia Orgánica	#3
% de Retenido en Tamiz 6.35 mm	5.41
Porcentaje que Pasa Tamiz 200	8.56
Porcentaje de Material Liviano	-----
Porcentaje de Desgaste por Sulfato de Sodio	-----
% de Material Friable	-----



Observaciones: CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA

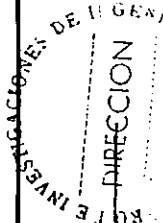
maxima permisible #3

  
 Jefe de Laboratorio  
 Director CII

Tamaño en Milímetros

Tamiz No.	9.4	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15
% Que Pasa	100.0	97.9	86.1	74.4	55.3	32.7	13.1

Va. Bo.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12 ... GUATEMALA, C. A.

ANEXO 3

DISEÑO DE LA MEZCLA DE CONTROL

TIEMPO (hrs)	DIÁMETRO AGUJA (pig)	FUERZA (LBf)	AGUA SANGRADA (ml)	TEM. AMBIENTE (°C)	ESFUERZO (psi)
3	1	69	6	31	69
3.5	1/2	130	0	30.5	260
4	1/10	69	0	30	620
4.5	1/20	78	0	30.5	1560
5	1/40	75	0	29	3000
5.5	1/40	125	0	28.5	5000

DISEÑO DE LA MEZCLA "A" (ROSADA) 35%

TIEMPO (hrs)	DIÁMETRO AGUJA (pig)	FUERZA (LBf)	AGUA SANGRADA (ml)	TEM. AMBIENTE (°C)	ESFUERZO (psi)
3	1	36	37	31	36
3.5	1	59	0	31	59
4	1/2	82	0	31	164
4.5	1/4	97	0	31.5	388
5	1/10	101	0	31.5	1010
5.5	1/10	117	0	31.5	1170
6	1/20	89	0	31.5	1728
6.5	1/21	130	0	31	2600
7	1/40	98	0	30	3920
7.5	1/40	102	0	29	4080

ANEXO 4

DISEÑO DE LA MEZCLA "A" (ROSADA) 20%

TIEMPO (hrs)	DIÁMETRO AGUJA (pig)	FUERZA (Lbf)	AGUA SANGRADA (ml)	TEM. AMBIENTE (°C)	ESFUERZO (PSI)
3	1	27	25	28.5	27
3.5	1	48	0	29	48
4	1	105	0	29	105
4.5	1/2	107	0	28.5	214
5	1/4	112	0	28	448
5.5	1/10	92	0	28	920
6	1/20	92	0	28	1840
6.5	1/20	103	0	28	2060
7	1/40	85	0	27.5	3400
7.5	1/40	115	0	27.5	4600

DISEÑO DE LA MEZCLA "A" (ROSADA) 30%

TIEMPO (hrs)	DIÁMETRO AGUJA (pig)	FUERZA (Lbf)	AGUA SANGRADA (ml)	TEM. AMBIENTE (°C)	ESFUERZO (PSI)
3	1	19	23	26	19
3.5	1	42	0	27	42
4	1	62	0	27	62
4.5	1	80	0	27	80
5	1/2	87	0	27.5	174
5.5	1/4	86	0	27	344
6	1/10	57	0	27	570
6.5	1/10	114	0	27	1140
7	1/20	91	0	26.5	1820
7.5	1/20	128	0	26	2560
8	1/40	95	0	25	3800
8.5	1/40	115	0	24	4600



ANEXO 5

DISEÑO DE LA MEZCLA "B" (CENIZA VOLCÁNICA) 35%

TIEMPO (hrs)	DIÁMETRO AGUJA (plg)	FUERZA (Lbf)	AGUA SANGRADA (ml)	TEM. AMBIENTE (°C)	ESFUERZO (PSI)
3	1	25	26	25.5	25
3.5	1	27	0	26	27
4	1	58	0	26.5	58
4.5	1	108	0	27	108
5	1/2	91	0	27	182
5.5	1/4	81	0	26.5	324
6	1/10	59	0	26.5	590
6.5	1/10	108	0	26.5	1080
7	1/20	96	0	26	1920
7.5	1/20	124	0	24.5	2480
8	1/40	119	0	24	4760
8.5	1/40	124	0	24	4960

DISEÑO DE LA MEZCLA "B" (CENIZA VOLCÁNICA) 20%

TIEMPO (hrs)	DIÁMETRO AGUJA (plg)	FUERZA (Lbf)	AGUA SANGRADA (ml)	TEM. AMBIENTE (°C)	ESFUERZO (PSI)
3	1	12	62	25	12
3.5	1	14	0	26.5	14
4	1	25	0	27.5	25
4.5	1	44	0	27.5	44
5	1	85	0	28.5	85
5.5	1/2	85	0	27.5	170
6	1/4	92	0	25.5	368
6.5	1/10	87	0	25	870
7	1/10	110	0	25	1100
7.5	1/20	98	0	24	1960
8	1/20	110	0	23.5	2200
8.5	1/40	114	0	23	4560
9	1/40	126	0	22.5	5040

ANEXO 6

DISEÑO DE LA MEZCLA "B" (CENIZA VOLCÁNICA) 30%

TIEMPO (hrs)	DIÁMETRO AGUJA (piq)	FUERZA (Lbf)	AGUA SANGRADA (mi)	TEM. AMBIENTE (°C)	ESFUERZO (PSI)
3	1	32	37	26.5	32
3.5	1	49	0	27	49
4	1	86	0	27.5	86
4.5	1/2	79	0	27.5	158
5	1/4	83	0	27	332
5.5	1/10	64	0	27.5	640
6	1/10	97	0	27.5	970
6.5	1/20	95	0	27.5	1900
7	1/20	130	0	27	2600
7.5	1/40	99	0	26	3960
8	1/40	121	0	25.5	4840

DISEÑO DE LA MEZCLA "C" (TIERRA DIATOMEA) 35%

TIEMPO (hrs)	DIÁMETRO AGUJA (piq)	FUERZA (Lbf)	AGUA SANGRADA (mi)	TEM. AMBIENTE (°C)	ESFUERZO (PSI)
3	1	50	0	27	50
3.5	1	96	0	27	96
4	1/2	121	0	27.5	242
4.5	1/4	116	0	28.5	464
5	1/10	82	0	29	820
5.5	1/10	108	0	29	1080
6	1/20	104	0	27.5	2080
6.5	1/40	70	0	27	2800
7	1/40	98	0	26.5	3920
7.5	1/40	122	0	26	4880
8	1/40	128	0	25.5	5120

ANEXO 7

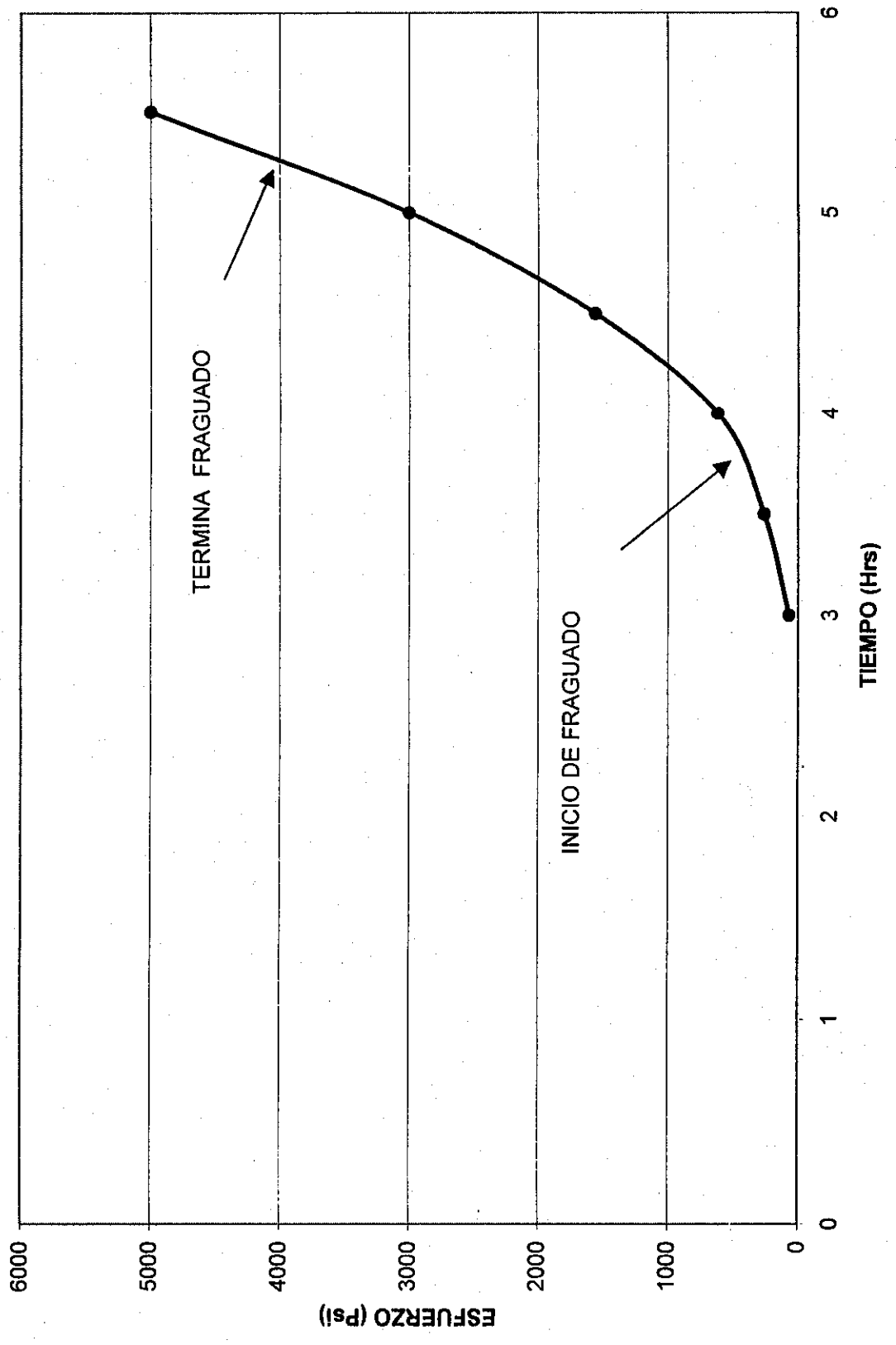
DISEÑO DE LA MEZCLA "C" ( TIERRA DIATOMEA) 20%

TIEMPO (hrs)	DIAMETRO AGUJA (pig)	FUERZA (Lbf)	AGUA SANGRADA (ml)	TEM. AMBIENTE (°C)	ESFUERZO (PSI)
3	1	12	22	23	12
3.5	1	20	0	23.5	20
4	1	36	0	23.5	36
4.5	1	81	0	23	81
5	1	127	0	23	127
5.5	1/2	128	0	24	256
6	1/4	111	0	23	444
6.5	1/10	80	0	22	800
7	1/10	113	0	21	1130
7.5	1/20	91	0	20	1820
8	1/20	129	0	19.5	2580
8.5	1/40	87	0	18.5	3480
9	1/40	109	0	18.5	4360
9.5	1/40	113	0	18	4520

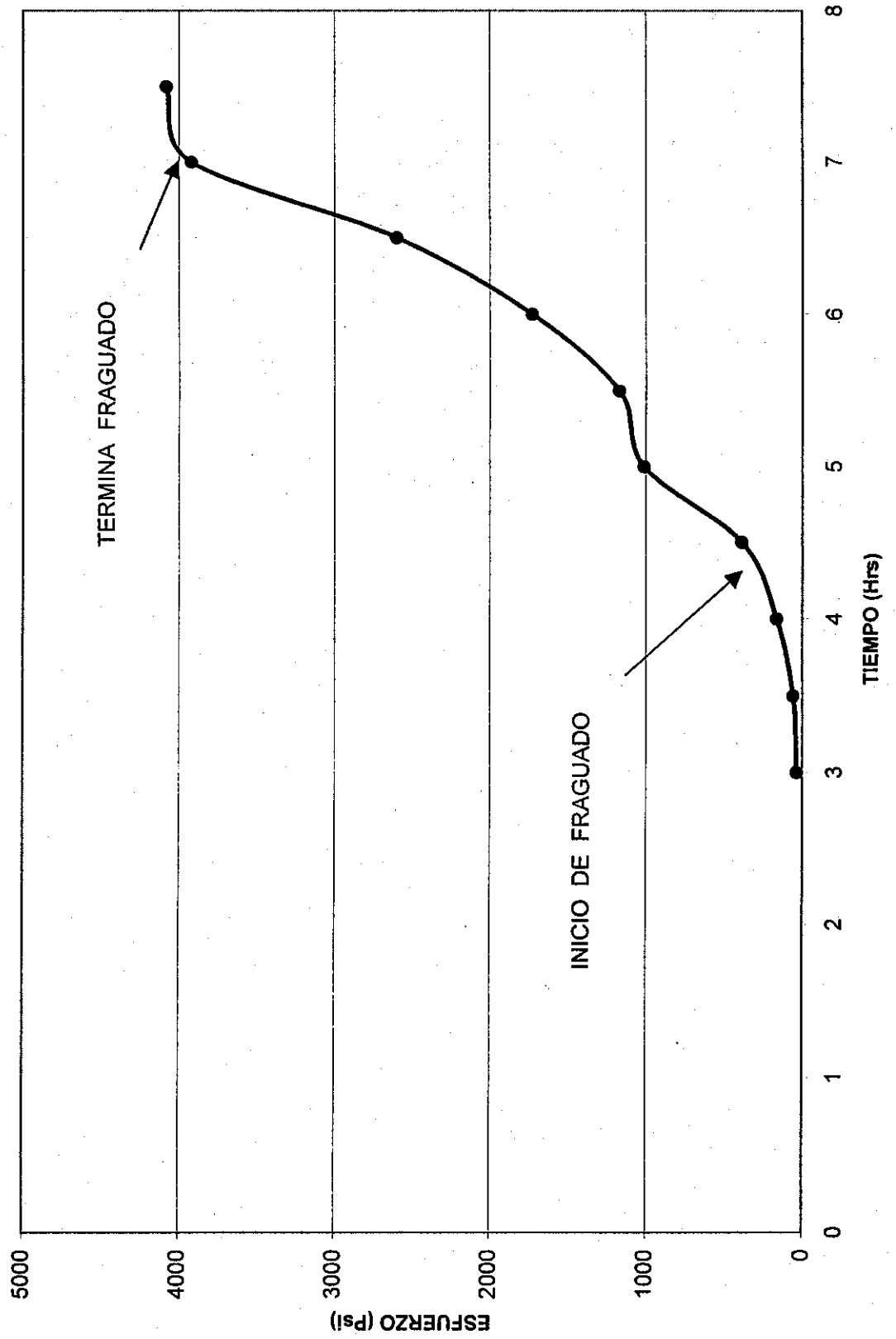
DISEÑO DE LA MEZCLA "C" (TIERRA DIATOMEA) 30%

TIEMPO (hrs)	DIAMETRO AGUJA (pig)	FUERZA (Lbf)	AGUA SANGRADA (ml)	TEM. AMBIENTE (°C)	ESFUERZO (PSI)
3	1	35	0	26	35
3.5	1	54	0	26	54
4	1	95	0	25	95
4.5	1/2	72	0	26	144
5	1/4	86	0	25	344
5.5	1/10	75	0	26	750
6	1/10	124	0	26	1240
6.5	1/20	88	0	25	1760
7	1/40	80	0	24	3200
7.5	1/40	95	0	23	3800
8	1/40	109	0	23	4360
8.5	1/40	120	0	22	4800

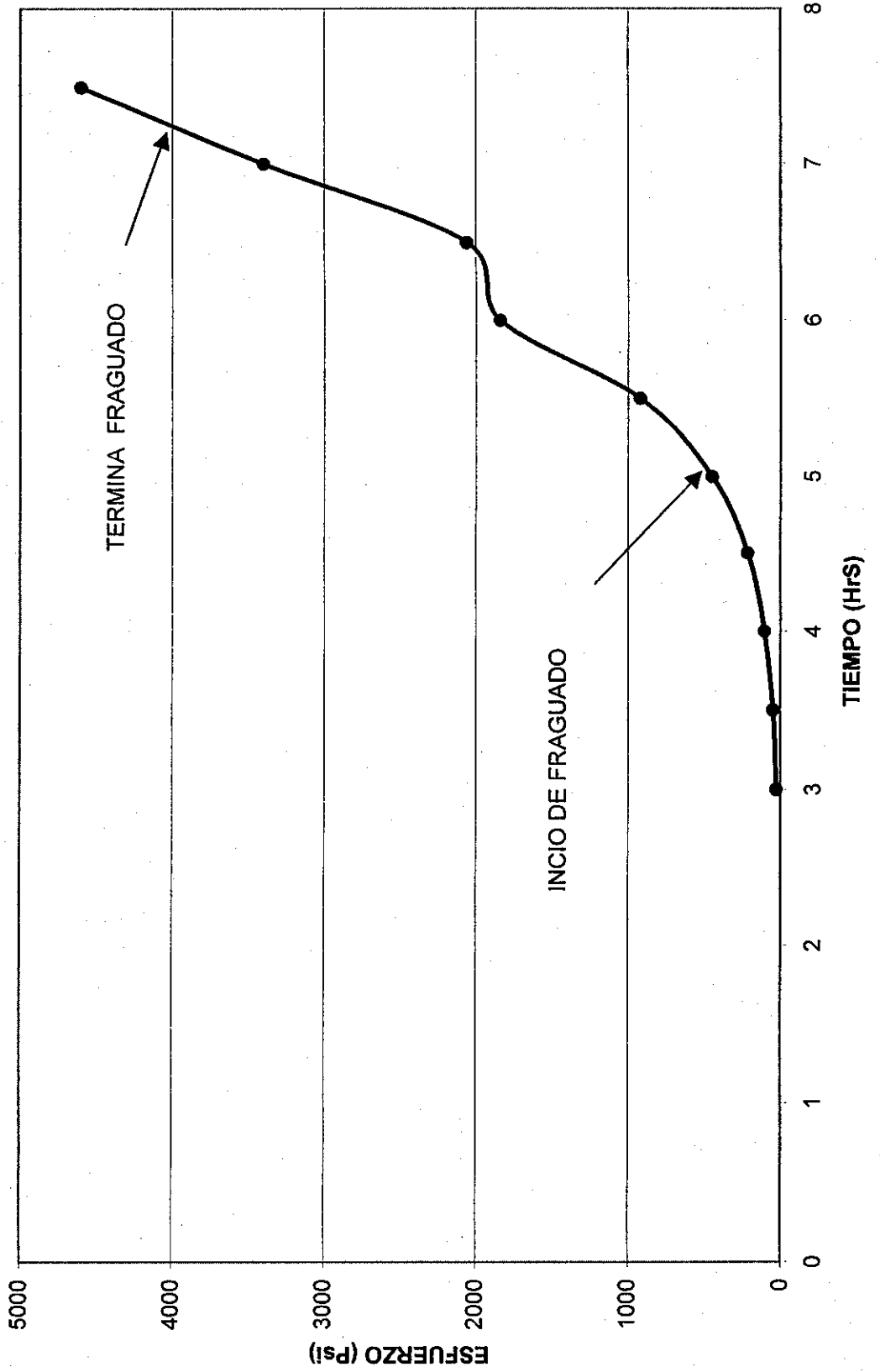
ANEXO 8  
GRÁFICA DE VELOCIDAD DE ENDURECIMIENTO  
MEZCLA DE CONTROL



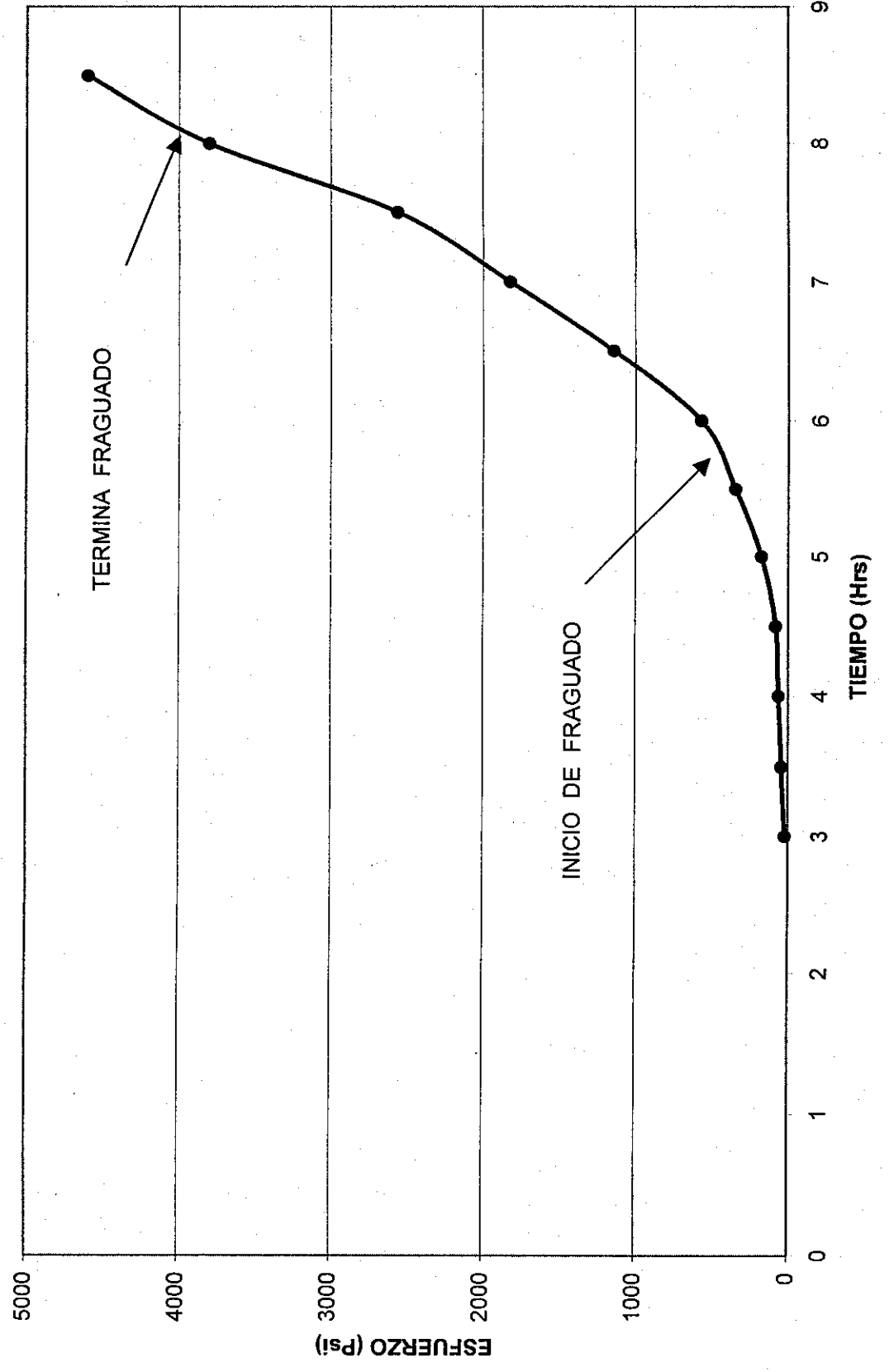
**ANEXO 9**  
**GRÁFICA DE VELOCIDAD DE ENDURECIMIENTO**  
**MEZCLA "A" 35%**



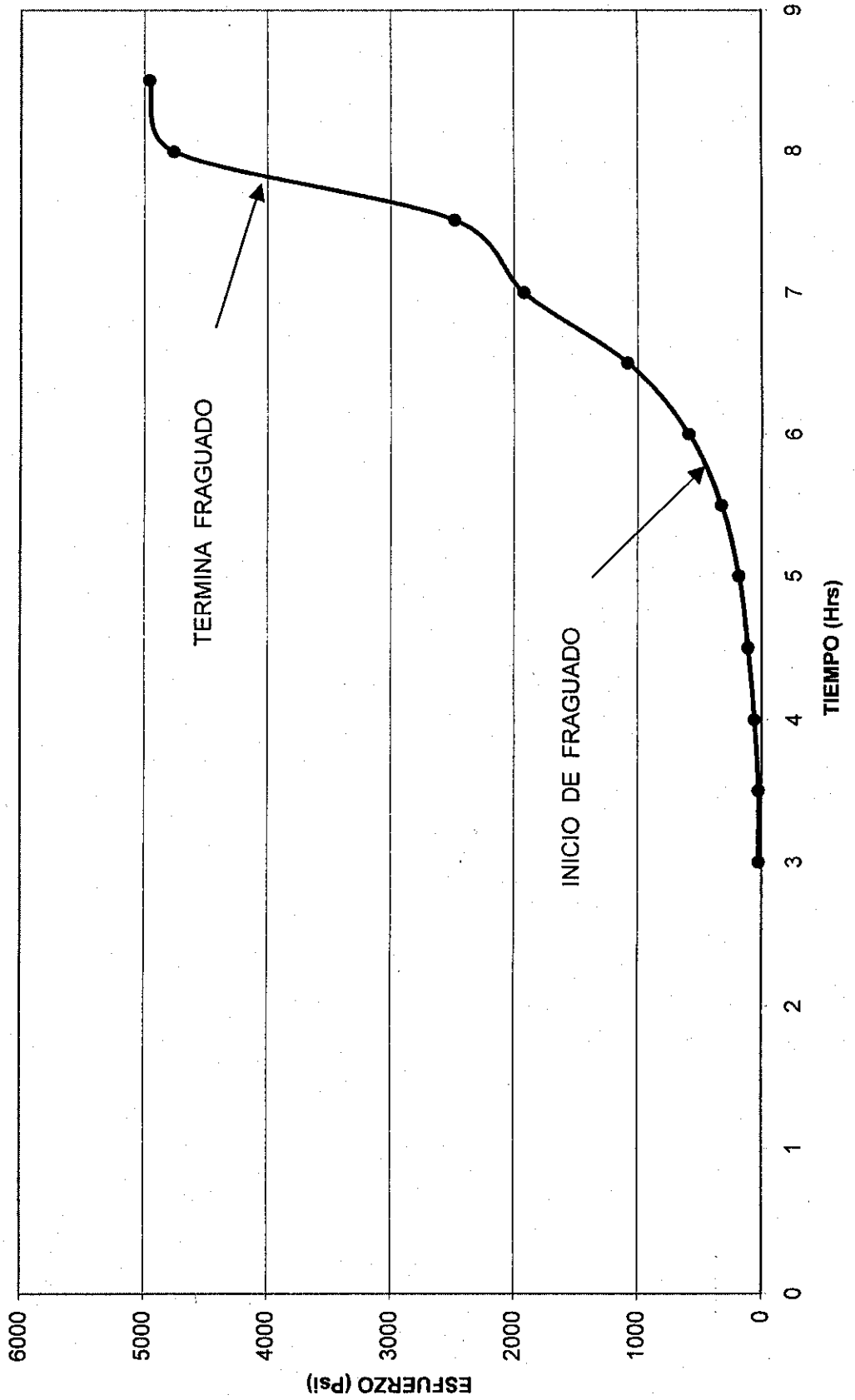
**ANEXO 10**  
**GRÁFICA DE VELOCIDAD DE ENDURECIMIENTO**  
**MEZCLA "A" 20%**



**ANEXO 11**  
**GRÁFICA DE VELOCIDAD DE ENDURECIMIENTO**  
**MEZCLA "A" 30%**

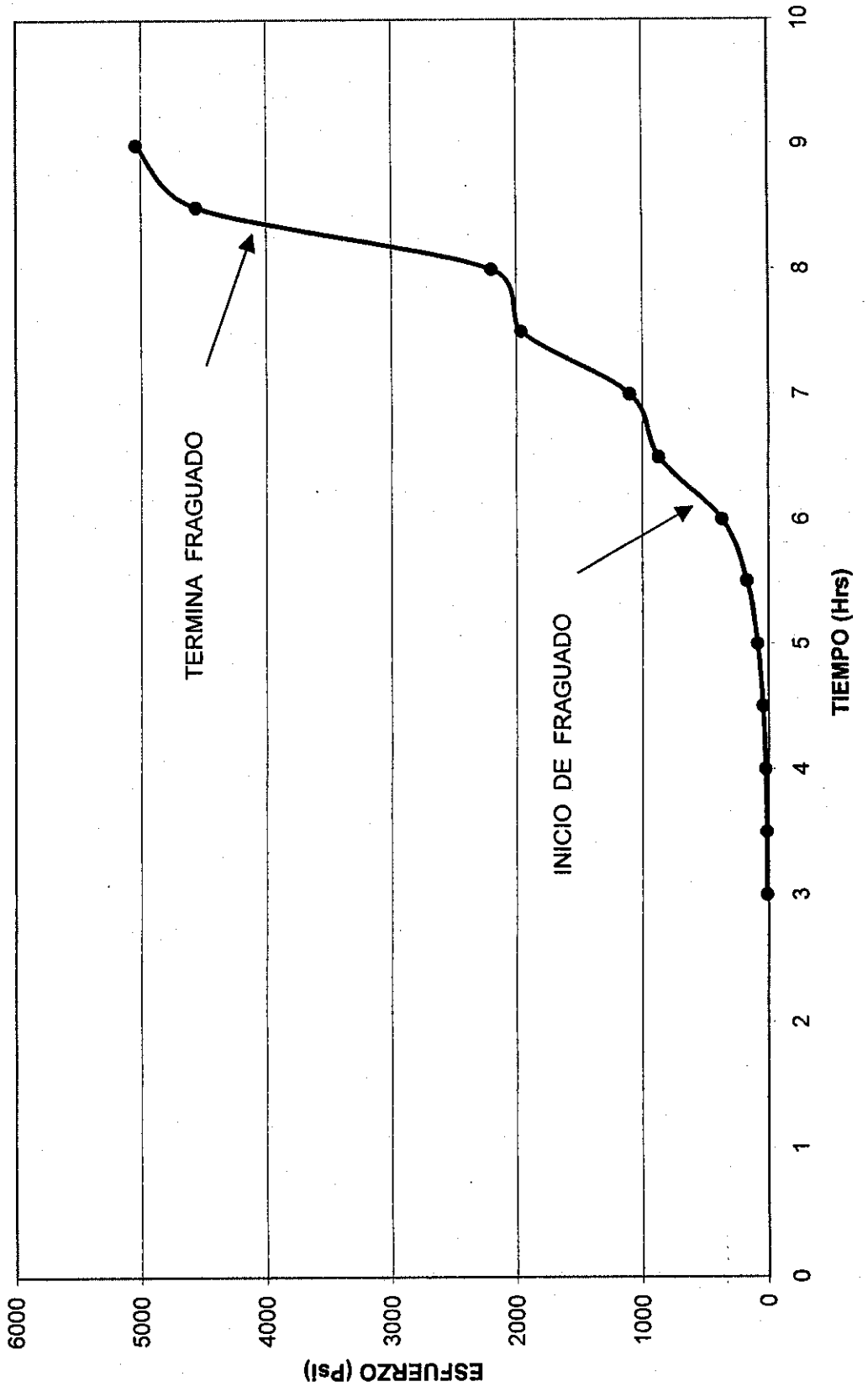


**ANEXO 12**  
**GRÁFICA DE VELOCIDAD DE ENDURECIMIENTO**  
**MEZCLA "B" 35%**

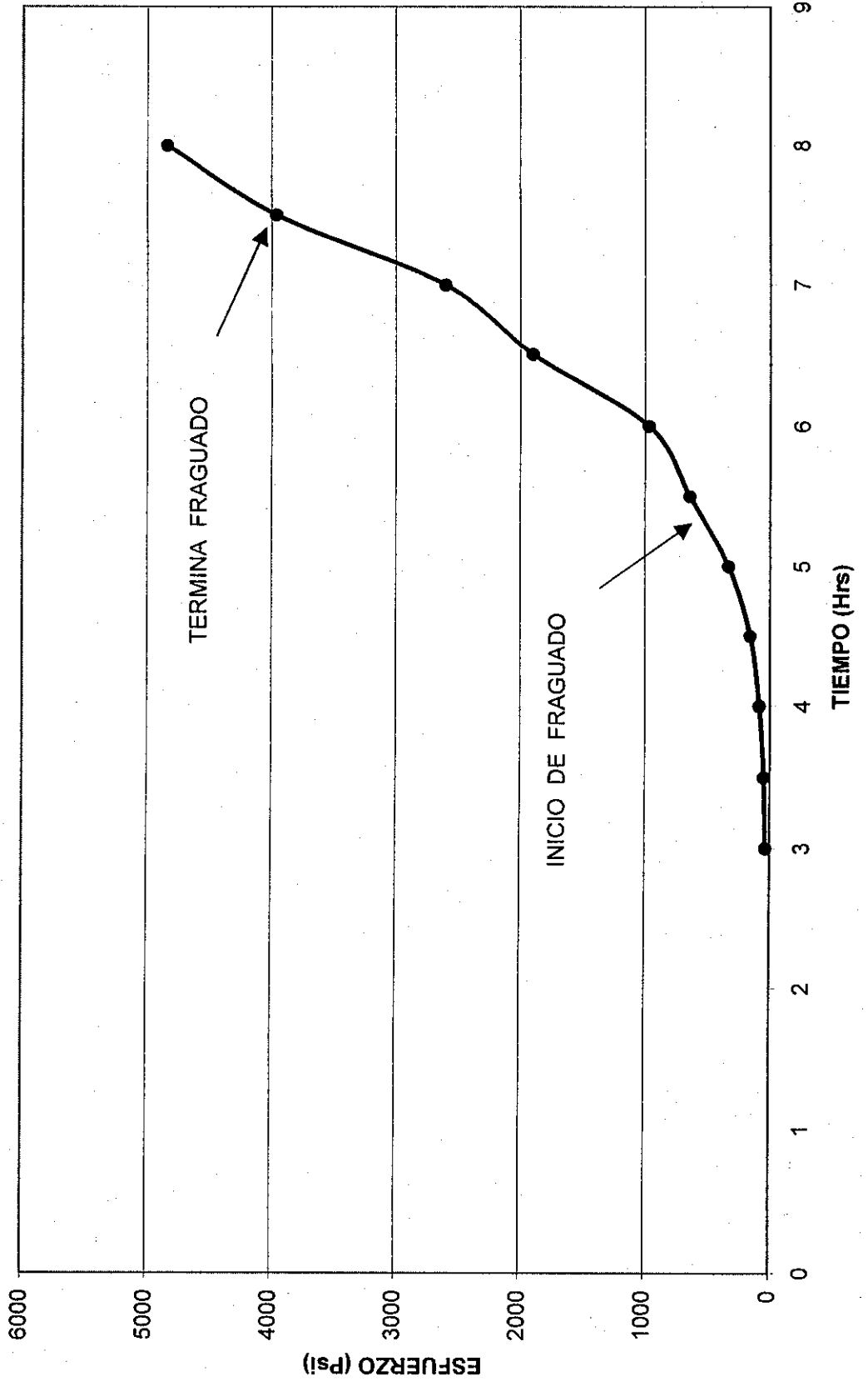




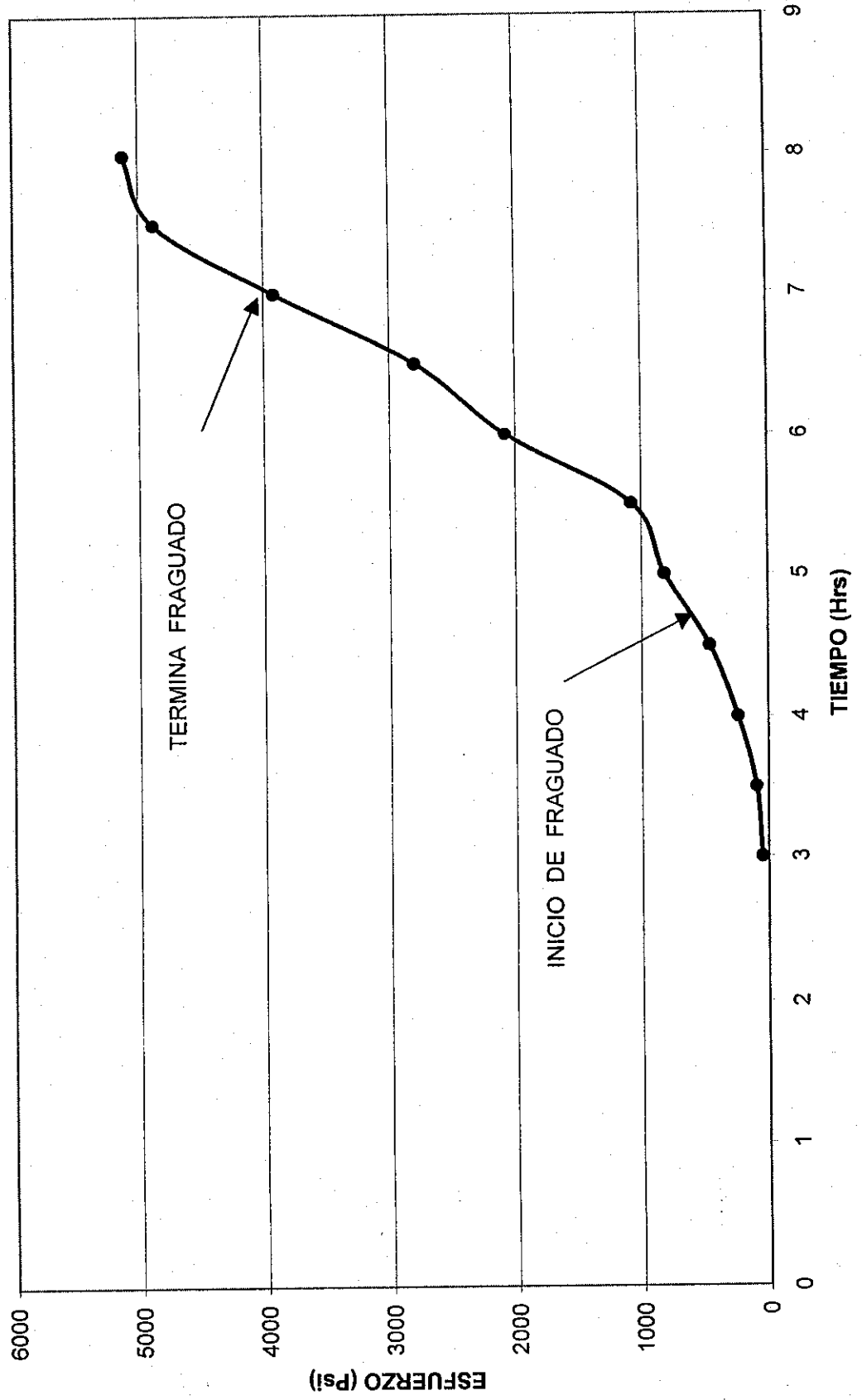
**ANEXO 13**  
**GRÁFICA DE VELOCIDAD DE ENDURECIMIENTO**  
**MEZCLA "B" 20%**



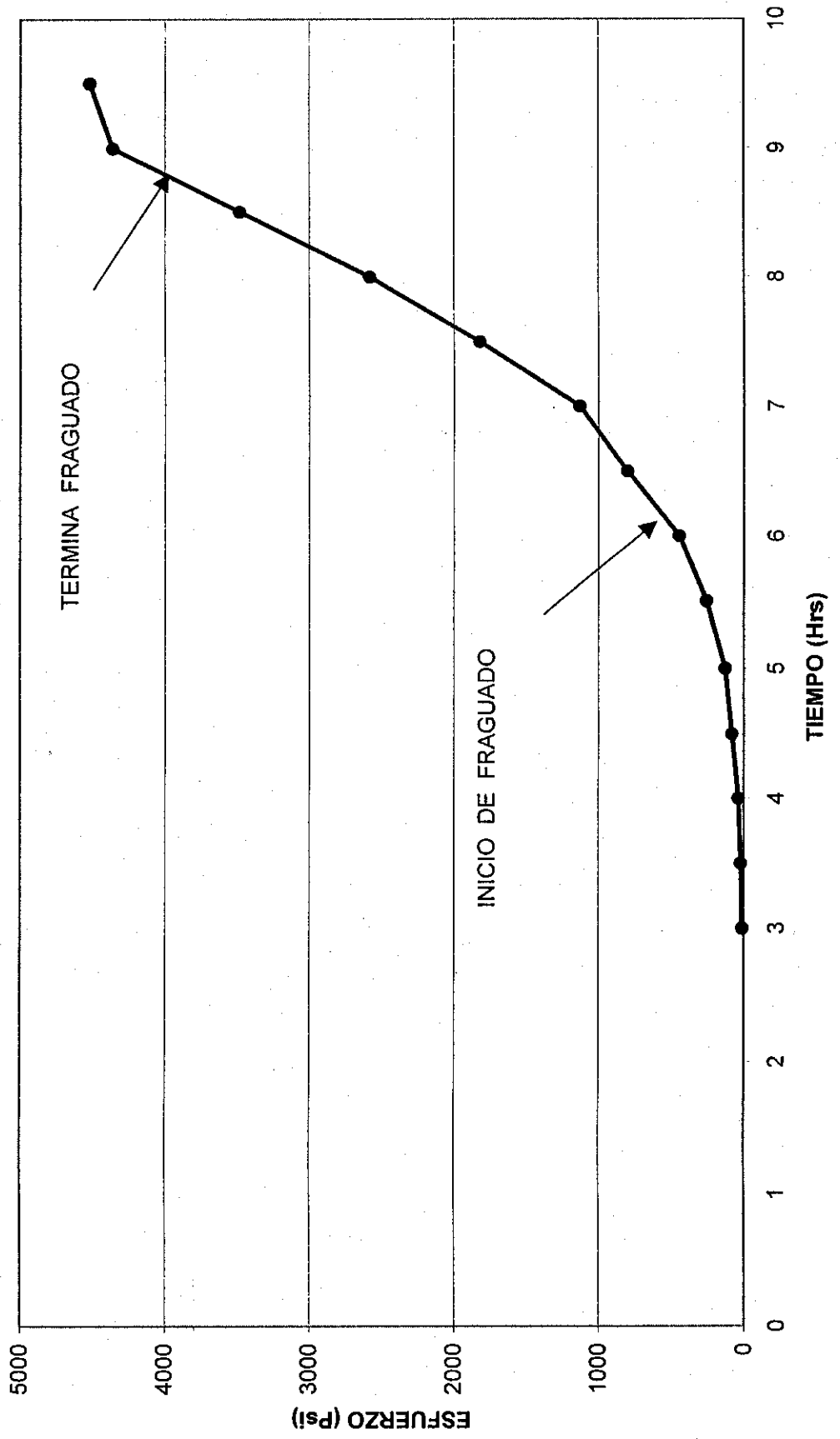
**ANEXO 14**  
**GRÁFICA DE VELOCIDAD DE ENDURECIMIENTO**  
**MEZCLA "B" 30%**



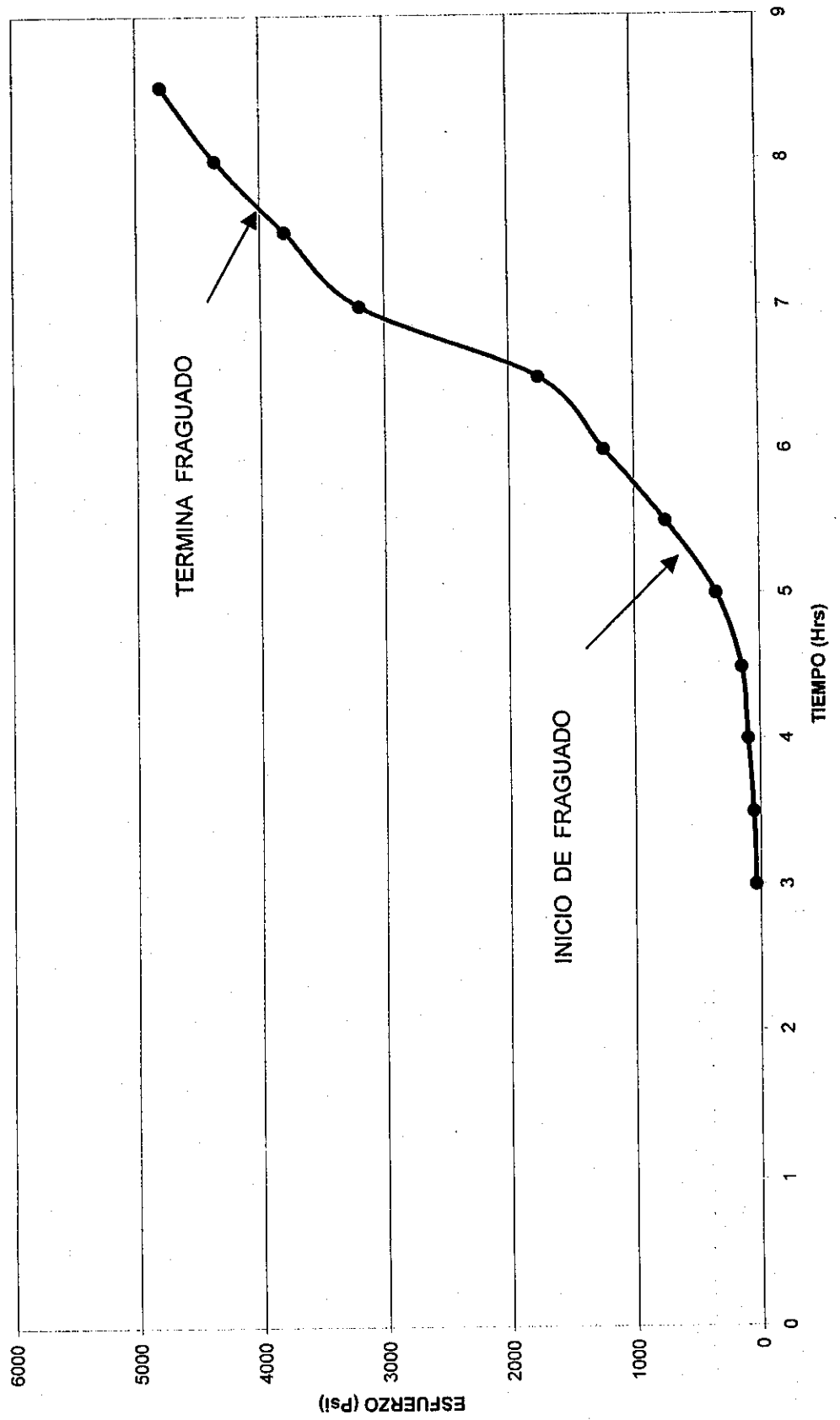
ANEXO 15  
GRÁFICA DE VELOCIDAD DE ENDURECIMIENTO  
MEZCLA "C" 35%



ANEXO 16  
GRÁFICA DE VELOCIDAD DE ENDURECIMIENTO  
MEZCLA "C" 20%



**ANEXO 17**  
**GRÁFICA DE VELOCIDAD DE ENDURECIMIENTO**  
**MEZCLA "C" 20%**



ANEXO 18

ENSAYO DE CILINDROS DE LA MEZCLA DE CONTROL

Diámetro (cm)	Peso (kg)	Carga Total (lb)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Pa)	Días	Desv
15.27	11.20	114500	283.74	27.81	7	10.98
15.23	11.17	126167	314.02	30.77	14	7.44
15.27	11.80	136333	337.94	33.12	28	13.34
15.20	11.20	142667	357.37	35.02	56	38.51

ENSAYO DE CILINDROS DE LA MEZCLA "A" 35%

Diámetro (cm)	Peso (kg)	Carga Total (lb)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Pa)	Días	Desv
15.20	10.60	53167	132.90	13.02	7	6.88
15.23	10.94	63667	155.05	15.52	14	7.61
15.23	11.07	71167	177.18	17.36	28	13.17
15.23	11.00	96333	240.27	23.55	56	4.06

ANEXO 19

ENSAYO DE CILINDROS DE LA MEZCLA "A" 20%

Diámetro (cm)	Peso (kg)	Carga Total (lb)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Pa)	Días	Desv
15.30	11.00	72000	177.74	17.42	7	8.20
15.23	11.07	84500	210.33	20.61	14	8.22
15.27	11.07	82167	203.51	19.94	28	59.59
15.27	11.00	116667	289.64	28.38	56	13.68

ENSAYO DE CILINDROS DE LA MEZCLA "A" 30%

Diámetro (cm)	Peso (kg)	Carga Total (lb)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Pa)	Días	Desv
15.23	11.13	60667	151.01	14.80	7	5.34
15.20	10.93	76667	188.31	18.45	14	0.72
15.20	11.13	100500	251.22	24.62	28	8.75
15.27	11.00	116667	292.35	28.66	56	12.62

ANEXO 20

ENSAYO DE CILINDROS DE LA MEZCLA "B" 35%

Diámetro (cm)	Peso (kg)	Carga Total (lb)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Pa)	Días	Desv
15.27	11.00	64500	159.84	15.67	7	5.41
15.20	11.01	81667	204.15	20.00	14	3.61
15.17	11.00	101833	255.57	25.08	28	9.48
15.23	11.20	111000	276.14	27.19	56	9.19

ENSAYO DE CILINDROS DE LA MEZCLA "B" 20%

Diámetro (cm)	Peso (kg)	Carga Total (lb)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Pa)	Días	Desv
15.23	11.00	71667	177.95	17.44	7	9.38
15.17	11.13	89167	223.83	21.94	14	8.03
15.27	10.87	103167	255.71	25.06	28	19.88
15.20	11.20	123333	308.94	30.28	56	23.71



ANEXO 21

ENSAYO DE CILINDROS DE LA MEZCLA "B" 30%

Diámetro (cm)	Peso (kg)	Carga Total (lb)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Pa)	Días	Desv
15.20	11.00	60667	151.75	14.87	7	1.77
15.27	10.87	79333	196.67	19.27	14	19.88
15.30	11.07	85333	210.56	20.67	28	12.93
15.17	11.20	116833	293.33	28.80	56	8.04

ENSAYO DE CILINDROS DE LA MEZCLA "C" 35%

Diámetro (cm)	Peso (kg)	Carga Total (lb)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Pa)	Días	Desv
15.20	11.00	60667	151.75	14.87	7	1.77
15.27	10.87	79333	196.67	19.27	14	19.88
15.30	11.07	85333	210.56	20.64	28	12.93
15.17	11.20	116833	293.33	28.80	56	8.04

ANEXO 22

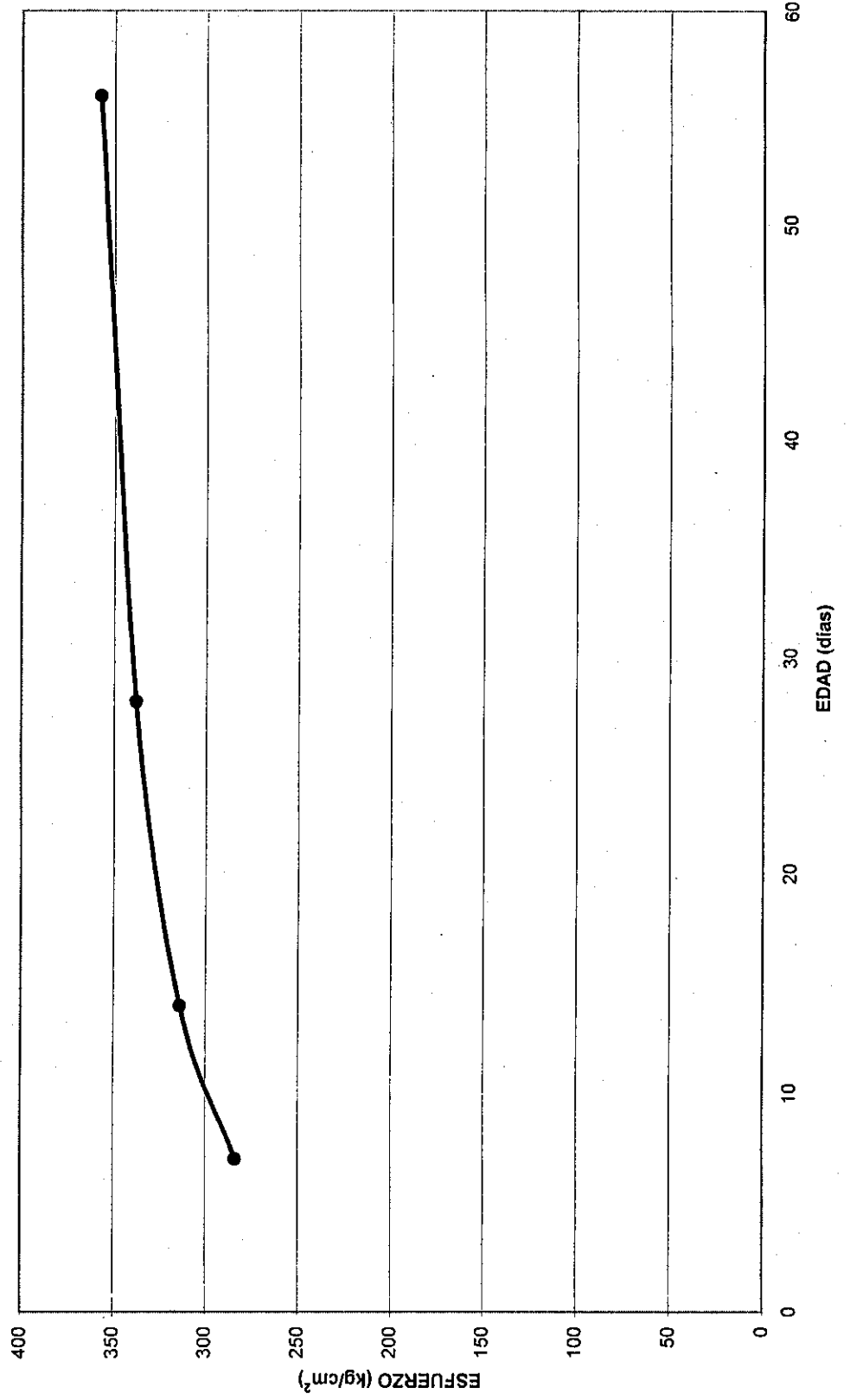
ENSAYO DE CILINDROS DE LA MEZCLA "C" 20%

Diámetro (cm)	Peso (kg)	Carga Total (lb)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Pa)	Días	Desv
15.20	10.87	56567	141.40	13.85	7	3.41
15.17	10.80	79167	198.71	19.47	14	11.14
15.20	11.00	105000	262.52	25.72	28	8.46
15.33	10.93	103667	255.64	24.92	56	35.98

ENSAYO DE CILINDROS DE LA MEZCLA "C" 30%

Diámetro (cm)	Peso (kg)	Carga Total (lb)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Pa)	Días	Desv
15.20	10.80	75000	187.48	18.37	7	0
15.20	11.00	86000	214.97	21.07	14	0
15.20	10.60	108500	271.01	26.56	28	21.47
15.33	10.60	120000	292.84	28.70	56	0

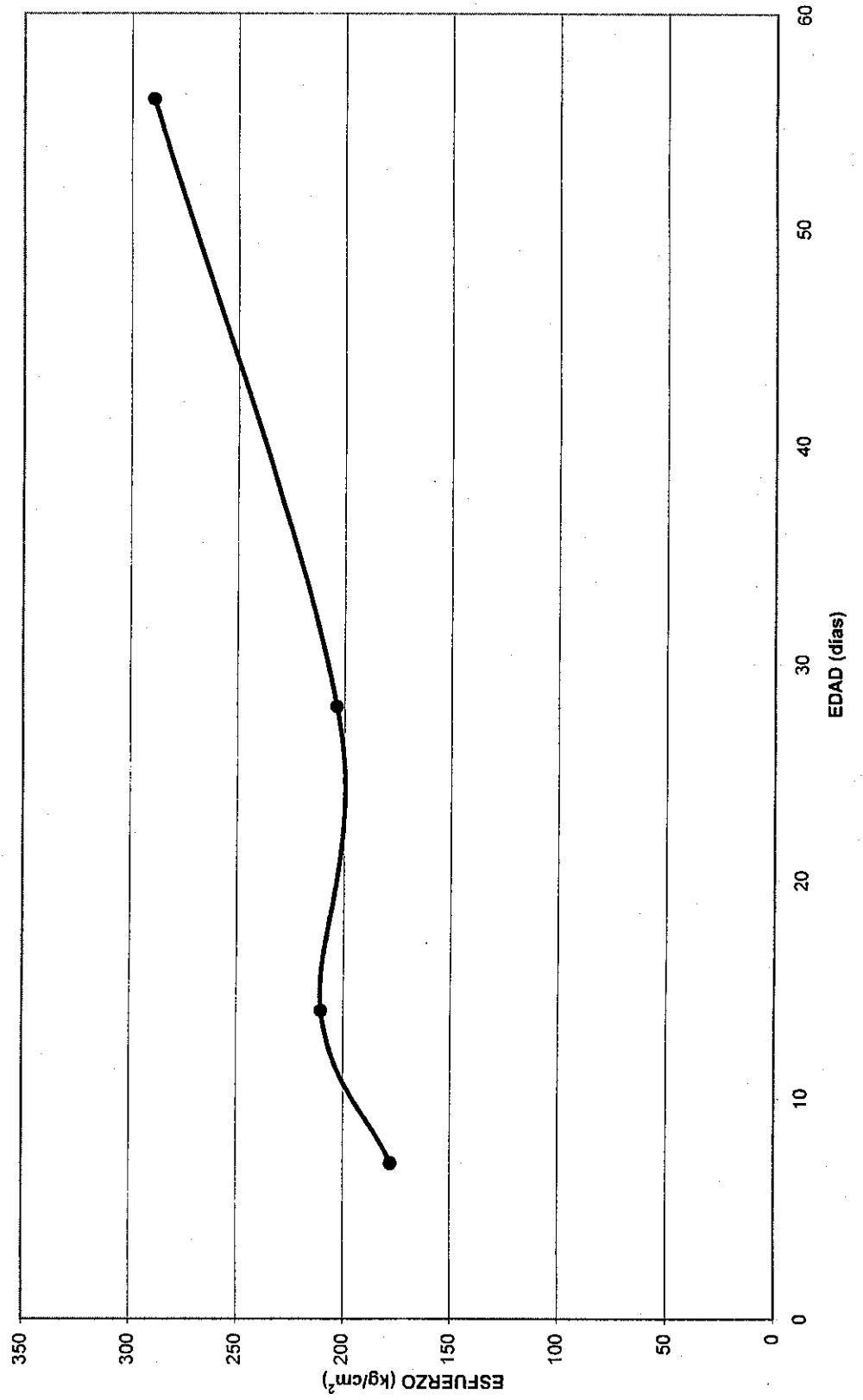
**ANEXO 23**  
**GRÁFICA DE ESFUERZO Vrs. EDAD**  
**MEZCLA DE CONTROL**



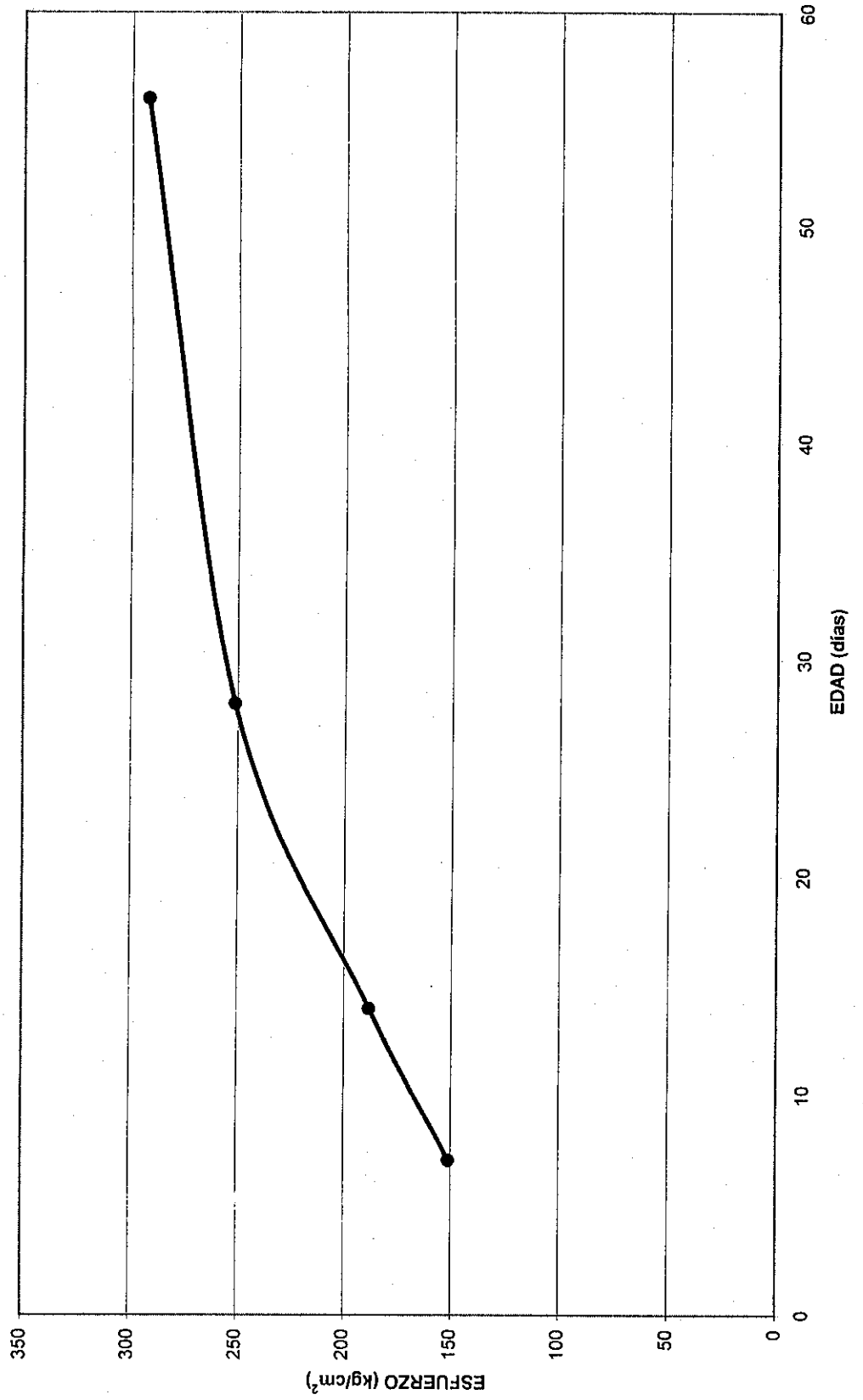
**ANEXO 24**  
**GRÁFICA DE ESFUERZO Vrs. EDAD**  
**MEZCLA "A" 35%**



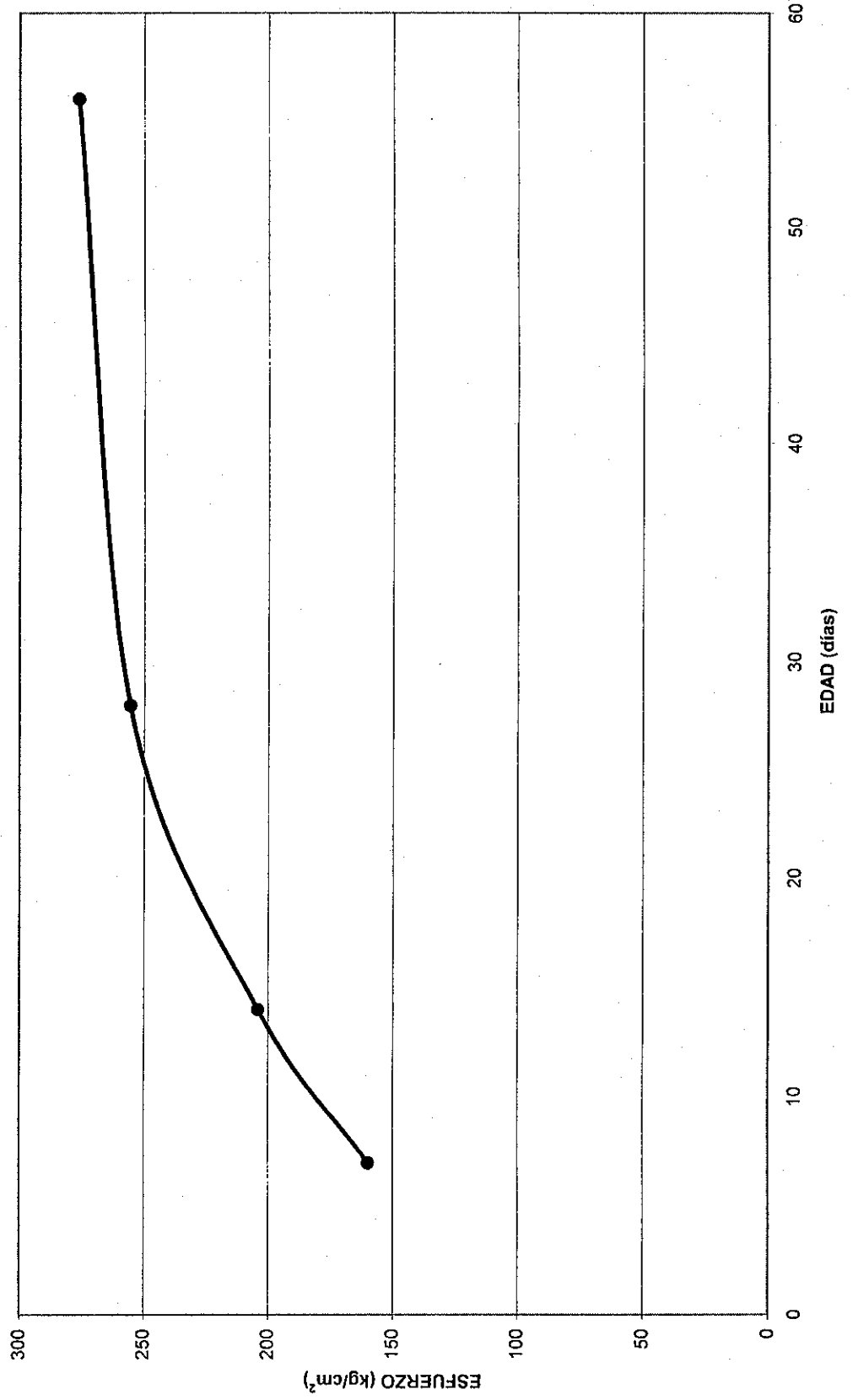
**ANEXO 25**  
**GRÁFICA DE ESFUERZO Vrs. EDAD**  
**MEZCLA "A" 20%**



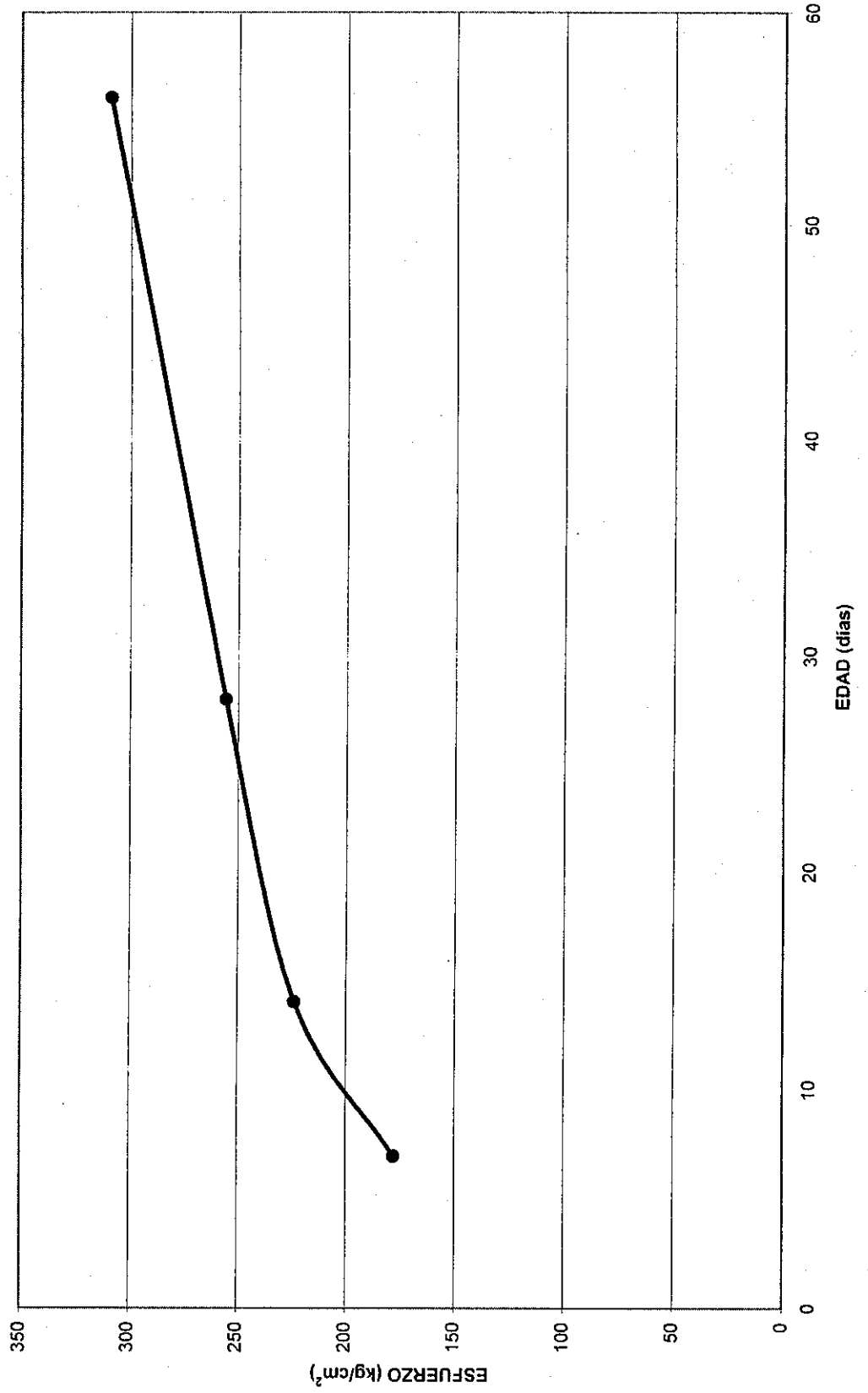
**ANEXO 26**  
**GRÁFICA ESFUERZO Vrs. EDAD**  
**MEZCLA "A" 30%**



**ANEXO 27**  
**GRÁFICA ESFUERZO Vrs. EDAD**  
**MEZCLA "B" 35%**

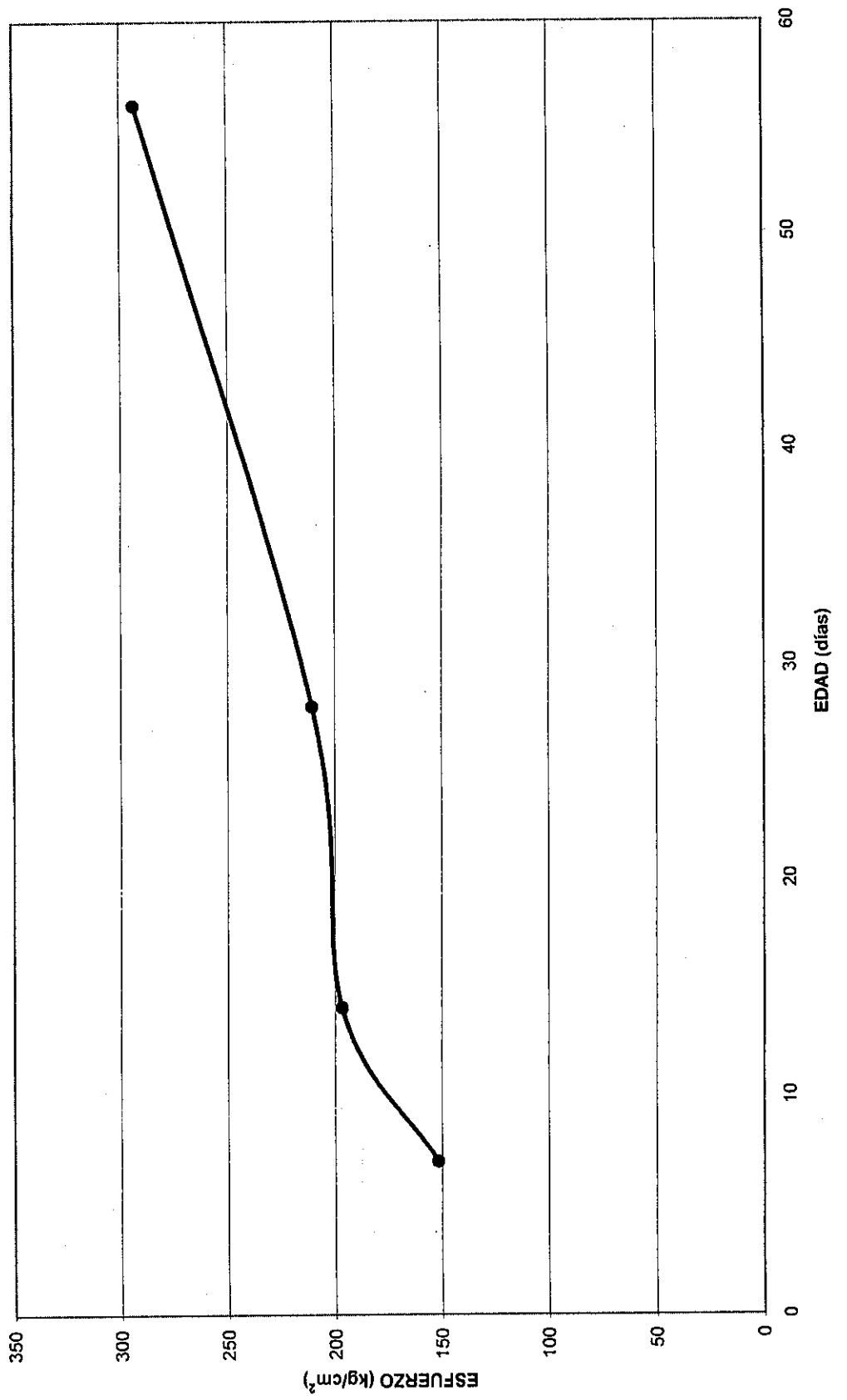


**ANEXO 28**  
**GRÁFICA ESFUERZO Vrs. EDAD**  
**MEZCLA "B" 20%**

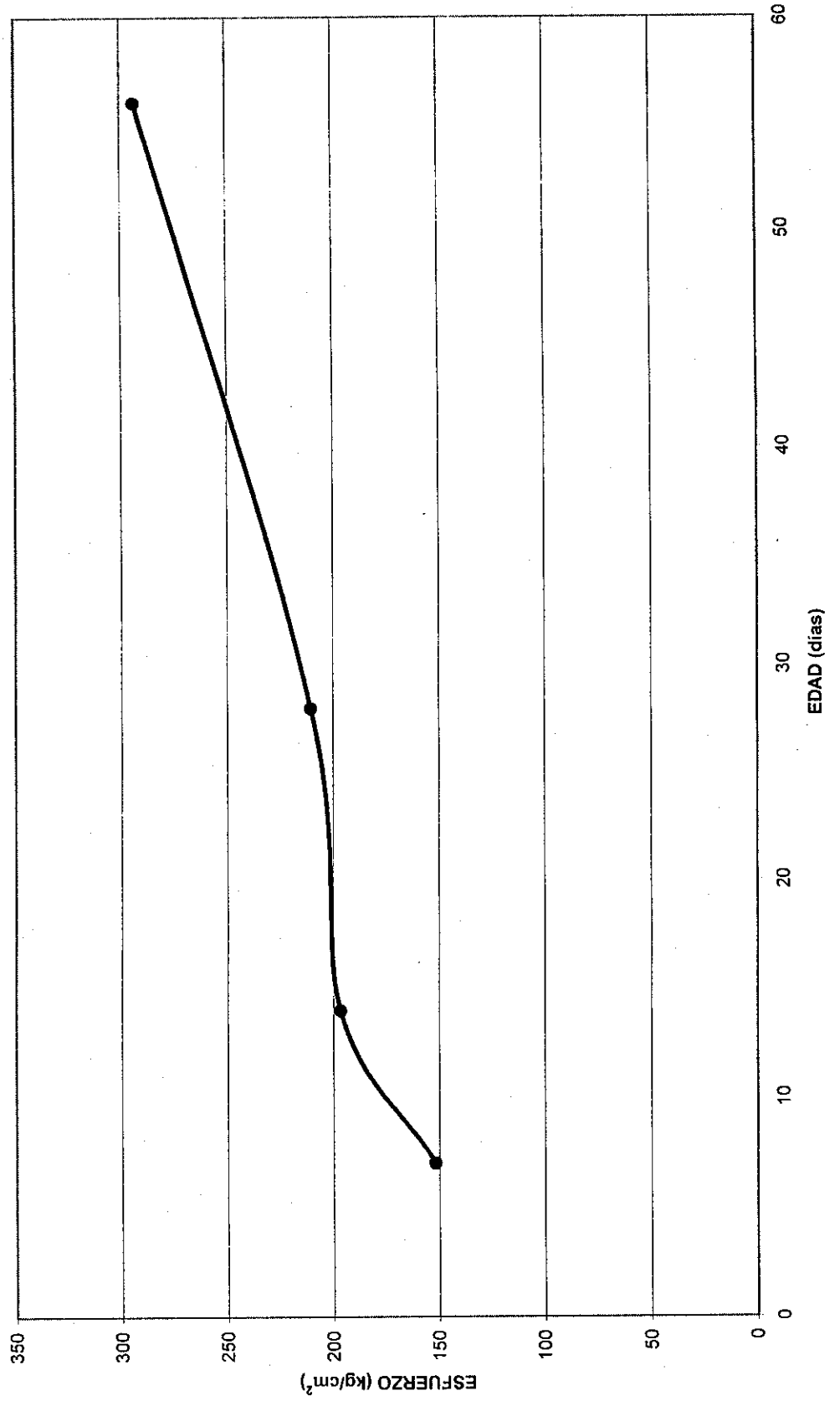




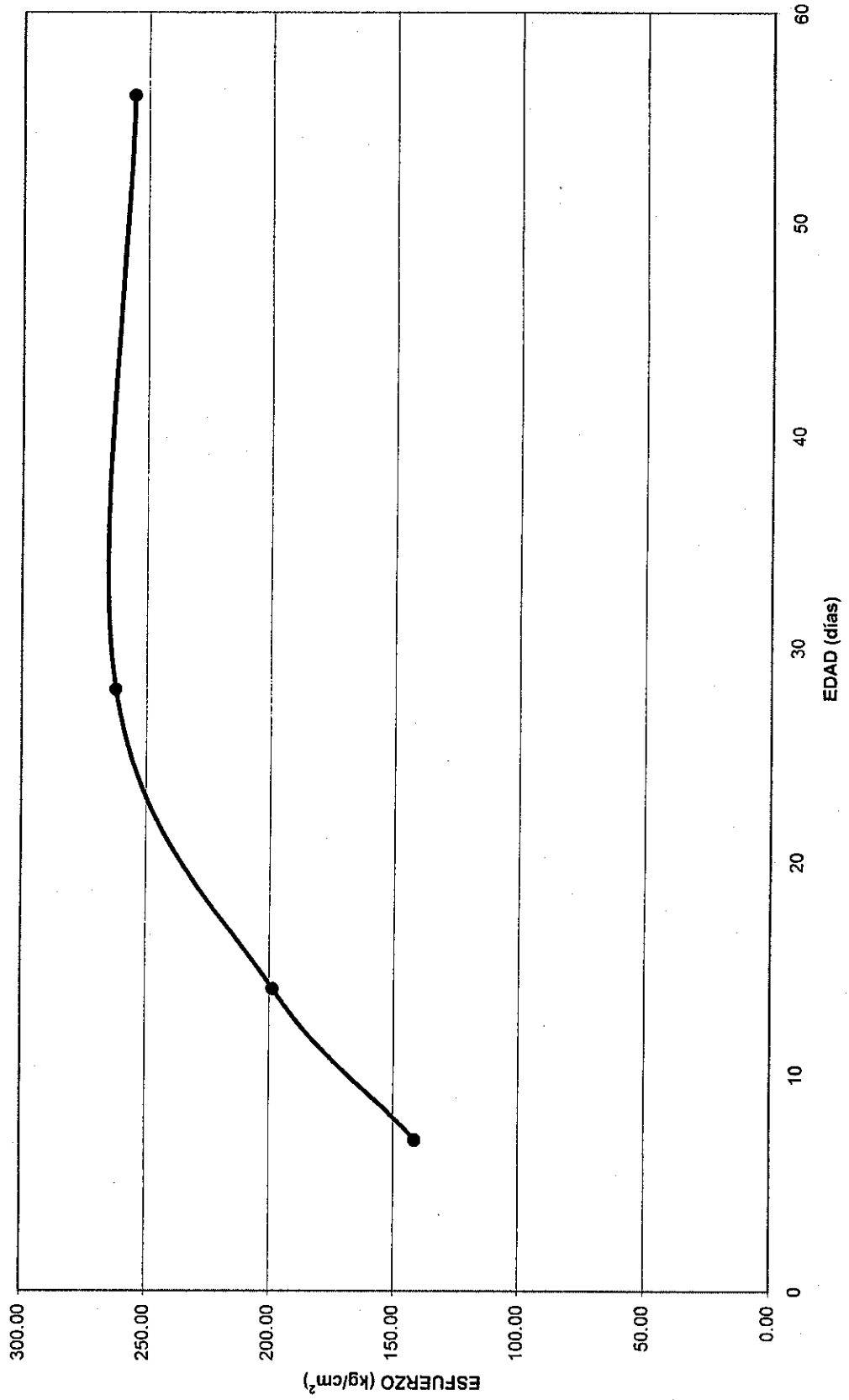
**ANEXO 29**  
**GRÁFICA ESFUERZO Vrs. EDAD**  
**MEZCLA "B" 30%**



**ANEXO 30**  
**GRÁFICA ESFUERZO Vrs. EDAD**  
**MEZCLA "C" 35%**



**ANEXO 31**  
**GRÁFICA ESFUERZO Vrs. EDAD**  
**MEZCLA "C" 20%**



**ANEXO 32**  
**GRÁFICA ESFUERZO Vrs. EDAD**  
**MEZCLA "C" 30%**

