

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **MÓDULO DE ELASTICIDAD (SECANTE) EN CONCRETOS PRODUCIDOS CON AGREGADOS LOCALES**

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por los Brs.:  
Molina C., Ismael A.  
Urdaneta T., Alberto A.  
Para optar por el Título de  
Ingeniero Civil.

Caracas, 2008

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **MÓDULO DE ELASTICIDAD (SECANTE) EN CONCRETOS PRODUCIDOS CON AGREGADOS LOCALES**

TUTOR ACADEMICO: Prof. Ronald Torres

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por los Brs.:  
Molina C., Ismael A.  
Urdaneta T., Alberto A.  
Para optar por el Título de  
Ingeniero Civil.

Caracas, 2008

## ACTA

El día Miércoles 4 de Junio de 2008 se reunió el jurado formado por los profesores

Norberto Fernández

Francisco Garcés

Ronald Torres

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: **"MÓDULO DE ELASTICIDAD (SECANTE) EN CONCRETOS PRODUCIDOS CON AGREGADOS LOCALES"**.

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al título de **INGENIERO CIVIL**.

Una vez oída la defensa oral que los Bachilleres hicieron de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

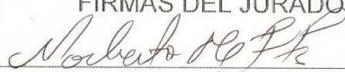
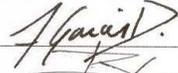
NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Número	Letras
Br. Ismael A. Molina C.	19	DIECINUEVE
Br. Alberto A. Urdaneta T.	19	DIECINUEVE

RECOMENDACIONES:

---

---

FIRMAS DEL JURADO


Caracas, 4 de Junio de 2008.

## **AGRADECIMIENTOS**

**Por: Alberto Urdaneta.**

Me gustaría aprovechar esta oportunidad para dedicar unas líneas a aquellas personas que en definitiva fueron los pilares fundamentales en mi formación estudiantil y que sin duda apartaron en gran medida aquellos obstáculos que se presentan y que dificultan la consecución de este objetivo.

Estas personas las cuales amo y siempre tendré en mi corazón son mis padres Americo y Alicia, que siempre han estado ahí para apoyarme, darme consejos, impulsarme a lograr mis objetivos, simplemente han estado ahí para cualquier cosa que he necesitado y han movido cielo y tierra para darme lo mejor que han podido. A mi hermana Alicia que ha hecho un trabajo que se da por entendido y que muchas veces no se aprecia, pero que sin embargo es de suma importancia y lo mas importante es que lo ha hecho con mucho mucho cariño.

A mis padrinos, Carmelo y Hermelinda Mendoza, sin duda, su cariño, su apoyo y sacrificio durante el tiempo que he estado aquí en caracas ha sido fundamental y me han impulsado para seguir adelante en aquellos tantos momentos difíciles que se pasan durante la carrera, les estaré agradecidos toda la vida, porque el aporte que hicieron a mi vida no tiene precio, los valores que subjetivamente me inculcaron son muy grandes, paciencia, sacrificio y el valor de una amistad invencible, el saber que siempre tienes a alguien ahí con quien contar y que estas seguro que no te defraudará no tiene precio. Para ustedes, un millón de gracias.

A mi compañero de tesis, Ismael que considero que formamos un equipo bastante solido y que en los momentos que estuve ausente, siempre me apoyó y eso es algo que no tiene precio “El espíritu de un equipo complementario radica en que uno está ahí para desempeñar un papel único que compensa las debilidades de los demás. No se está ahí para identificar sus debilidades y centrarse en ellas, ni para criticarlos a sus espaldas. Se está para compensar sus debilidades al

tiempo que ellos compensan las nuestras. Nadie tiene solo puntos fuertes y muy pocas personas pueden destacar en todas los roles. El respeto mutuo se convierte en imperativo moral". Gracias.

A nuestro tutor Prof. Ronald Torres, que nos asesoró durante la realización de todo el trabajo experimental, al Prof. Cesar Peñuela y la Prof. Gabriela Tedesco por su apoyo incondicional al momento de cualquier eventualidad, a los técnicos del IMME en especial a Elione Barrios que estuvo con nosotros en todo momento durante los ensayos, inclusive en horas más allá del horario de trabajo y a las pasantes Jackelin Sandoval y Edith Camacho que llegaron en un momento muy preciso para nosotros.

A la premezcladora Falcon Crest, cuyo aporte para este trabajo especial de grado con la donación de las probetas de concreto fue de vital importancia, estamos muy agradecidos.

## **Por: Ismael Molina.**

Quiero agradecer primordialmente toda la colaboración que aportaron mis padres desde mi nacimiento, hasta la actualidad. El apoyo que prestaron durante todos mis estudios es el motivo principal que hace que haya llegado hasta la culminación de mis estudios universitarios en la Ingeniería Civil.

En la parte universitaria, agradezco a todos mis compañeros de estudio, con los cuales pude superar todos los obstáculos académicos que se dieron a lo largo de la carrera universitaria. A mi compañero de tesis por haber trabajado conmigo en este trabajo. A todos los profesores por los conocimientos dados en las aulas de clase y que me servirán para el desenvolvimiento en el campo laboral.

También quiero expresar mis agradecimientos a nuestro tutor de tesis, el Prof. Ronald torres, por darnos la oportunidad de desarrollar este tema y por toda la colaboración prestada durante el desarrollo de los ensayos de este trabajo. Hay que mencionar también la colaboración del Prof. Cesar Peñuela y el Prof. Nelson Camacho por las recomendaciones dadas en el transcurso de los ensayos. Hay que hacer un reconocimiento a todo el personal que labora en el IMME (Instituto de Materiales y Modelos Estructurales) por toda la colaboración prestada a lo largo de los ensayos, y en especial al Técnico Eleone Barrios y a los pasantes del IMME por la colaboración y paciencia que mostraron en la realización de los ensayos, a todos ellos muchas gracias.

## **Resumen**

**Molina C., Ismael A.  
Urdaneta T., Alberto A.**

### **MODULO DE ELASTICIDAD (SECANTE) PRODUCIDO CON AGREGADOS LOCALES**

**Tutor Académico: Prof. Ronald Torres. Tesis.  
Trabajo Especial de Grado, Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.  
Escuela de Ingeniería Civil. 2008. (241 pág.)**

Palabras clave: Módulo de Elasticidad, agregados locales, concreto, resultados experimentales.

Debido al poco estudio que se ha realizado sobre el módulo de elasticidad a nivel local , surge este trabajo especial de grado que tiene como finalidad obtener resultados experimentales del módulo hecho con agregados locales para entender un poco mas el comportamiento de este en las obras que se realizan en la actualidad en el país. De esta forma, se aportaría resultados experimentales que ayudaran a entender su comportamiento, también permitirá establecer que tan cerca o alejados están valores recomendados por normas del comportamiento real del concreto hecho con los agregados locales y verificar que todos los cálculos que se realizan en la actualidad relacionados al módulo de elasticidad son los más convenientes para la construcción venezolana.

Para obtener los resultados experimentales se procedió a la elaboración de probetas de concreto de diferentes resistencias (180, 210, 250 y 300kgf/cm<sup>2</sup>) y se

ensayaron a diferentes edades (7, 14, 21 y 28 días) para ver el comportamiento y desarrollo del módulo a lo largo de los ensayos.

Los resultados muestran que se trabajó con probetas de concreto homogéneas que se corroboraron con los ensayos de ultrasonido para realizar los ensayos del módulo elástico secante.

El módulo de elasticidad de concretos elaborados con agregados locales muestran el comportamiento deseado según la normativa vigente, dado que a medida que aumenta la resistencia, aumenta el módulo elástico. Todos los módulos elásticos experimentales se encuentran por encima de los módulos estimados por norma, esto indica que el módulo de elasticidad que se aplica en la actualidad es un módulo conservador.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>3</b>
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.2.    MARCO REFERENCIAL .....	5
1.3.    OBJETIVOS .....	7
1.3.1. <i>Objetivo General</i> .....	7
1.3.2. <i>Objetivos Especificos</i> .....	7
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>8</b>
2.1.    AGREGADOS .....	8
2.2.    CEMENTO .....	16
2.3.    DISEÑO DE MEZCLAS.....	20
2.4.    MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	25
<b>CAPÍTULO III: MÉTODO .....</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>34</b>
4.1.    RESULTADOS.....	34
4.1.1. <i>Agregados</i> .....	34
4.1.2. <i>MÓDULO DE ELASTICIDAD</i> .....	40
4.2.    ANÁLISIS .....	75
4.2.1.    AGREGADOS .....	78
4.2.2.    MEZCLAS.....	78
4.2.3.    MODULO DE ELASTICIDAD.....	79
4.2.4.    COMPARACIÓN DE MÓDULOS DE ELASTICIDAD.....	84
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>85</b>
5.1.    CONCLUSIONES .....	85
5.2.    RECOMENDACIONES.....	86

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
APENDICES .....	88

## Indice de Tablas

TABLA 1: TIPOS DE CEMENTO PORTLAND, SEGÚN COVENIN 28-1993 Y ASTM. ....	17
TABLA 2: GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS (FINO) LOCALES SUMINISTRADOS POR EL IMME.....	34
TABLA 3: GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS (GRUESO) LOCALES SUMINISTRADOS POR EL IMME. ....	35
TABLA 4: LÍMITES GRANULOMÉTRICOS SEGÚN “MANUAL DEL CONCRETO ESTRUCTURAL” DE J. PORRERO. .....	35
TABLA 5: PORCENTAJES PASANTES DE AGREGADOS PARA MEZCLA DE DISEÑO DE R = 180 KGF/CM <sup>2</sup> .....	36
TABLA 6: PORCENTAJES PASANTES DE AGREGADOS PARA MEZCLA DE DISEÑO DE R = 210 KGF/CM <sup>2</sup> .....	37
TABLA 7: PORCENTAJES PASANTES DE AGREGADOS PARA MEZCLA DE DISEÑO DE R = 250 KGF/CM <sup>2</sup> .....	38
TABLA 8: PORCENTAJES PASANTES DE AGREGADOS PARA MEZCLA DE DISEÑO DE R = 300 KGF/CM <sup>2</sup> .....	39
TABLA 10: VALORES TOMADOS PARA CALCULAR CURVAS QUE REPRESENTAN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	41
GRÁFICO 7: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (R = 180 KGF/CM <sup>2</sup> ) A LOS 21 DÍAS .....	44
TABLA 11: RESULTADOS DE LA DEFORMACIÓN DE LAS PROBETAS DE CONCRETO NORMALIZADAS DE RESISTENCIA 210 KGF/CM <sup>2</sup> .....	47
TABLA 12 : VALORES TOMADOS PARA CALCULAR CURVAS QUE REPRESENTAN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	47
LA GRÁFICA MUESTRA CURVAS CUYAS PENDIENTES SON SIMILARES, LA PROBETA 2 MUESTRA UN COMPORTAMIENTO ATÍPICO AL INICIO, POSIBLEMENTE POR UNA PEQUEÑA FALLA DEL EXTENSÓMETRO, PERO DESPUÉS PRESENTA LA MISMA TENDENCIA DE LA OTRA CURVA. LOS RESULTADOS DE LA PROBETA 1 FUERON DESCARTADOS POR NO TENER EL MISMO COMPORTAMIENTO DE LOS OTROS ENSAYOS. ....	48
TABLA 13: RESULTADOS DE LA DEFORMACIÓN DE LAS PROBETAS DE CONCRETO NORMALIZADAS DE RESISTENCIA 250 KGF/CM <sup>2</sup> .....	53
TABLA 14: VALORES TOMADOS PARA CALCULAR CURVAS QUE REPRESENTAN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	53

TABLA 15: RESULTADOS DE LA DEFORMACIÓN DE LAS PROBETAS DE CONCRETO NORMALIZADAS DE RESISTENCIA 300 KGF/CM <sup>2</sup> .	59
TABLA 16: VALORES TOMADOS PARA CALCULAR CURVAS QUE REPRESENTAN EL MÓDULO DE ELASTICIDAD.	59
TABLA 17: RESULTADOS DEL PROMEDIO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL OBTENIDO PARA CADA EDAD Y RESISTENCIA.	69
TABLA 18: RESULTADOS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD TEÓRICOS SEGÚN LAS FÓRMULAS ESTIPULADAS EN LAS NORMAS COVENIN 1753 CAPITULO 8.3 Y LA ACI 318.	69
TABLA 19: DIFERENCIA PORCENTUALES ENTRE EL MÓDULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL PARA LAS DIFERENTES EDADES Y RESISTENCIAS CON RESPECTO A EL RESULTADO DEL MODULO TEÓRICO INDICADO CAPITULO 8.3 DE LA NORMA COVENIN 1753.	76
TABLA 20: DIFERENCIAS PORCENTUALES ENTRE EL MÓDULO DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL PARA LAS DIFERENTES EDADES Y RESISTENCIAS CON RESPECTO A EL RESULTADO DEL MÓDULO TEÓRICO INDICADO EN LA NORMA ACI 318.	76
TABLA 21: MÓDULOS DE ELASTICIDAD SECANTE NORMATIVO Y SECANTE CON ESFUERZO Y DEFORMACIÓN INICIAL CERO. CONCRETO DE RESISTENCIA 180 KGF/CM <sup>2</sup> .	71
TABLA 22: MÓDULOS DE ELASTICIDAD SECANTE NORMATIVO Y SECANTE CON ESFUERZO Y DEFORMACIÓN INICIAL CERO. CONCRETO DE RESISTENCIA 210 KG/CM <sup>2</sup> .	72
TABLA 23: MÓDULOS DE ELASTICIDAD SECANTE NORMATIVO Y SECANTE CON ESFUERZO Y DEFORMACIÓN INICIAL CERO. CONCRETO DE RESISTENCIA 250 KGF/CM <sup>2</sup> .	73
TABLA 24: MÓDULOS DE ELASTICIDAD SECANTE NORMATIVO Y SECANTE CON ESFUERZO Y DEFORMACIÓN INICIAL CERO. CONCRETO DE RESISTENCIA 300 KGF/CM <sup>2</sup> .	74
TABLA 25: DIMENSIONES Y PESO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO, RESISTENCIA: 180 KG/CM <sup>2</sup> , EDAD: 7 DÍAS.	107
TABLA 26: ÁREA, VOLUMEN Y DENSIDAD DEL CONCRETO, RESISTENCIA: 180 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 7 DÍAS. ..	107
TABLA 27: TIEMPO Y VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ONDA. R: 180 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 7 DÍAS.	108
TABLA 28: RESISTENCIA PROMEDIO. R: 180 KG/CM <sup>2</sup> , EDAD: 7 DÍAS.	108

TABLA 29: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 180 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 7 DÍAS, PROBETA 1.....	109
TABLA 30: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 180 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 7 DÍAS, PROBETA 4.....	111
TABLA 31: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 180 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 7 DÍAS, PROBETA 5.....	113
TABLA 32: DIMENSIONES Y PESO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO, RESISTENCIA: 180 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 14 DÍAS.....	115
TABLA 33: ÁREA, VOLUMEN Y DENSIDAD DEL CONCRETO, RESISTENCIA: 180 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 14 DÍAS. .	115
TABLA 34: TIEMPO Y VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ONDA. R: 180 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 14 DÍAS.....	116
TABLA 35: RESISTENCIA PROMEDIO. R: 180 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 14 DÍAS.....	116
TABLA 36: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 180 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 14 DÍAS, PROBETA 3.....	117
TABLA 37: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 180 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 14 DÍAS, PROBETA 5.....	119
TABLA 38: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 180 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 14 DÍAS, PROBETA 6.....	121
TABLA 39: DIMENSIONES Y PESO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO, RESISTENCIA: 180 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 21 DÍAS.....	123
TABLA 40: ÁREA, VOLUMEN Y DENSIDAD DEL CONCRETO, RESISTENCIA: 180 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 21 DÍAS..	123
TABLA 41: RESISTENCIA PROMEDIO. R: 180 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 21 DÍAS.....	123
TABLA 42: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 180 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 21 DÍAS, PROBETA 3.....	124
TABLA 43: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 180 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 21 DÍAS, PROBETA 4.....	126
TABLA 44: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 180 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 21 DÍAS, PROBETA 5.....	128

TABLA 45: DIMENSIONES Y PESO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO, RESISTENCIA: 180 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 28 DÍAS.....	130
TABLA 46: ÁREA, VOLUMEN Y DENSIDAD DEL CONCRETO, RESISTENCIA: 180 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 28 DÍAS..	130
TABLA 47: TIEMPO Y VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ONDA. R: 180 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 28 DÍAS.....	130
TABLA 48: RESISTENCIA PROMEDIO. R: 180 KG/CM <sup>2</sup> , EDAD: 28 DÍAS.....	131
TABLA 49: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 180 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 28 DÍAS, PROBETA 1.....	132
TABLA 50: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 180 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 28 DÍAS, PROBETA 2.....	134
TABLA 51: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 180 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 28 DÍAS, PROBETA 3.....	136
TABLA 52: DIMENSIONES Y PESO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO, RESISTENCIA: 210 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 8 DÍAS.....	138
TABLA 53: ÁREA, VOLUMEN Y DENSIDAD DEL CONCRETO, RESISTENCIA: 210 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 8 DÍAS. ..	138
TABLA 54: TIEMPO Y VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ONDA. R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 8 DÍAS.....	139
TABLA 55: RESISTENCIA PROMEDIO. R: 210 KG/CM <sup>2</sup> , EDAD: 8 DÍAS.....	139
TABLA 56: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 8 DÍAS, PROBETA 2.....	140
TABLA 57: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 8 DÍAS, PROBETA 3.....	142
TABLA 59: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 8 DÍAS, PROBETA 4.....	144
TABLA 60: DIMENSIONES Y PESO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO, RESISTENCIA: 210 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 14 DÍAS.....	146
TABLA 61: ÁREA, VOLUMEN Y DENSIDAD DEL CONCRETO, RESISTENCIA: 210 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 14 DÍAS..	146
TABLA 62: TIEMPO Y VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ONDA. R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 14 DÍAS.....	147
TABLA 63: RESISTENCIA PROMEDIO. R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 14 DÍAS.....	147

TABLA 64: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 14 DÍAS, PROBETA 4.....	148
TABLA 65: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 14 DÍAS, PROBETA 5.....	150
TABLA 66: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 14 DÍAS, PROBETA 6.....	152
TABLA 67: DIMENSIONES Y PESO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO, RESISTENCIA: 210 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 21 DÍAS.....	154
TABLA 68: ÁREA, VOLUMEN Y DENSIDAD DEL CONCRETO, RESISTENCIA: 210 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 21 DÍAS..	154
TABLA 69: TIEMPO Y VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ONDA. R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 21 DÍAS.....	155
TABLA 70: RESISTENCIA PROMEDIO. R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 21 DÍAS.....	155
TABLA 71: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 21 DÍAS, PROBETA 1.....	156
TABLA 72: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 21 DÍAS, PROBETA 5.....	158
TABLA 73: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 21 DÍAS, PROBETA 6.....	160
TABLA 74: DIMENSIONES Y PESO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO, RESISTENCIA: 210 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 29 DÍAS.....	162
TABLA 75: ÁREA, VOLUMEN Y DENSIDAD DEL CONCRETO, RESISTENCIA: 210 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 29 DÍAS..	162
TABLA 76: RESISTENCIA PROMEDIO. R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 29 DÍAS.....	163
TABLA 77: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 29 DÍAS, PROBETA 2.....	164
TABLA 78: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 29 DÍAS, PROBETA 5.....	166
TABLA 79: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 210 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 29 DÍAS, PROBETA 6.....	168

TABLA 80: DIMENSIONES Y PESO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO, RESISTENCIA: 250 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 7 DÍAS.....	170
TABLA 81: ÁREA, VOLUMEN Y DENSIDAD DEL CONCRETO, RESISTENCIA: 250 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 7 DÍAS. ..	170
TABLA 82: TIEMPO Y VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ONDA. R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 7 DÍAS.....	171
TABLA 83: RESISTENCIA PROMEDIO. R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 7 DÍAS.....	171
TABLA 84: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 7 DÍAS, PROBETA 1.....	172
TABLA 85: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 7 DÍAS, PROBETA 4.....	174
TABLA 86: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 7 DÍAS, PROBETA 5.....	176
TABLA 87: DIMENSIONES Y PESO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO, RESISTENCIA: 250 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 14 DÍAS.....	178
TABLA 88: ÁREA, VOLUMEN Y DENSIDAD DEL CONCRETO, RESISTENCIA: 250 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 14 DÍAS..	178
TABLA 89: TIEMPO Y VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ONDA. R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 14 DÍAS.....	179
TABLA 90: RESISTENCIA PROMEDIO. R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 14 DÍAS.....	179
TABLA 91: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 14 DÍAS, PROBETA 4.....	180
TABLA 92: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 14 DÍAS, PROBETA 5.....	182
TABLA 93: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 14 DÍAS, PROBETA 6.....	184
TABLA 94: DIMENSIONES Y PESO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO, RESISTENCIA: 250 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 21 DÍAS.....	186
TABLA 95: ÁREA, VOLUMEN Y DENSIDAD DEL CONCRETO, RESISTENCIA: 250 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 21 DÍAS..	186
TABLA 96: TIEMPO Y VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ONDA. R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 21 DÍAS.....	187
TABLA 97: RESISTENCIA PROMEDIO. R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 21 DÍAS.....	187

TABLA 98: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 21 DÍAS, PROBETA 2.....	188
TABLA 99: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 21 DÍAS, PROBETA 3.....	190
TABLA 100: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 21 DÍAS, PROBETA 4.....	192
TABLA 101: DIMENSIONES Y PESO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO, RESISTENCIA: 250 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 29 DÍAS.....	194
TABLA 102: ÁREA, VOLUMEN Y DENSIDAD DEL CONCRETO, RESISTENCIA: 250 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 29 DÍAS. .....	194
TABLA 103: TIEMPO Y VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ONDA. R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 29 DÍAS.....	195
TABLA 104: RESISTENCIA PROMEDIO. R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 29 DÍAS. ....	195
TABLA 105: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 29 DÍAS, PROBETA 1.....	196
TABLA 106: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 29 DÍAS, PROBETA 4.....	198
TABLA 107: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 250 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 29 DÍAS, PROBETA 6.....	200
TABLA 108: DIMENSIONES Y PESO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO, RESISTENCIA: 300 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 7 DÍAS.....	202
TABLA 109: ÁREA, VOLUMEN Y DENSIDAD DEL CONCRETO, RESISTENCIA: 300 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 7 DÍAS..	202
TABLA 110: TIEMPO Y VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ONDA. R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 7 DÍAS.....	203
TABLA 111: RESISTENCIA PROMEDIO. R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 7 DÍAS. ....	203
TABLA 112: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 7 DÍAS, PROBETA 1.....	204
TABLA 113: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 7 DÍAS, PROBETA 2.....	206

TABLA 114: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 7 DÍAS, PROBETA 6.....	208
TABLA 115: DIMENSIONES Y PESO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO, RESISTENCIA: 300 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 14 DÍAS.....	210
TABLA 116: ÁREA, VOLUMEN Y DENSIDAD DEL CONCRETO, RESISTENCIA: 300 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 14 DÍAS. .....	210
TABLA 117: TIEMPO Y VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ONDA. R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 14 DÍAS.....	210
TABLA 118: RESISTENCIA PROMEDIO. R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 14 DÍAS. ....	211
TABLA 119: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 14 DÍAS, PROBETA 3.....	212
TABLA 120: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 14 DÍAS, PROBETA 4.....	214
TABLA 121: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 14 DÍAS, PROBETA 6.....	216
TABLA 122: DIMENSIONES Y PESO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO, RESISTENCIA: 300 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 21 DÍAS.....	218
TABLA 123: ÁREA, VOLUMEN Y DENSIDAD DEL CONCRETO, RESISTENCIA: 300 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 21 DÍAS. .....	218
TABLA 124: RESISTENCIA PROMEDIO. R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 21 DÍAS. ....	218
TABLA 125: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 21 DÍAS, PROBETA 1.....	219
TABLA 126: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 21 DÍAS, PROBETA 4.....	221
TABLA 127: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 21 DÍAS, PROBETA 6.....	223
TABLA 128: DIMENSIONES Y PESO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO, RESISTENCIA: 300 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 28 DÍAS.....	225

TABLA 129: ÁREA, VOLUMEN Y DENSIDAD DEL CONCRETO, RESISTENCIA: 300 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 28 DÍAS. .....	225
TABLA 130: TIEMPO Y VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ONDA. R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 28 DÍAS.....	225
TABLA 131: RESISTENCIA PROMEDIO. R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> , EDAD: 28 DÍAS. ....	226
TABLA 132: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 28 DÍAS, PROBETA 1.....	227
TABLA 133: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 28 DÍAS, PROBETA 2.....	230
TABLA 134: ESFUERZO Y DEFORMACIÓN UNITARIA DE CADA ENSAYO Y PROMEDIO, R: 300 KGF/CM <sup>2</sup> EDAD: 28 DÍAS, PROBETA 4.....	233
TABLA 135: MÓDULOS DE ELASTICIDAD DE CADA UNA DE LAS PROBETAS Y DESVIACIÓN DE LOS RESULTADOS. VIENE REFERIDAS POR RESISTENCIA, FECHA DE ENSAYO Y NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA.....	236
TABLA 136: MÓDULOS DE ELASTICIDAD DE CADA UNA DE LAS PROBETAS Y DESVIACIÓN DE LOS RESULTADOS. VIENE REFERIDAS POR RESISTENCIA, FECHA DE ENSAYO Y NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA.....	237
TABLA 137: MÓDULOS DE ELASTICIDAD DE CADA UNA DE LAS PROBETAS Y DESVIACIÓN DE LOS RESULTADOS. VIENE REFERIDAS POR RESISTENCIA, FECHA DE ENSAYO Y NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA.....	238
TABLA 138: MÓDULOS DE ELASTICIDAD DE CADA UNA DE LAS PROBETAS Y DESVIACIÓN DE LOS RESULTADOS. VIENE REFERIDAS .....	239
POR RESISTENCIA, FECHA DE ENSAYO Y NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA.....	239

## Índice de Gráficos

GRÁFICA 1: PORCENTAJES PASANTES DE AGREGADOS Y LÍMITES GRANULOMÉTRICOS SEGÚN “MANUAL DEL CONCRETO ESTRUCTURAL DE J. PORRERO. R = 180 KGF/CM <sup>2</sup> .....	36
GRÁFICA 2: PORCENTAJES PASANTES DE AGREGADOS Y LÍMITES GRANULOMÉTRICOS SEGÚN “MANUAL DEL CONCRETO ESTRUCTURAL DE J. PORRERO. R = 210 KGF/CM <sup>2</sup> .....	37
GRÁFICA 3: PORCENTAJES PASANTES DE AGREGADOS Y LÍMITES GRANULOMÉTRICOS SEGÚN “MANUAL DEL CONCRETO ESTRUCTURAL DE J. PORRERO. R = 250 KGF/CM <sup>2</sup> .....	38
GRÁFICA 4: PORCENTAJES PASANTES DE AGREGADOS Y LÍMITES GRANULOMÉTRICOS SEGÚN “MANUAL DEL CONCRETO ESTRUCTURAL” DE J. PORRERO. R = 300 KGF/CM <sup>2</sup> . ....	39
GRÁFICO 5: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (R = 180 KGF/CM <sup>2</sup> A LOS 7 DÍAS).....	42
GRÁFICO 6: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (R = 180 KGF/CM <sup>2</sup> A LOS 14 DÍAS). ....	43
GRÁFICO 7: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (R = 180 KGF/CM <sup>2</sup> A LOS 21 DÍAS). ....	44
GRÁFICO 8: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (R= 180 KGF/CM <sup>2</sup> A LOS 28 DÍAS). ....	45
GRÁFICO 9: PROMEDIO DE LAS CURVAS OBTENIDAS PARA CADA EDAD (R = 180 KGF/CM <sup>2</sup> ) Y SU RESPECTIVO MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	46
GRÁFICO 10: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (R = 210 KGF/CM <sup>2</sup> A LOS 8 DÍAS). ....	48
GRÁFICO 11: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (R = 210 KGF/CM <sup>2</sup> A LOS 14DÍAS). ....	49
GRÁFICO 12: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (R = 210 KGF/CM <sup>2</sup> A LOS 21DÍAS). ....	50
GRÁFICO 13: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (R = 210 KGF/CM <sup>2</sup> A LOS 28 DÍAS). ....	51
GRÁFICO 14: PROMEDIO DE LAS CURVAS OBTENIDAS PARA CADA EDAD (R = 210 KGF/CM <sup>2</sup> ) Y SU RESPECTIVO MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	52
GRÁFICO 15: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (R = 250 KGF/CM <sup>2</sup> A LOS 7 DÍAS). ....	54
GRÁFICO 16: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (R = 250 KGF/CM <sup>2</sup> A LOS 14DÍAS). ....	55
GRÁFICO 17: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (R = 250 KGF/CM <sup>2</sup> A LOS 21 DÍAS). ....	56

EN LA GRÁFICA SE MUESTRA UN COMPORTAMIENTO MUY PARECIDO AL INICIO EN LAS CURVAS DE LAS TRES PROBETAS, CASI A MITAD DE ENSAYO SE DA UNA PEQUEÑA DISPERSIÓN EN LAS DEFORMACIONES FINALES, PERO ESTOS VALORES ESTÁN DENTRO DE UN RANGO DE DISPERSIÓN ACEPTABLE. .... 57

GRÁFICO 18: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (R = 250 KGF/CM<sup>2</sup> A LOS 28 DÍAS). .... 57

GRÁFICO 19: PROMEDIO DE LAS CURVAS OBTENIDAS PARA CADA EDAD (R = 250 KGF/CM<sup>2</sup>) Y SU RESPECTIVO MÓDULO DE ELASTICIDAD..... 58

GRÁFICO 20: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (R = 300 KGF/CM<sup>2</sup> A LOS 7 DÍAS)..... 60

GRÁFICO 21: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (R = 300 KGF/CM<sup>2</sup> A LOS 14 DÍAS)..... 61

GRÁFICO 22: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (R = 300 KGF/CM<sup>2</sup> A LOS 21 DÍAS)..... 62

GRÁFICO 23: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (R = 300 KGF/CM<sup>2</sup> A LOS 28 DÍAS)..... 63

GRÁFICO 24: PROMEDIO DE LAS CURVAS OBTENIDAS PARA CADA EDAD (R = 300 KGF/CM<sup>2</sup>) Y SU RESPECTIVO MÓDULO DE ELASTICIDAD..... 64

GRÁFICO 25: COMPARACIÓN DE MÓDULOS DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL OBTENIDOS PARA LA RESISTENCIA DE 180 KGF/CM<sup>2</sup> CON LOS MÓDULOS DE ELASTICIDAD TEÓRICO. .... 65

GRÁFICO 26: COMPARACIÓN DE MÓDULOS DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL OBTENIDOS PARA LA RESISTENCIA DE 210 KGF/CM<sup>2</sup> CON LOS MÓDULOS DE ELASTICIDAD TEÓRICO. .... 66

GRÁFICO 27: COMPARACIÓN DE MÓDULOS DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL OBTENIDOS PARA LA RESISTENCIA DE 250 KGF/CM<sup>2</sup> CON LOS MÓDULOS DE ELASTICIDAD TEÓRICO. .... 67

GRÁFICO 28: COMPARACIÓN DE MÓDULOS DE ELASTICIDAD EXPERIMENTAL OBTENIDOS PARA LA RESISTENCIA DE 300 KGF/CM<sup>2</sup> CON LOS MÓDULOS DE ELASTICIDAD TEÓRICO. .... 68

GRÁFICO 29: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 7 DÍAS, PROBETA 1..... 109

GRÁFICO 30: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 1..... 110

GRÁFICO 31: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 1..... 110

GRÁFICO 32: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 7 DÍAS, PROBETA 4..... 111

GRÁFICO 33: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 4..... 112

GRÁFICO 34: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 4.....	112
GRÁFICO 35: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 7DÍAS, PROBETA 5.....	113
GRÁFICO 36: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 5.....	114
GRÁFICO 37: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 5.....	114
GRÁFICO 38: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 14 DÍAS, PROBETA 3.....	117
GRÁFICO 39: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 3.....	118
GRÁFICO 40: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 3.....	118
GRÁFICO 41: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 14 DÍAS, PROBETA 5.....	119
GRÁFICO 42: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 5.....	120
GRÁFICO 43: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 5.....	120
GRÁFICO 44: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 14 DÍAS, PROBETA 6.....	121
GRÁFICO 45: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 6.....	122
GRÁFICO 46: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 6.....	122
GRÁFICO 47: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 21 DÍAS, PROBETA 3.....	124
GRÁFICO 48: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 3.....	125
GRÁFICO 49: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 3.....	125
GRÁFICO 50: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 21 DÍAS, PROBETA 4.....	126
GRÁFICO 51: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 4.....	127
GRÁFICO 52: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 4.....	127

GRÁFICO 53: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 21 DÍAS, PROBETA 5.....	128
GRÁFICO 54: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 5.....	129
GRÁFICO 55: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 5.....	129
GRÁFICO 56: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 28 DÍAS, PROBETA 1.....	132
GRÁFICO 57: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 1.....	133
GRÁFICO 58: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 1.....	133
GRÁFICO 59: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 28 DÍAS, PROBETA 2.....	134
GRÁFICO 60: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 2.....	135
GRÁFICO 61: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 2.....	135
GRÁFICO 62: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 28 DÍAS, PROBETA 3.....	136
GRÁFICO 63: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 3.....	137
GRÁFICO 64: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 3.....	137
GRÁFICO 65: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 8 DÍAS, PROBETA 2.....	140
GRÁFICO 66: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 2.....	141
GRÁFICO 67: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 2.....	141
TABLA 58: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 8 DÍAS, PROBETA 3.....	142
GRÁFICO 68: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 3.....	143
GRÁFICO 69: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 3.....	143
GRÁFICO 70: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 8 DÍAS, PROBETA 4.....	144

GRÁFICO 71: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 4.....	145
GRÁFICO 72: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 4.....	145
GRÁFICO 73: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 14 DÍAS, PROBETA 4.....	148
GRÁFICO 74: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 4.....	149
GRÁFICO 75: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 4.....	149
GRÁFICO 76: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 14 DÍAS, PROBETA 5.....	150
GRÁFICO 77: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 5.....	151
GRÁFICO 78: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 5.....	151
GRÁFICO 79: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 14 DÍAS, PROBETA 6.....	152
GRÁFICO 80: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 6.....	153
GRÁFICO 81: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 6.....	153
GRÁFICO 82: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 21 DÍAS, PROBETA 1.....	156
GRÁFICO 83: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 1.....	157
GRÁFICO 84: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 1.....	157
GRÁFICO 85: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 21 DÍAS, PROBETA 5.....	158
GRÁFICO 86: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 5.....	159
GRÁFICO 87: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 5.....	159
GRÁFICO 88: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 21 DÍAS, PROBETA 6.....	160
GRÁFICO 89: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 6.....	161
GRÁFICO 90: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 6.....	161

<b>GRÁFICO 91: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 29 DÍAS, PROBETA 2.....</b>	<b>164</b>
<b>GRÁFICO 92: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 2.....</b>	<b>165</b>
<b>GRÁFICO 93: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 2.....</b>	<b>165</b>
<b>GRÁFICO 94: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 29 DÍAS, PROBETA 5.....</b>	<b>166</b>
<b>GRÁFICO 95: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 5.....</b>	<b>167</b>
<b>GRÁFICO 96: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 5.....</b>	<b>167</b>
<b>GRÁFICO 97: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 29 DÍAS, PROBETA 6.....</b>	<b>168</b>
<b>GRÁFICO 98: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 6.....</b>	<b>169</b>
<b>GRÁFICO 99: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 6.....</b>	<b>169</b>
<b>GRÁFICO 100: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 7 DÍAS, PROBETA 1.....</b>	<b>172</b>
<b>GRÁFICO 101: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 1.....</b>	<b>173</b>
<b>GRÁFICO 102: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 1.....</b>	<b>173</b>
<b>GRÁFICO 103: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 7 DÍAS, PROBETA 4.....</b>	<b>174</b>
<b>GRÁFICO 104: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 4.....</b>	<b>175</b>
<b>GRÁFICO 105: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 4.....</b>	<b>175</b>
<b>GRÁFICO 106: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 7 DÍAS, PROBETA 5.....</b>	<b>176</b>
<b>GRÁFICO 107: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 5.....</b>	<b>177</b>
<b>GRÁFICO 108: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 5.....</b>	<b>177</b>
<b>GRÁFICO 109: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 14 DÍAS, PROBETA 4.....</b>	<b>180</b>

GRÁFICO 110: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 4.....	181
GRÁFICO 111: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 4.....	181
GRÁFICO 112: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 7DÍAS, PROBETA 5.....	182
GRÁFICO 113: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 5.....	183
GRÁFICO 114: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 5.....	183
GRÁFICO 115: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 14 DÍAS, PROBETA 6.....	184
GRÁFICO 116: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 6.....	185
GRÁFICO 117: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 6.....	185
GRÁFICO 118: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 21 DÍAS, PROBETA 2.....	188
GRÁFICO 119: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 2.....	189
GRÁFICO 120: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 2.....	189
GRÁFICO 121: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 21 DÍAS, PROBETA 3.....	190
GRÁFICO 122: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 3.....	191
GRÁFICO 123: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 3.....	191
GRÁFICO 124: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 21DÍAS, PROBETA 4.....	192
GRÁFICO 125: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 4.....	193
GRÁFICO 126: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 4.....	193
GRÁFICO 127: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 29 DÍAS, PROBETA 1.....	196
GRÁFICO 128: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 1.....	197
GRÁFICO 129: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 1.....	197

GRÁFICO 130: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 29 DÍAS, PROBETA 4 .....	198
GRÁFICO 131: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 4.....	199
GRÁFICO 132: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 4.....	199
GRÁFICO 133: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 29 DÍAS, PROBETA 6 .....	200
GRÁFICO 134: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 6.....	201
GRÁFICO 135: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 6.....	201
GRÁFICO 136: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 7 DÍAS, PROBETA 1.....	204
GRÁFICO 137: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 1.....	205
GRÁFICO 138: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 1.....	205
GRÁFICO 139: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 7 DÍAS, PROBETA 2.....	206
GRÁFICO 140: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 2.....	207
GRÁFICO 141: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 2.....	207
GRÁFICO 142: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 7 DÍAS, PROBETA 6.....	208
GRÁFICO 143: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 6.....	209
GRÁFICO 144: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 6.....	209
GRÁFICO 145: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 14 DÍAS, PROBETA 3.....	212
GRÁFICO 146: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 3.....	213
GRÁFICO 147: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 3.....	213
GRÁFICO 148: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 14 DÍAS, PROBETA 4.....	214

GRÁFICO 149: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 4.....	215
GRÁFICO 150: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 4.....	215
GRÁFICO 151: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 14 DÍAS, PROBETA 6.....	216
GRÁFICO 152: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 6.....	217
GRÁFICO 153: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 6.....	217
GRÁFICO 154: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 21 DÍAS, PROBETA 1.....	219
GRÁFICO 155: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 1.....	220
GRÁFICO 155: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 1.....	220
GRÁFICO 157: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 21 DÍAS, PROBETA 4.....	221
GRÁFICO 158: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 4.....	222
GRÁFICO 159: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 4.....	222
GRÁFICO 160: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 21 DÍAS, PROBETA 6.....	223
GRÁFICO 161: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 6.....	224
GRÁFICO 162: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 6.....	224
GRÁFICO 163: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 28 DÍAS, PROBETA 1.....	228
GRÁFICO 164: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 1.....	228
GRÁFICO 165: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 1.....	229
GRÁFICO 166: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 28 DÍAS, PROBETA 2.....	231
GRÁFICO 167: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 2.....	231
GRÁFICO 168: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 2.....	232

<b>GRÁFICO 169: CURVA ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS 2 EXTENSÓMETROS Y SU PROMEDIO PARA LA EDAD DE 28 DÍAS, PROBETA 4.....</b>	<b>234</b>
<b>GRÁFICO 170: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 1), PROBETA 4.....</b>	<b>234</b>
<b>GRÁFICO 171: CURVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN (EXTENSÓMETRO 2), PROBETA 4.....</b>	<b>235</b>
<b>GRAFICO 172: PENDIENTES MODULO SECANTE POR NORMA COVENIN 1468.....</b>	<b>240</b>
<b>GRAFICO 173: PENDIENTES MODULO SECANTE.....</b>	<b>241</b>
<b>GRAFICO 174: PENDIENTES MODULO SECANTE POR NORMA COVENIN 1468.....</b>	<b>242</b>
<b>GRAFICO 175: PENDIENTES MODULO SECANTE.....</b>	<b>243</b>
<b>GRAFICO 176: PENDIENTES MODULO SECANTE POR NORMA COVENIN 1468.....</b>	<b>244</b>
<b>GRAFICO 177: PENDIENTES MODULO SECANTE.....</b>	<b>245</b>
<b>GRAFICO 178: PENDIENTES MODULO SECANTE POR NORMA COVENIN 1468.....</b>	<b>246</b>
<b>GRAFICO 179: PENDIENTES MODULO SECANTE.....</b>	<b>247</b>

## **Introducción**

El estudio a realizar sobre el módulo de elasticidad es de suma importancia para la ingeniería civil en Venezuela ya que se espera ampliar los conocimientos que se tienen sobre el tema en el marco de la construcción venezolana. En la actualidad no se cuenta con conocimientos suficientes sobre el módulo en el país ya que no se han realizado estudios en profundidad, esto produce una ausencia de conocimientos y de métodos para establecer valores del módulo que se ajusten a los agregados y cemento que se encuentran localmente, es por ello que surge la necesidad de realizar un estudio del módulo con materiales de construcción de producción venezolana; esto permitirá establecer si todos los cálculos que se realizan en la actualidad que tengan ver con el módulo de elasticidad se están haciendo de forma correcta y arrojan valores que son los más convenientes para la construcción venezolana.

La evaluación del módulo a nivel académico proporcionaría información nueva que podría ampliar el campo de estudio de las propiedades del concreto en Venezuela y haría de la universidad y de la facultad de ingeniería una de las principales casas de estudio que hace investigación sobre este tema.

La Tesis especial de Grado sobre el Módulo de Elasticidad Secante con Agregados Locales se realiza con la finalidad de obtener resultados experimentales del módulo para tener una referencia del mismo y contrastarlo con formulas teóricas que determinan el módulo de elasticidad en la actualidad. Una vez comparados los resultados experimentales con los teóricos se verá si existe alguna diferencia entre estos y se realizara un posterior análisis que permita ver si

el módulo se encuentra en un rango favorable o desfavorable en la construcción venezolana.

Para el estudio del módulo de elasticidad se debe contar con un concreto homogéneo que debe presentar las mismas propiedades de agua, cemento y agregados, cada uno adecuados a los diferentes diseños de mezcla que se utilizaran para este trabajo.

Para este trabajo se realizaran ensayos a probetas de concreto normalizadas con diferentes resistencias teóricas (180, 210, 250 y 300 kgf/cm<sup>2</sup>) y a diferentes edades (7, 14, 21, y 28 días), con el fin de verificar si el módulo de elasticidad presenta el mismo comportamiento y desarrollo de resistencia en la duración de los ensayos. También permitirá obtener información pertinente al módulo de elasticidad experimental local.

# Capítulo I: Fundamentos de la Investigación

## 1.1. Planteamiento del Problema

En el estudio de la carrera de Ingeniería Civil las materias relacionadas con la resistencia de los materiales y el concreto muestran un término usado muy frecuente llamado Módulo de Elasticidad “ $E$ ” o Módulo de Young. El Módulo de Elasticidad es una relación de los esfuerzos aplicados a un material y su deformación en dirección a esos esfuerzos, de igual manera, este parámetro es la base del cálculo elástico de la estructura con lo que se diseña el acero de refuerzo, su valor puede variar considerablemente el desplazamiento de la misma, lo que hace que el estudio sea relevante; el esfuerzo viene dado en  $\text{kgf/cm}^2$  y la deformación en  $\text{mm. /mm.}$  (Valor adimensional). El valor obtenido indica el rango elástico del concreto, expresado en  $\text{kgf/cm}^2$ , este valor permite calcular una estructura de concreto en rango elástico, entre otros usos,

A nivel local este dato no ha sido estudiado a fondo, lo que se ha hecho es tomar como referencia valores o fórmulas que provienen de estudios realizados en otros países o postulados en otras normas (generalmente ACI), ya que los estudios y ensayos a partir de los cuales se redactaron las normas, se hicieron con materiales que presentan una geología diferente, debido a la fuente de los agregados, la composición química del cemento y su fuente, latitud y otros indicadores, por lo tanto es posible que los valores usados para el cálculo del diseño de obras no sean los correctos o los más eficaces.

Con este estudio se busca comprobar si los valores usados para el cálculo y diseño de obras corresponden a los que se deberían usar actualmente en el país. Para ello se requiere conseguir la cantidad necesaria de agregados y cemento para la elaboración de las probetas, un lugar para el almacenamiento que

presente las condiciones de humedad y temperatura adecuadas y los aparatos e instrumentación necesaria para realizar los ensayos.

## 1.2. Marco Referencial

No hay método estándar para determinar el módulo secante; en algunos laboratorios se mide a esfuerzos que fluctúan de 3 a 14 MN/m<sup>2</sup> (28 a 140 Kgf/cm<sup>2</sup>), en otros, a esfuerzos que representan el 15, 25, 30, o el 50% de la resistencia última. Ya que el módulo secante disminuye mientras el esfuerzo aumenta, el esfuerzo al que ha sido sometido el módulo debe anotarse siempre. El módulo secante es un módulo estático, pues se determina a partir de la relación experimental de esfuerzo-deformación unitaria. Así mismo, el módulo secante de elasticidad será mayor mientras más reciente sea el concreto.

Existen ciertas relaciones que sólo son válidas en términos generales y están afectadas por las condiciones en que se realiza la muestra de prueba, el módulo de elasticidad de una muestra húmeda es más alto que el de una muestra seca, mientras que la resistencia varía en el sentido inverso. Las propiedades del agregado también influyen sobre el módulo de elasticidad, aunque por lo general no afectan la resistencia a compresión, mientras más alto sea el módulo de elasticidad del agregado, mayor será el módulo del concreto resultante. La forma del agregado grueso y sus características superficiales pueden influir también sobre el valor del módulo de elasticidad del concreto y sobre la curvatura esfuerzo-deformación unitaria.

La razón por la cual existe una relación entre las curvas en el material compuesto (concreto) se debe a la presencia de superficies de contacto entre la pasta de cemento y el agregado y al desarrollo de micro grietas en esas superficies de contacto, ya que al estudiarlas por separado exhiben un comportamiento sensiblemente lineal.

La relación entre el módulo de elasticidad y la resistencia depende también de las proporciones de la mezcla (ya que en general el agregado tiene un módulo más alto que la pasta de cemento), y de la edad de la muestra, ya que a edades mayores, el módulo se incrementa más rápido que la resistencia.

Las temperaturas de almacenamiento hasta 230°C o tal vez mayores no afectan la relación entre el módulo de elasticidad y la resistencia ya que ambas propiedades varían con la temperatura aproximadamente de la misma manera. Sin embargo, para la misma resistencia, el módulo es un poco mayor cuando se reduce la temperatura inicial de curado.

También cabe destacar que el valor máximo de la deformación unitaria, depende de la velocidad de la carga y, por ello, la curva “estándar” no es una propiedad fundamental del concreto. De igual manera, es importante reconocer que, desafortunadamente, en muchos casos prácticos ciertos cambios en la curva de esfuerzos-deformación unitaria no se deben a las propiedades intrínsecas del concreto, sino a las propiedades de la máquina de prueba.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Obtener resultados experimentales del módulo de elasticidad en concretos, utilizando cementos y agregados producidos en Venezuela.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

1. Identificar las propiedades de los agregados utilizados (granulometría).
2. Elaborar mezclas caracterizadas para el uso en concreto.
3. Obtener el módulo de elasticidad (secante) de las probetas de concreto para diferentes resistencias y edades.
4. Analizar estadísticamente los resultados para establecer una relación que permita definir el módulo de elasticidad local.
5. Contrastar los resultados obtenidos en los ensayos con los valores dados de las formulas usadas actualmente para el cálculo del módulo de elasticidad.

## **Capítulo II: Marco Teórico**

Para la determinación del módulo de elasticidad del concreto es necesario el conocimiento de algunos conceptos y principios que ayudarán a comprender la importancia del trabajo y también servirán para presentar los fundamentos conceptuales del trabajo.

Entre los conceptos que se citarán se encuentran aquellos que tienen estrecha relación con el módulo de elasticidad, como es el concreto, formado por agregados y cemento, así mismo, se mencionarán términos relacionados al diseño de mezcla, datos estadísticos y se mencionarán resultados y conclusiones de estudios anteriores.

### **2.1. Agregados**

Los agregados son fragmentos de granos que tienen como finalidad específica abaratar los costos de las mezclas y dotarlas de ciertas características como lo son, la disminución de la retracción del fraguado o retracción plástica, que constituye casi el 80% de la masa, lo que hace que su papel sea relativamente importante a la hora de tratar la calidad. Asimismo, los agregados seleccionados deberán colaborar con características como la trabajabilidad, exigencias del contenido de cemento, adherencia con la pasta y desarrollo de resistencia mecánica. También se busca que su granulometría sea homogénea para favorecer la lubricación y evitar así la segregación.

### 2.1.1. Niveles de calidad

Las especificaciones normativas establecen límites para ciertas características de los agregados que pueden producir graves problemas en la calidad del concreto. Para fabricar concretos se debe saber si se dispone de una buena calidad de agregados a un costo apropiado. Sin embargo, en ciertos casos hay que supeditarse a los agregados de la zona. En términos generales se puede considerar para los agregados tres posibilidades:

1. **Agregados controlados:** materiales que tienen garantizada su calidad en todos los aspectos. Se producen en plantas donde existe cierto nivel técnico. Esta situación es la ideal pero no es la más frecuente en nuestro medio.
2. **Agregados conocidos con control insuficiente:** proviene de zonas donde la experiencia y su calidad ha sido probada anteriormente.
3. **Agregados no empleados con anterioridad:** es necesario hacer ensayos y pruebas que permitan determinar las propiedades del material.

### 2.1.2. Requisitos de calidad

Se deben realizar ciertos ensayos para garantizar las condiciones básicas de calidad de los agregados:

1. Deben realizarse sobre muestras representativas del yacimiento, y sus diferentes zonas.
2. Deben ser llevadas a cabo en laboratorios con personal y equipos adecuados, y un procedimiento normativo.

En la norma COVENIN 1753, “*Estructuras de concreto reforzado para edificaciones. Análisis y diseño*”, se indican las normas que deben cumplir los agregados.

### **2.1.3. Granulometría**

Composición del material de acuerdo a la distribución del tamaño de los granos que lo integran. Esta característica decide la calidad del material para su uso como componente del concreto.

**Agregados por fracciones:** el tamaño de los agregados se mide de forma indirecta mediante cedazos de diferentes aberturas calibradas a través de la Norma COVENIN 254 “*Cedazos de ensayos*” y ASTM E11, y Norma COVENIN 255 “*Agregados, Determinación de las composición granulométrica*” y ASTM C136). Para las arenas se considera una única fracción en su totalidad. En la Norma COVENIN 277 se representan los límites para este material y para los agregados gruesos también.

**Combinación de agregados:** dependiendo del uso del concreto se realiza una serie de combinaciones las cuales le dan al concreto características especiales para su uso.

### **2.1.4. Tamaño máximo**

Tamaño de partícula más gruesa dentro de un agregado, medido como abertura del cedazo de menor tamaño que deja pasar el 95% o más del material. Ensayos realizados muestran que el tamaño de los agregados es una propiedad decisiva para la calidad y economía de ésta [Porrero, y otros, 2004].

### **2.1.5. Segregación**

La segregación aparece cuando hay presencia de granos en los agregados muy diferente, esto hace que los agregados se separen y generen concretos de calidad heterogénea y dudosa. Para evitar esto se mezclan los agregados al momento de realizar la mezcla de concreto, y así disminuir los efectos de la segregación. Esto se puede contrarrestar colocando una mayor variedad en los tamaños de granos de los agregados, sub-fracciones de los agregados, lo cual haría que el concreto sea más homogéneo y estable pero esto sería una solución que incrementaría los costos.

### **2.1.6. Módulo de finura**

Es el tamaño promedio ponderado de un cedazo del grupo en el cual el material es retenido. Se utiliza para detectar los cambios que pueda sufrir una determinada arena por variaciones en la explotación o manejo. También sirve para definir cuándo las variaciones granulométricas de un agregado fino pueden inducir cambios significativos en la fluidez de la mezcla de concreto. Se recomienda ajustar el diseño de la mezcla cuando el valor del módulo de finura varía en más de  $\pm 0,2$ .

### **2.1.7. Impurezas**

En los agregados pueden presentarse varias impurezas que afectan la calidad de los agregados. Entre las impurezas que se presentan están las siguientes:

**Materia orgánica:** procedente de la descomposición de vegetales. La Norma COVENIN 256 *“Método de ensayo para la determinación cualitativa de*

*impurezas orgánicas en arenas para concreto. Ensayo colorimétrico”* y ASTM C40, donde la materia orgánica reacciona con la solución produciendo un color más o menos intenso, dependiendo del contenido de materia orgánica. La materia que no está descompuesta en su totalidad flota, y para este se realiza un ensayo por la Norma COVENIN 260 “*Método de ensayo para determinar el contenido de partículas livianas en agregados*” y ASTM C123. La materia orgánica en descomposición puede producir trastornos en las reacciones del cemento y el fraguado puede ser alterado.

**Sales naturales:** las sales como el cloruro de sodio y el sulfato de calcio (yeso), también afectan al cemento. El ión cloruro de la sal puede producir corrosión en las armaduras del concreto armado y el ión sulfato del yeso ataca la pasta.

#### **2.1.8. Reactividad y Disgregabilidad**

Algunos agregados presentes en zonas geográficas, pueden reaccionar con los álcalis que lleva el cemento. Esta reacción se denomina reactividad potencial, esto genera productos de mayor volumen y con una fuerza expansiva que puede generar agrietamientos en el concreto. Los álcalis pueden venir de los propios agregados. Para estimar el posible efecto de agregados de esta índole hay varios ensayos: petrográficos, químicos y pruebas directas de expansión. Hay muchos otros elementos que pueden generar reactividades que afectan al concreto, y estas tienen ensayos para ver sus proporciones y efectos.

#### **2.1.9. Resistencia de los agregados**

Esto es decisivo para la resistencia del concreto por la resistencia de los granos del agregado debido a su alta proporción en la mezcla. Por su alta

proporción en la mezcla, no se puede pretender que ésta alcance una resistencia más alta que la de los granos pétreos que la integran. La correspondencia entre las variables relación agua/cemento y resistencia mecánica está condicionada en buena parte por la calidad resistente de los agregados, además por la dosis de agua en la pasta. En la expresión logarítmica de Abrams, las rectas tienen pendientes negativas, tanto menores cuanto menor es la resistencia de los agregados.

La resistencia más crítica es la del agregado grueso. Para su evaluación se hace un ensayo de desgaste que produce la máquina conocida como de Los Ángeles (Norma COVENIN 266 *“Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste de agregados gruesos, menores de 38,1 mm, por medio de la máquina de Los Ángeles”* y Norma COVENIN 267 *“Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste de agregados gruesos, mayores de 19,0 mm, por medio de la máquina de Los Ángeles”*)

Otro índice que puede ayudar a conocer la resistencia de los agregados es la medida de su dureza superficial, Norma COVENIN 265 *“Agregado grueso. Determinación de la dureza al rayado”*

#### **2.1.10. Humedad ( $\omega$ )**

Los agregados suelen retener algunas cantidades de agua en forma de humedad. Esta se considera como la diferencia en peso entre el material húmedo y el mismo secado al horno. La humedad se suele expresar como el porcentaje en peso del material seco [Porrero, y otros, 2004].

$$\omega = \frac{W_{\omega}}{W_S} \times 100$$

Donde:

$W_{\omega}$ : Peso de agua libre

$W_S$ : Peso de muestra seca

Ésta humedad se encuentra en los agregados de dos formas: una es rellenando los poros y microporos, y la otra a nivel superficial, más o menos gruesa, la que tiene más importancia es el agua externa que se encuentra en los agregados, esto debido a que el agua del agregado forma parte de la mezcla, alterando las proporciones. Esto altera de manera directa la reacción  $\alpha$  (agua/cemento). Entre los agregados usados para la mezcla, la arena es el que tiene mayor influencia en su aporte de humedad a la mezcla [*Porrero, y otros, 2004*].

Para determinar la humedad y la absorción de los agregados hay ensayos normativos, a los cuales se hace mención: Norma COVENIN 268 “Agregado fino. Determinación de la humedad y absorción”, Norma COVENIN 269 “Agregado grueso. Determinación de la humedad y absorción”, Norma COVENIN 272 “Método de ensayo para determinar la humedad superficial en el agregado fino”, y ASTM C128, C127, C709. Para la arena hay ensayos que son más económicos y son más rápidos, entre éstos solo mencionaremos: Secado al fuego, Speedy-Vac, Potenciómetro, y Ondas ultrasónicas.

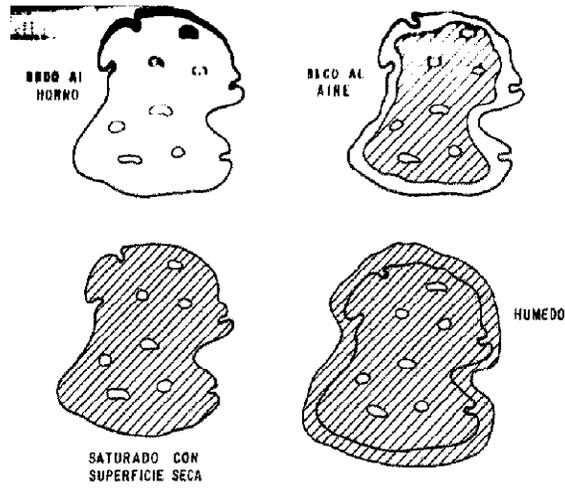


Figura 1: Distintas condiciones de humedad de los agregados [Porrero, y otros, 2004].

### 2.1.11. Relaciones con las propiedades del concreto

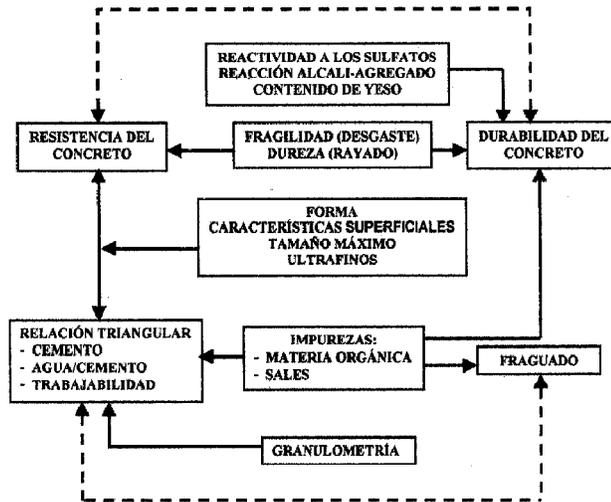


Figura 2: Relaciones con las propiedades del concreto [Porrero, y otros, 2004].

## 2.2. Cemento

El cemento es un componente fundamental en la composición del concreto, a pesar de constituir entre un 10% a un 20% del peso total, influye en todas las características del material.

El cemento es, de los componentes, el más caro por unidad de peso comparado con el agua y los agregados, se obtiene a partir de materias primas abundantes en la naturaleza y se elabora en plantas de gran capacidad.

Básicamente se trabaja con el cemento tipo portland cuando el fin es estructural, que se define como una especie de cal hidráulica. La materia prima para su producción son el sílice y la alúmina (materiales de carácter ácido) provenientes de las arcillas que se combinan químicamente con cal (material de carácter básico) proveniente de las calizas luego de ser molidas y calentadas en hornos a temperaturas de semifusión que produce una mezcla formada básicamente por cuatro componentes, silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y ferroaluminato tetrecálcico, aunque cabe destacar la existencia de otros componentes pero en menor proporción.

Existen distintos tipos de cemento los cuales varían en su composición y utilidad, a continuación se muestra en la siguiente tabla los tipos, su uso y composición.

TIPO	CARACTERÍSTICAS	LÍMITES DE LA COMPOSICIÓN USUAL PROMEDIO %			
		C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> FA
I	Uso general	40-55	25-30	8-15	5-10
II	Resistente a los sulfatos y bajo calor de hidratación	40-50	25-35	8	10-15
III	Altas resistencias iniciales	50-63	15-20	3-15	8-12
IV	Muy bajo calor de hidratación	25-35	40-50	< 7	10-15
V	Muy alta resistencia a los sulfatos	32-42	38-48	< 5	10

*Tabla 1: Tipos de cemento Portland, según COVENIN 28-1993 y ASTM.*

### 2.2.1. Hidratación del cemento

Al contacto del agua con el polvo de cemento se inicia una reacción química (fraguado) desde la superficie hacia el centro de cada uno de los granos que constituye el cemento (cuadro a). A los pocos minutos se forma un coloide (sol) alrededor de cada grano (cuadro b); las áreas coloidales crecen y se funden en una matriz dentro de la cual quedan partículas de cemento y agua libre (cuadro c); la matriz va endureciendo de forma gradual y se convierte en un gel con inclusiones de cemento sin reaccionar, agua libre, poros y cristales (cuadro d). Siempre que haya humedad y la temperatura ambiente, el proceso de fraguado continuará por varios años.

### 2.2.2. Desarrollo de Resistencia

El desarrollo de resistencia o velocidad de endurecimiento depende tanto de su composición como de su finura y aún dentro de un mismo tipo de cemento, puede hacer diferencias notables. La tecnología del concreto puede orientar las acciones del desencofrado e inferir informaciones relativas a la predicción de

resistencias normativas, a los 28 días, con base en los resultados de ensayos hechos en edades más tempranas. Dependiendo del tipo de cemento se pueden generar desarrollos rápidos o lentos de resistencia.

### **2.2.3. Concreto Fresco**

Se denomina concreto fresco al material en estado fluido, es decir desde el momento cuando los componentes son mezclados hasta que se inicia el atiesamiento de la masa (periodo plástico). En este periodo el concreto se transporta, colocado en encofrados y compactados.

La plasticidad del concreto varía dependiendo de la localidad y la época del año, ya que las condiciones climáticas tienen gran influencia. En lugares cálidos y secos el estado fresco dura menos tiempo que en lugares fríos y húmedos.

En esta etapa se pueden corregir los posibles errores que puede presentar el concreto que pueden ser críticos. Aquí se puede ver indicios atípicos que pueden avisar si la calidad del concreto no es la indicada. En ese momento temprano, y antes de contemplarse los vaciados del material, es cuando se debe ejecutar las correcciones.

El comportamiento del concreto fresco depende de sus componentes, características de mezclado, diseño, medio ambiente y condiciones de trabajo. Todo esto puede producir resultados no deseados y la pérdida de material en un momento determinado.

### **2.2.4. Fluidez del concreto**

La fluidez describe la calidad de fluido o viscosidad que indica el grado de movilidad que puede tener la mezcla. La 'trabajabilidad' en este caso es un sinónimo de fluidez, y como antónimo se le adjudica la condición de 'tieso'.

### **2.2.5. Compactibilidad**

Aquí la mezcla es vibrada y se hace más fluida, con esto se distribuye de manera más uniforme, esto hace que cubra bien la armadura y evite vacíos.

### **2.2.6. Estabilidad a la Segregación**

Los componentes del concreto son físicamente heterogéneos. A pesar que se considera el concreto homogéneo, la mezcla tiende naturalmente a separarse uno del otro. Esto produce daños directos a la resistencia mecánica del concreto, esto a su vez favorece a la aparición de grietas por retracción y le quita defensas al concreto, dejando que agentes externos produzcan daños al acero de refuerzo.

### **2.2.7. Trabajabilidad**

Esta palabra se usa para indicar dos acepciones del concreto. La primera, para designar el conjunto de propiedades del concreto que permite su manejo sin que se produzca segregación, colocarlo en los moldes y compactarlo adecuadamente. La otra designa el asentamiento medido por el procedimiento normalizado del Cono de Abrams.

### **2.2.8. Retracción**

La retracción es el encogimiento o la disminución de volumen que sufre el concreto con el tiempo. Esto se debe a la pérdida parcial de agua en las primeras horas y esto puede producir grietas en el material. Este efecto se puede aminorar con una distribución adecuada de acero.

La retracción depende de numerosos factores, entre los cuales tenemos la geometría de las piezas, condiciones atmosféricas (velocidad del viento, humedad, temperatura), y la proporción de los componentes en la mezcla.

La retracción se puede producir a lo largo de la vida del concreto, como en el fraguado (retracción plástica), cuando el concreto está endurecido (retracción hidráulica). Para combatir la retracción se debe hacer un buen curado, esto disminuye la retracción y ayuda a una buena reacción química entre los componentes del concreto.

### **2.2.9. Mecanismos de lubricación**

Para que exista cierta fluidez en la composición del concreto debe haber una relación cualitativa entre la calidad y las proporciones de sus componentes, agua, pasta y agregados, dentro de ellos los más lubricantes son el cemento y las arenas (sus partículas más finas). Así mismo se deben considerar ciertas características según el mecanismo de lubricación entre los que destacan, la fluidez, segregación, retracción, resistencia mecánica y el precio.

## **2.3. Diseño de mezclas**

Se conoce como diseño de mezcla al procedimiento mediante el cual se calculan las cantidades que debe haber de todos y cada uno de los componentes que intervienen en una mezcla de concreto para obtener de ese material el comportamiento deseado, tanto durante su estado plástico como después, en estado endurecido. Los requisitos que una dosificación apropiada debe cumplir son básicamente, economía y manejabilidad en estado fresco, resistencias, aspecto y durabilidad en estado endurecido, también se pueden tomar en consideración el color, peso unitario, textura superficial y otros. Estas cantidades

suelen expresarse en kilos por metro cúbico de mezcla, el agua puede expresarse en kilos o litros ya que la relación es 1:1.

Debe existir una relación entre la complejidad del método de diseño y la simplicidad, lo que se busca es que sea lo más simple y preciso posible, esto quiere decir que existen muchos métodos y que no existe ninguno que sea perfecto. El diseño de mezcla es una importante herramienta para el análisis teórico de la influencia que ciertos cambios en los materiales o en las proporciones de uso pudieran tener sobre el concreto. Esto abre la puerta a la toma de decisiones sobre aspectos relativos a materiales, equipos, costos, controles y otros. Evidentemente tienen cierto grado de imprecisión debido a que las variables que condicionan la calidad y el comportamiento del concreto son numerosas y difíciles de precisar. Existen algunos casos en donde no es tan necesario precisar la dosificación del concreto, donde las exigencias no son particularmente críticas o el volumen de concreto a usar es relativamente bajo y se usan algunas reglas sencillas, o generales, para establecer las proporciones entre los componentes, empleando “recetas” aplicables a esos casos.

### **2.3.1. Fundamentos del Método de Diseño Propuesto**

El método que se presenta ha sido probado en laboratorios y en plantas de preparación comercial de concreto, con excelentes resultados, y ha sido concebido especialmente para el caso de empleo de agregados poco controlados y el de profesionales con relativa poca experiencia. De allí lo organizado y sistemático del procedimiento.

El método considera, dosis de cemento, trabajabilidad, relación agua/cemento y resistencia relacionadas a través de las leyes básicas, Relación de triangular y ley de Abrams y de igual manera toma como en cuenta factores como el tamaño máximo y el tipo de agregado mediante factores de corrección.

### **2.3.2. Relación Beta**

Cuando se trata de dos agregados, fino y grueso, la relación de combinación entre ellos se expresa como el cociente entero entre el peso del fino (arena) y del agregado total, suma del grueso y el fino, se simboliza  $\beta$  y se expresa en tanto por uno o en porcentaje [*Porrero, y otros, 2004*].

$$\beta = \frac{A}{A + G} \times 100$$

Donde A y G son los pesos de la arena y del agregado grueso respectivamente.

### **2.3.3. Datos de Entrada para el Diseño de mezcla**

Existen distintas variables que pueden ser usadas como datos de entrada entre los que destacan las condiciones ambientales de la obra, tipo de obra o parte de la estructura, tipo de agregado y cemento, resistencia requerida promedio, Ley de Abrams, relación triangular entre otras, para los efectos de este trabajo se usarán como datos de entrada los últimos cuatro nombrados.

### **2.3.4. Tipo de Agregado y Tipo de Cemento**

El tipo de agregado se refiere a si es producido industrialmente, como la piedra picada y la arena triturada o si proviene directamente de la naturaleza, sin tratamientos mecánicos, como los cantos rodados y la arena natural. El tipo de cemento será Portland Tipo I.

### 2.3.5. Resistencia Promedio Requerida

La resistencia denominada resistencia promedio de mezcla será la resistencia media esperada para el material a ser elaborado (expresado en kgf/cm<sup>2</sup>).

### 2.3.6. Ley de Abrams

Esta ley establece la correspondencia entre la resistencia del concreto y la relación agua/cemento, en peso, que se ha simbolizado como  $\alpha$  [Porrero, y otros, 2004].

$$\alpha = a/C$$

Donde:

a: cantidad de agua en litros o kilogramos fuerza

C: dosis de cemento en kilogramos fuerza

### 2.3.7. Relación triangular

Esta es una expresión que relaciona la trabajabilidad (T) medida como asentamiento en el cono de Abrams (y que puede considerarse como la propiedad de mayor representatividad del concreto en estado fresco) con dos parámetros claves en el diseño de mezcla como lo son la relación agua/cemento ( $\alpha$ ) y la dosis de cemento (C) y se expresa como:

$$C = \frac{k \times T^n}{\alpha^m}$$

Donde:

C= Dosis de cemento en  $\text{Kgf/m}^3$

$\alpha$  = Relación Agua/cemento en peso

T = Asentamiento en el cono de Abrams (cm)

k, m, n son constantes de la mezcla y de las condiciones en que se elabora.

### **2.3.8. Determinación de la Velocidad de Pulso Ultrasónico**

Este ensayo consiste en medir el tiempo que tarda un pulso ultrasónico en atravesar una masa de concreto a evaluar. Esto consiste en colocar unos terminales (emisor y receptor) en caras opuesta del elemento, bien colocados y alineados, los cuales uno emitirá un pulso y el otro lo recibe, el aparato por interferencia electrónica mide el tiempo en micro segundos ( $\mu\text{seg.}$ ). Dividiendo la distancia entre terminales por el tiempo transcurrido se obtiene la velocidad característica del material, esta se expresa en m/seg. Por ser transmisión directa, a mayor velocidad corresponde mayor densidad y mayor resistencia. Para la determinación de la velocidad de pulso ultrasónico se seguirá las indicaciones de la Norma COVENIN 1681-19880 *“Método de ensayo para determinar la velocidad de propagación de ondas en el concreto”*.

## 2.4. MÓDULO DE ELASTICIDAD

El módulo de elasticidad es la relación basada en el esfuerzo-deformación. Esta relación se basa en la teoría de la elasticidad, que se basa en la relación que hay entre los cambios de esfuerzos  $d\sigma$  y su correspondiente variación de deformación  $d\varepsilon$ . Esta relación da una curva característica que depende de las propiedades de los materiales.

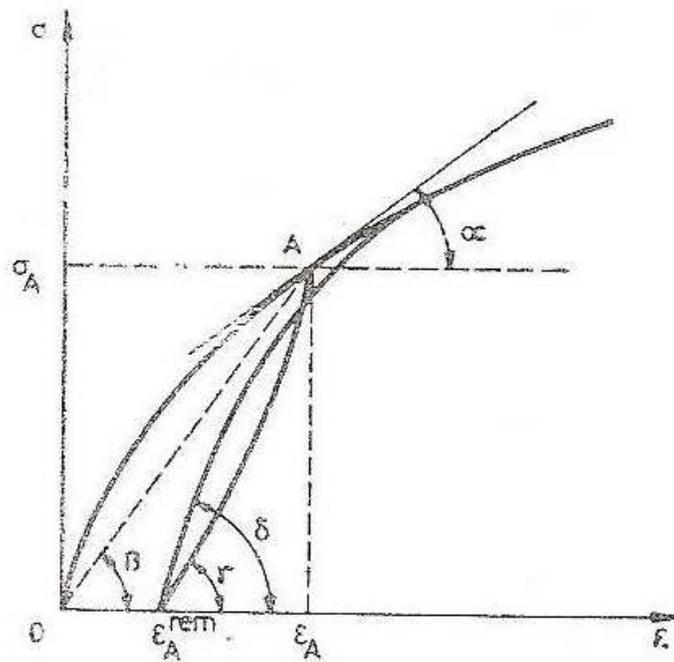


Figura 3: Curva esfuerzo vs deformación y los módulos de elasticidad de la curva. [Gustantin, Avram, 1981]

$$E = (d\sigma/d\varepsilon)_A$$

Si la elasticidad de un material es lineal, la relación puede ser escrita de una forma más simple,

$$E = d\sigma/d\varepsilon$$

y se obtienen valores verdaderos de algún punto en la curva característica la cual, para este caso, es una línea recta.

Sin embargo, el concreto no es un material elástico ideal y en consecuencia no da una ecuación elástica lineal. Plástico, y particularmente presenta deformaciones viscosas, con cargas muy pequeñas, esto ha permitido comparativamente altos números del módulo de elasticidad para ser establecidos. A pesar del hecho de que a veces es llamado módulo de elasticidad, a menudo tiene muy poco en común con el módulo como definición de la teoría de la elasticidad. Otros módulos se pueden mencionar a continuación:

#### **2.4.1. Módulo Secante**

Corta la curva característica en un punto, y es igual a la tangente geométrica del ángulo sustentado por la secante dibujada desde el origen al punto considerado con el eje de la abscisa, este módulo también satisface el requisito que indica que la deformación que ocurre durante la carga se considera elástica y el subsecuente incremento en la deformación unitaria se considera fluencia. Este módulo es usado en trabajos de investigación. El módulo secante es el más práctico y el más usado generalmente, porque representa la deformación actual del punto seleccionado.

$$E_A^{sec} = \tan\beta$$

### 2.4.2. Módulo Tangente

Es igual a la tangente trigonométrica del ángulo sustentado por la tangente geométrica de la curva característica, en A, con el eje de las abscisas [*Gustantin, Avram, 1981*]

$$E_A^{tan} = \tan\alpha$$

Este módulo es lo más cercano a la definición de la teoría de la elasticidad, pero puede tener un significado totalmente diferente por la acumulación de alguna viscosidad y deformaciones plásticas en la deformación total correspondiente al punto A.

### 2.4.3. Módulo de descarga

Es igual a la tangente trigonométrica del ángulo sustentado por la línea de esfuerzos representada por la curva de descarga en el punto A con el eje de las abscisas [*Gustantin, Avram, 1981*]

$$E_A^{des} = \tan\gamma$$

#### **2.4.4. Efectos de las características del concreto en el Módulo de Elasticidad**

Los factores que principalmente afectan al módulo de elasticidad son aquellos que afectan a la resistencia del concreto, aunque en menor grado. Las principales variables son la “calidad” de la muestra, relación agua-cemento, las condiciones de curado, forma y gradación de los agregados y el contenido de humedad cuando se realice la prueba.

Ensayos actuales muestran que aun cuando trabajando con combinaciones diferentes del mismo material, no existen relaciones universales entre la resistencia y el módulo de elasticidad y cuando se introducen algunos cambios en los agregados, es posible tener el mismo módulo y existir discrepancias en la resistencia en un mas de 100% [*Gustantin, Avram, 1981*].

#### **2.4.5. Efecto del tipo de carga en el módulo de elasticidad**

Para cargas mayores al 50% de la carga última, el módulo de elasticidad debería ser ligeramente menor que en compresión pero en general los diseños proponen que se deberían considerar igual [*Gustantin, Avram, 1981*].

## Capítulo III: Método

Luego de haber definido los objetivos para este trabajo y precisar los conceptos y principios necesarios para la ejecución del mismo, se expone la forma de trabajo para lograr la ejecución de los objetivos.

En este trabajo el método está regido por las normas COVENIN, las cuales servirán de parámetro para ejecutar paso a paso los objetivos planteados y también para decidir la forma en que se van a presentar los resultados.

En resumen las normas COVENIN que se usaran en este trabajo son:

- NORMA COVENIN 337-78 *“Definiciones y terminología relativas al concreto”*
- NORMA COVENIN 277-2000 *“Concreto. Agregados. Requisitos”*.
- NORMA COVENIN 338-2002 *“Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”*.
- NORMA COVENIN 1976-2003 *“Concreto. Evaluación y métodos de ensayo”*.
- NORMA COVENIN 1468-1979 *“Método para determinar el módulo de elasticidad (secante) en probetas cilíndricas de concreto”*.
- NORMA COVENIN 1681-19880 *“Método de ensayo para determinar la velocidad de propagación de ondas en el concreto”*

Para efectos de sintetizar el método, se expondrán los aspectos más importantes de cada una de las normas a usar y se establecerá un orden coherente para la ejecución del mismo con el fin de lograr los objetivos.

### **3.1 Identificar las propiedades de los agregados utilizados (granulometría).**

Para identificar las propiedades físicas y químicas necesarias para que los agregados sean aptos para la elaboración del concreto se utilizará la NORMA COVENIN 277-2000 “*Concreto. Agregados. Requisitos*”. El objetivo de esta norma es contemplar los requisitos mínimos que deben cumplir los agregados finos y gruesos utilizados en el concreto entre los que destacan la granulometría, sustancias nocivas, impurezas orgánicas y disgregabilidad y desgaste tanto para agregados gruesos como finos.

Por otra parte la norma indica la forma en cómo serán tomadas las muestras, los distintos criterios de aceptación y rechazo y como debe ser presentado el informe.

Dado que una empresa pre mezcladora será la responsable de suministrar las mezclas, esta debe contar con un control de calidad en donde identifique las propiedades que aquí se indican.

### **3.2 Elaborar mezclas caracterizadas para el uso en concreto.**

Para elaborar una mezcla caracterizada para el uso del concreto, se usará el método empleado en “capítulo VI- Diseño de Mezcla” del **Manual de Concreto Estructural, conforme con la Norma COVENIN 1753:2003**

Esta mezcla será suministrada por una premezcladora que nos facilitará las mezclas pertinentes, esta cuenta con una amplia experiencia y que recurre a sus métodos en relación a diseño de mezclas.

### **3.3 Obtención del módulo de elasticidad (secante) de las probetas de concreto para diferentes resistencias y edades.**

Para obtener el módulo de elasticidad (secante) es necesario cumplir con unos pasos previos como son: La elaboración y el curado de las probetas del concreto, para lo cual se usará como referencia la NORMA COVENIN 338-2002 *“Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”*, que como su nombre lo indica, contiene el método para que la elaboración y curado sea el más idóneo y el ensayo a compresión sea el indicado.

Para ello se debe precisar la máquina de ensayo, los materiales para la elaboración de los cilindros, los moldes, la barra compactadora, y materiales varios, entre los cuales cabe mencionar: palas, baldes, cucharas, envasadores, cucharones, guantes y recipientes metálicos.

Después de obtener las respectivas probetas se procederá a hacer mediciones y pesaje de las probetas para determinar la densidad del concreto y verificar que todos presenten características semejantes. Luego se realizará ensayos para determinar la velocidad de propagación de onda, esto siguiendo la metodología dada por la Norma COVENIN 1681-19880 *“Método de ensayo para determinar la velocidad de propagación de ondas en el concreto”* y con esto verificar la homogeneidad del concreto.

Finalizados todos el procedimiento antes mencionado se obtendrá el módulo de elasticidad regido por la NORMA COVENIN 1468-79 *“Método para determinar el módulo de elasticidad (secante) en probetas cilíndricas de concreto”*.

Esta norma contempla el método para determinar el módulo de elasticidad (secante) en probetas cilíndricas de concreto cuando están sometidas a compresión, donde básicamente se necesitará una máquina de ensayo y unos extensómetros (2).

Material a ensayar:

Consiste de probetas de concretos cilíndricas moldeadas del concreto fresco.

Procedimiento:

1. Se elaboran y curan las probetas cilíndricas (Según norma COVENIN 338) y se ensayan a la edad requerida.
2. Se seleccionan seis (6) probetas de concreto para hacer los ensayos de módulo de elasticidad, de estas seis (6) se toman tres (3) probetas para realizar los ensayos a compresión y tres (3) para realizar módulo de elasticidad.
3. Se realiza el ensayo a compresión a las probetas previamente seleccionadas (Según norma COVENIN 338).
4. A las probetas seleccionadas para el ensayo de módulo se les determina la sección de la probeta en su zona central.
5. Se realiza el ensayo con un 40% de la carga última y a una velocidad de  $2,5 \pm 0.5$  kg/cm<sup>2</sup> hasta alcanzar el valor requerido.
6. Se toman las medidas de los extensómetros en escalones de carga, para este caso se tomará 1000 kgf por escalón de carga.
7. Se expresan los resultados.

### ***3.4 Analizar estadísticamente los resultados para establecer una relación que permita definir el módulo de elasticidad local.***

Dado que el concreto por su naturaleza no es un material homogéneo se usaran métodos estadísticos que permitan obtener valores que sean representativos de las muestras, los cuales se usarán después para ser analizado y posteriormente comparados con valores usados en la actualidad.

### ***3.5 Contraste de resultados obtenidos en los ensayos con los valores dados de las fórmulas usadas actualmente para el cálculo del módulo de elasticidad.***

Para esto se realizará una comparación de los cálculos del módulo de elasticidad usado actualmente con los resultados obtenidos por los ensayos a realizar en las muestras de concreto. Al ser comparados los resultados del módulo de elasticidad (secante) con los usados por las distintas normas se podrá comprobar si estas cumplen con las normas; de no ser así, se estimará la diferencia y ver si esta presenta diferencias que pueden ser favorables o no en el momento que se esté ejecutando una obra.

## Capítulo IV: Resultados y Análisis

### 4.1. Resultados

#### 4.1.1. Agregados

Las tablas que se presentarán muestran la granulometría de unos agregados locales suministrados por el IMME. La procedencia del agregado fino es del “Río Tuy”, el agregado grueso proviene de la cantera “Las Marias”

Agregado Fino					
Tamiz	Φ (mm)	Peso Retenido	Peso Retenido Acum.	% Retenido	% Pasante
1"	25,400	0	0	0,00	100,00
3/4"	19,050	0	0	0,00	100,00
1/2"	12,700	0	0	0,00	100,00
3/8"	9,525	25	25	2,49	97,51
1/4"	6,350	119	144	14,36	85,64
#4	4,760	100	244	24,33	75,67
#8	2,360	199	443	44,17	55,83
#16	1,180	194	637	63,51	36,49
#30	0,600	169	806	80,36	19,64
#50	0,300	135	941	93,82	6,18
#100	0,150	52	993	99,00	1,00
Fondo		10	1003	100,00	0,00
Total		1003			

Peso Inicial	1000
Peso Final	1003
Error %	0,30

**Tabla 2: Granulometría de agregados (fino) locales suministrados por el IMME.**

Agregado Grueso					
Tamiz	Φ (mm)	Peso Retenido	Peso Retenido Acum.	% Retenido	% Pasante
1"	25,400	150	150	2,14	97,86
3/4"	19,050	2800	2950	42,14	57,86
1/2"	12,700	2850	5800	82,86	17,14
3/8"	9,525	700	6500	92,86	7,14
1/4"	6,350	300	6800	97,14	2,86
#4	4,760	50	6850	97,86	2,14
#8	2,360	0	6850	97,86	2,14
#16	1,180	0	6850	97,86	2,14
#30	0,600	0	6850	97,86	2,14
#50	0,300	0	6850	97,86	2,14
#100	0,150	0	6850	97,86	2,14
Fondo		150	7000	100,00	0,00
Total		7000			

Peso Inicial	7000
Peso Final	7000
Error %	0,00

**Tabla 3: Granulometría de agregados (grueso) locales suministrados por el IMME.**

Granulometrías utilizadas para los diseños de mezcla:

Límites granulométricos:

Tamiz	Φ (mm)	Límites	
1"	25.400	100	90
3/4"	19.050	90	70
1/2"	12.700	75	55
3/8"	9.525	68	45
1/4"	6.350	60	35
#4	4.760	55	30
#8	2.360	45	20
#16	1.180	35	15
#30	0.600	25	10
#50	0.300	16	5
#100	0.150	8	1

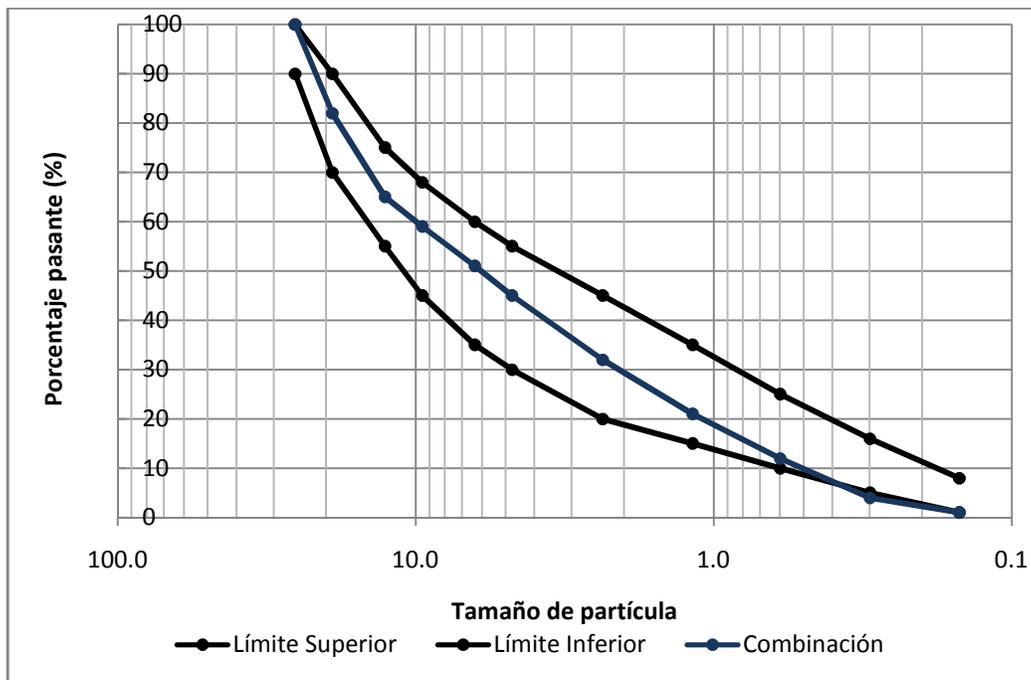
**Tabla 4: Límites granulométricos según "Manual del Concreto Estructural" de J. Porrero.**

Porcentajes a usar de cada uno de los agregados y su verificación:

Para el diseño de mezcla del concreto de  $180 \text{ kgf/cm}^2$  se usará una relación Beta ( $\beta$ ) de 57%, las cantidades de agregados se muestran a continuación:

Tamiz	$\Phi$ (mm)	Grueso	Fino	100	Límites
		43	57		
1"	25,400	42,08	57,00	100	OK
3/4"	19,050	24,88	57,00	82	OK
1/2"	12,700	7,37	57,00	65	OK
3/8"	9,525	3,07	55,58	59	OK
1/4"	6,350	1,23	48,81	51	OK
#4	4,760	0,92	43,13	45	OK
#8	2,360	0,00	31,82	32	OK
#16	1,180	0,00	20,80	21	OK
#30	0,600	0,00	11,19	12	OK
#50	0,300	0,00	3,52	4	MAL
#100	0,150	0,00	0,57	1	OK

Tabla 5: Porcentajes pasantes de agregados para mezcla de diseño de  $R = 180 \text{ kgf/cm}^2$ .

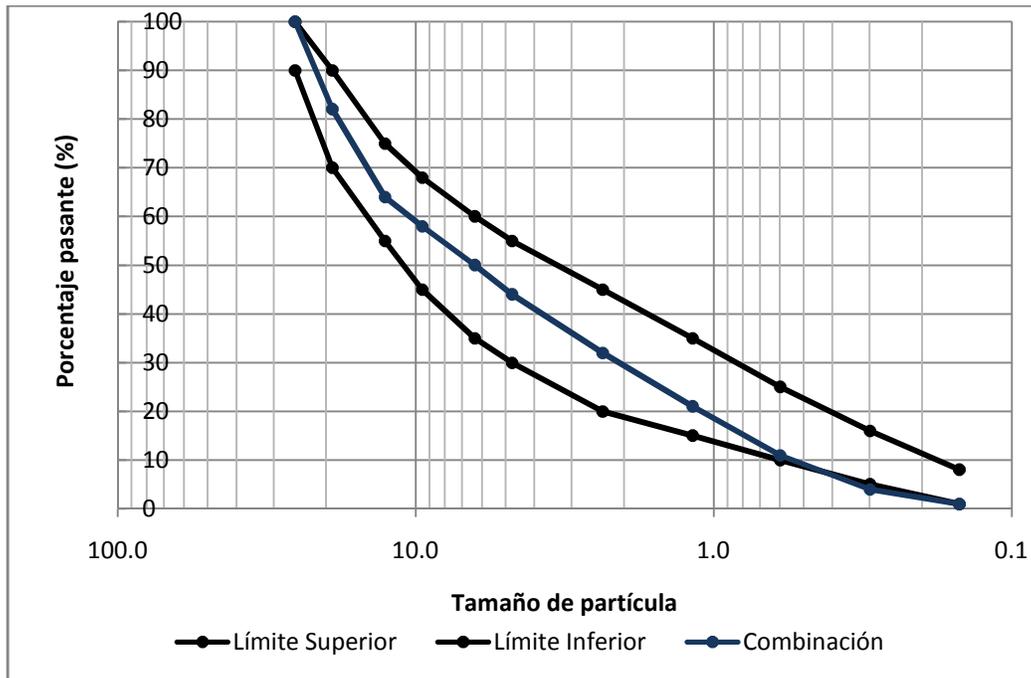


Gráfica 1: Porcentajes pasantes de agregados y límites granulométricos según "Manual del Concreto Estructural de J. Porrero.  $R = 180 \text{ kgf/cm}^2$ ."

Para el diseño de mezcla del concreto de  $210 \text{ kgf/cm}^2$  se usará una relación Beta ( $\beta$ ) de 56%, las cantidades de agregados se muestran a continuación:

Tamiz	$\Phi$ (mm)	Grueso	Fino	100.00	Límites
		44	56		
1"	25.400	43.06	56.00	100	OK
3/4"	19.050	25.46	56.00	82	OK
1/2"	12.700	7.54	56.00	64	OK
3/8"	9.525	3.14	54.61	58	OK
1/4"	6.350	1.26	47.96	50	OK
#4	4.760	0.94	42.38	44	OK
#8	2.360	0.00	31.26	32	OK
#16	1.180	0.00	20.43	21	OK
#30	0.600	0.00	11.00	11	OK
#50	0.300	0.00	3.46	4	MAL
#100	0.150	0.00	0.56	1	OK

Tabla 6: Porcentajes pasantes de agregados para mezcla de diseño de  $R = 210 \text{ kgf/cm}^2$ .

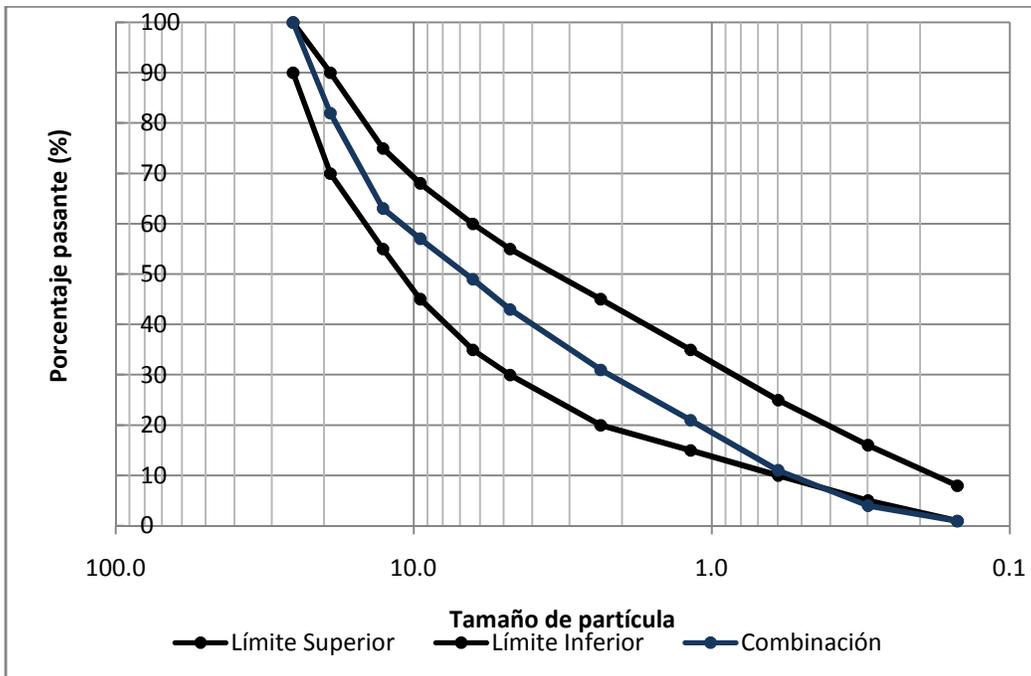


Gráfica 2: Porcentajes pasantes de agregados y límites granulométricos según "Manual del Concreto Estructural de J. Porrero.  $R = 210 \text{ kgf/cm}^2$ .

Para el diseño de mezcla del concreto de  $250 \text{ kgf/cm}^2$  se usará una relación Beta ( $\beta$ ) de 55%, las cantidades de agregados se muestran a continuación:

Tamiz	$\Phi$ (mm)	Grueso	Fino	100.00	Límites
		45	55		
1"	25.400	44.04	55.00	100	OK
3/4"	19.050	26.04	55.00	82	OK
1/2"	12.700	7.71	55.00	63	OK
3/8"	9.525	3.21	53.63	57	OK
1/4"	6.350	1.29	47.10	49	OK
#4	4.760	0.96	41.62	43	OK
#8	2.360	0.00	30.71	31	OK
#16	1.180	0.00	20.07	21	OK
#30	0.600	0.00	10.80	11	OK
#50	0.300	0.00	3.40	4	MAL
#100	0.150	0.00	0.55	1	OK

Tabla 7: Porcentajes pasantes de agregados para mezcla de diseño de  $R = 250 \text{ kgf/cm}^2$ .

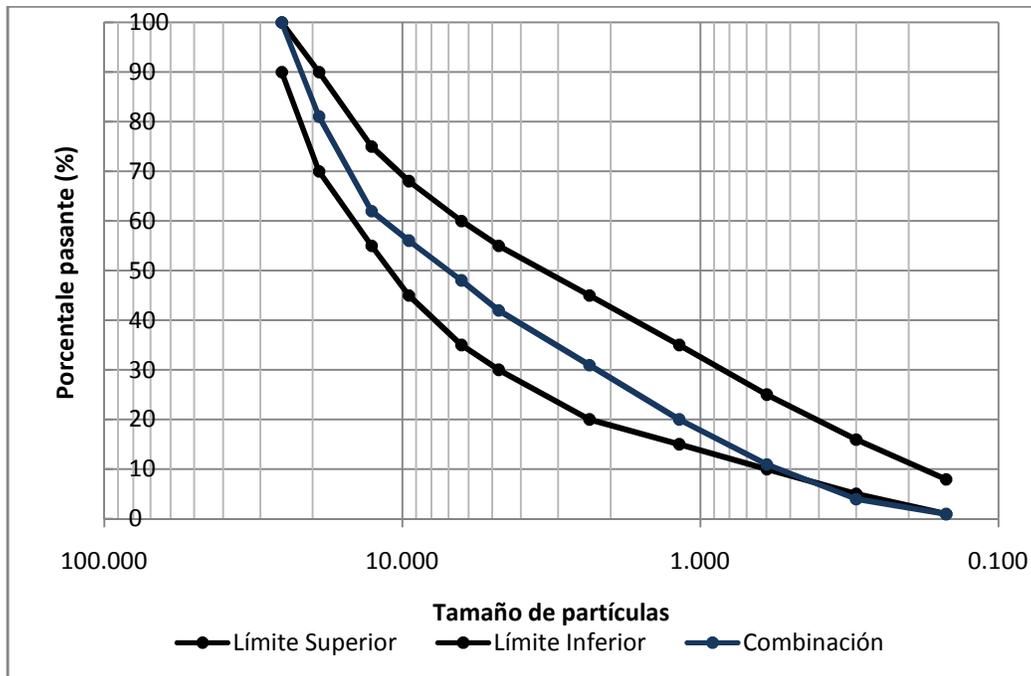


Gráfica 3: Porcentajes pasantes de agregados y límites granulométricos según "Manual del Concreto Estructural de J. Porrero.  $R = 250 \text{ kgf/cm}^2$ .

Para el diseño de mezcla del concreto de  $300 \text{ kgf/cm}^2$  se usará una relación Beta ( $\beta$ ) de 54%, las cantidades de agregados se muestran a continuación:

Tamiz	$\Phi$ (mm)	Grueso	Fino	100.00	Límites
		46	54		
1"	25.400	45.02	54.00	100	OK
3/4"	19.050	26.62	54.00	81	OK
1/2"	12.700	7.88	54.00	62	OK
3/8"	9.525	3.28	52.66	56	OK
1/4"	6.350	1.32	46.25	48	OK
#4	4.760	0.98	40.86	42	OK
#8	2.360	0.00	30.15	31	OK
#16	1.180	0.00	19.70	20	OK
#30	0.600	0.00	10.61	11	OK
#50	0.300	0.00	3.34	4	MAL
#100	0.150	0.00	0.54	1	OK

Tabla 8: Porcentajes pasantes de agregados para mezcla de diseño de  $R = 300 \text{ kgf/cm}^2$ .



Gráfica 4: Porcentajes pasantes de agregados y límites granulométricos según "Manual del Concreto Estructural" de J. Porrero.  $R = 300 \text{ kgf/cm}^2$ .

#### 4.1.2. Diseño de mezcla

<b>Dosificación</b>	<b>Resistencias (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>			
<b>Cantidades (kgm/m<sup>3</sup>)</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
<b>Agua</b>	195	195	195	195
<b>Cemento</b>	306	327	389	432
<b>Arena</b>	1084	1065	1012	975
<b>Piedra</b>	830	830	830	830

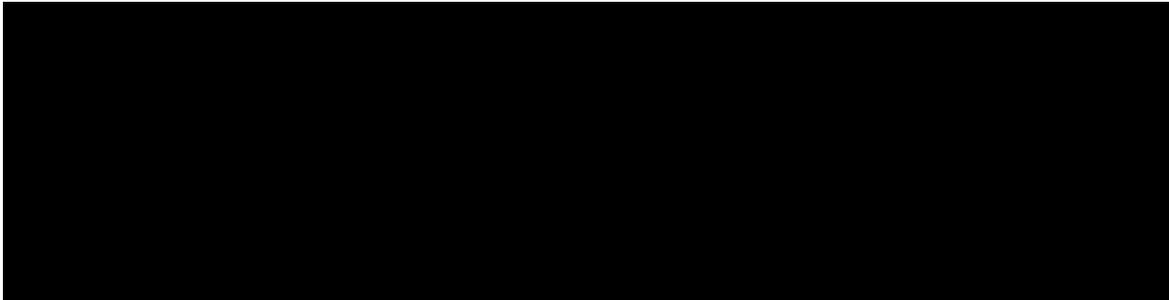
<b>Características</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
<b><math>\beta</math> (%)</b>	57	56	55	54
<b><math>\alpha</math></b>	0,637	0,596	0,501	0,451
<b>Trabajabilidad (“)</b>	5	5	5	5
<b>Fráctil (%)</b>	10	10	10	10

*Tabla 9: Diseño de mezcla, Dosificación y características para las diferentes resistencias.*

### 4.1.3. MÓDULO DE ELASTICIDAD

A continuación se presentarán una serie de tablas y gráficas que muestran los resultados parciales y generales del módulo de elasticidad estimado a partir de los ensayos realizados a cada una de las resistencias utilizadas.

En la siguiente tabla (véase tabla 9) se muestran las deformaciones de las probetas normalizadas de resistencia 180 kg/cm<sup>2</sup> según las distintas edades.



*Tabla 10: Resultados de la deformación de las probetas de concreto normalizadas de resistencia 180 kg/cm<sup>2</sup>.*

Valores tomados para calcular curvas que representan el módulo de elasticidad:

<b>Esfuerzo (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Promedio 7 días (adim.)</b>	<b>Promedio 14 días (adim.)</b>	<b>Promedio 21 días (adim.)</b>	<b>Promedio 28 días (adim.)</b>
0,00				
5,71				
11,43				
17,14				
22,86	1,35E-04	7,30E-05	1,04E-04	1,13E-04
28,57	1,73E-04	1,02E-04	1,36E-04	1,42E-04
34,29	2,12E-04	1,26E-04	1,66E-04	1,69E-04
40,00	2,50E-04	1,59E-04	2,00E-04	2,00E-04
45,71	2,84E-04	1,91E-04	2,33E-04	2,28E-04
51,43		2,19E-04	2,65E-04	2,58E-04
57,14			2,97E-04	2,87E-04

*Tabla 11: Valores tomados para calcular curvas que representan el módulo de elasticidad.*

La gráfica muestra que el comportamiento de las tres probetas es similar, se observa que la variación de las pendientes es muy pequeña y siguen la misma tendencia, y el comportamiento de las probetas 2 y 3 es casi idéntico, así mismo la deformación final es similar.

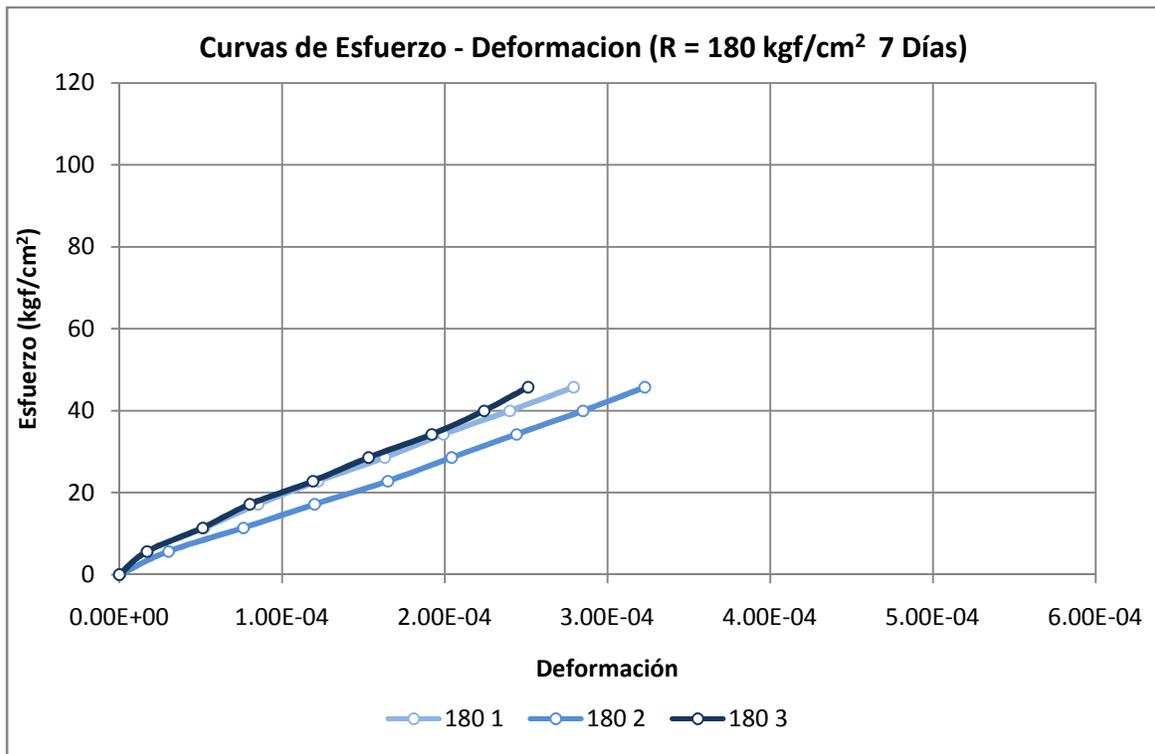


Gráfico 5: Curva esfuerzo vs deformación (R = 180 kgf/cm<sup>2</sup> a los 7 días).

Para los ensayos realizados a los 14 días se observa una similitud en las pendientes y una deformación final cercana. Se descartó en ensayo de la probeta 3 por fallas técnicas del ensayo.

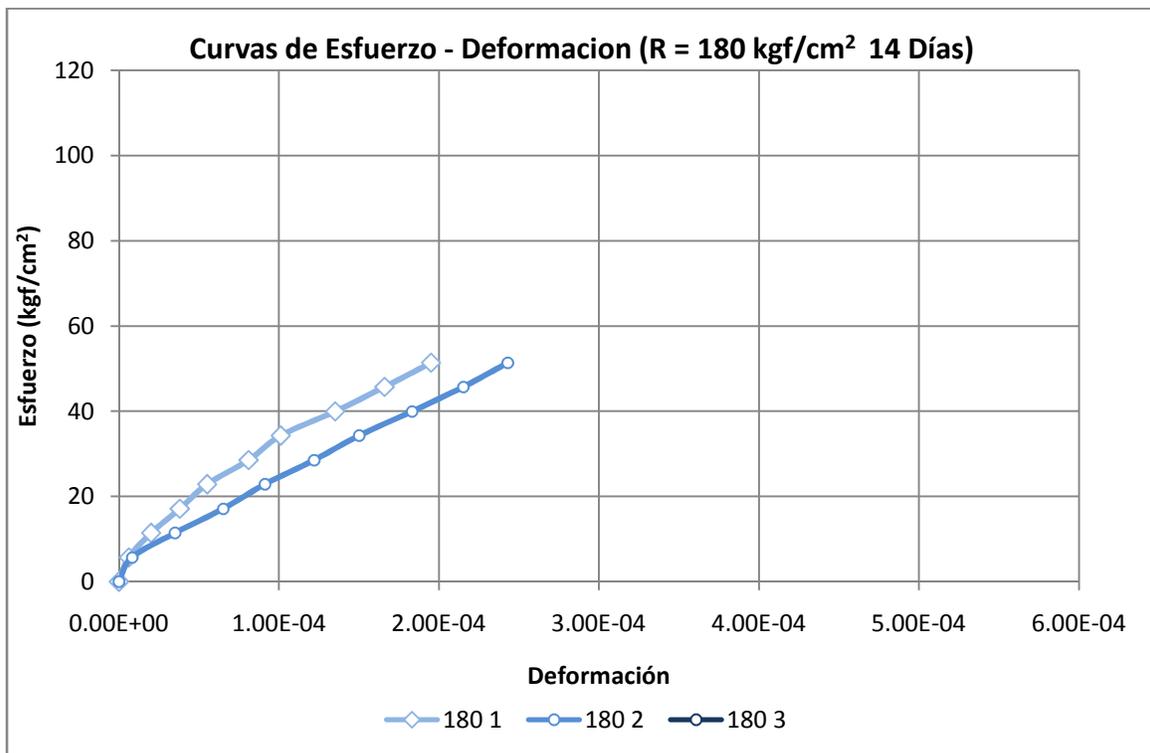


Gráfico 6: Curva esfuerzo vs deformación (R = 180 kgf/cm<sup>2</sup> a los 14 días).

Los ensayos realizados a los 21 días se realizaron sin mayores inconvenientes, tienen buen comportamiento, las pendientes de las probetas 1 y 2 son casi idénticas y la pendiente de la probeta 3 presenta una pendiente similar a las dos anteriores.

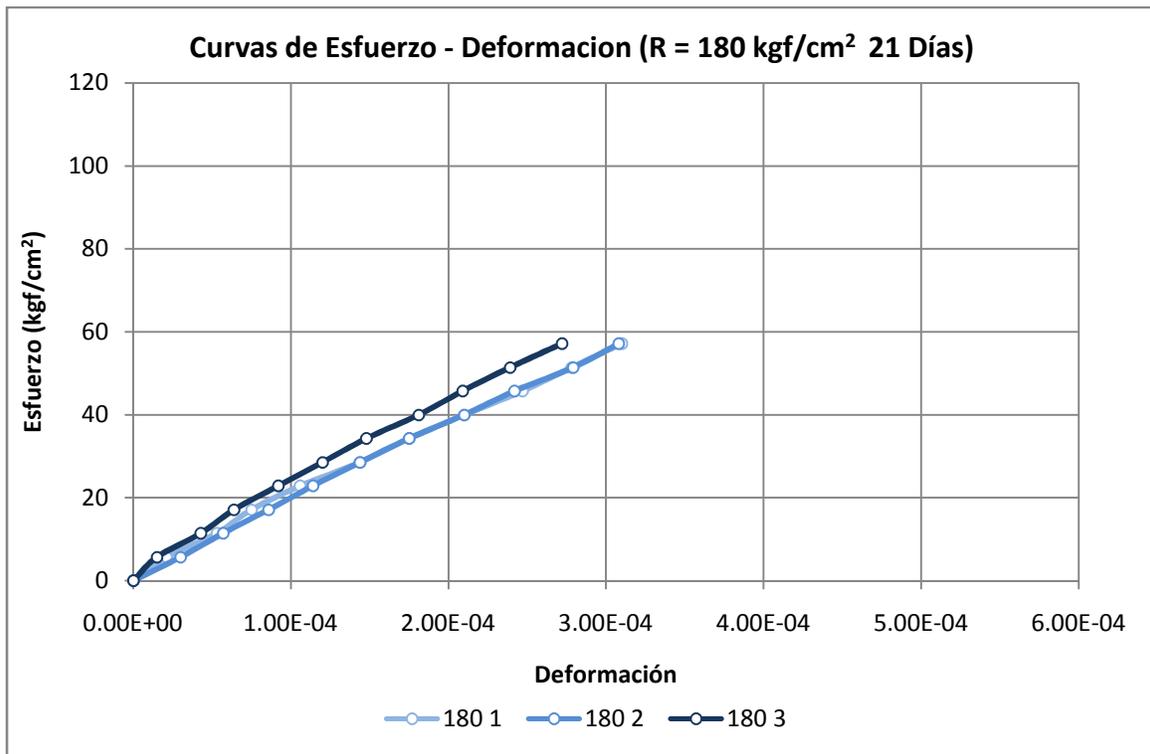


Gráfico 7: Curva esfuerzo vs deformación (R = 180 kgf/cm<sup>2</sup> a los 21 días).

El gráfico a continuación muestra que las curvas presentaron un comportamiento idéntico al inicio, las probetas 1 y 3 mantienen la tendencia y la probeta dos presenta una variación final, sin embargo las pendientes son parecidas y constantes.

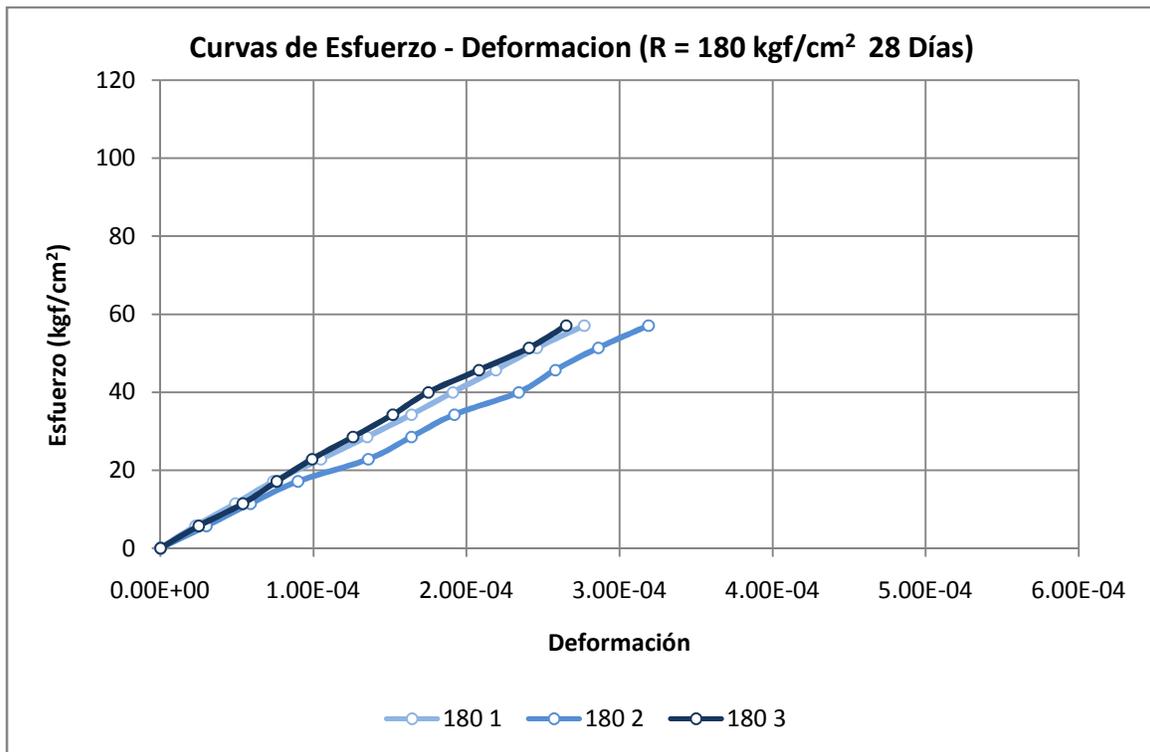


Gráfico 8: Curva esfuerzo vs deformación (R= 180 kgf/cm<sup>2</sup> a los 28 días).

Comparando las curvas en las diferentes edades se observa un comportamiento normal en el desarrollo del módulo, existe una disminución del módulo a los 21 días que están directamente ligados a las resistencias que resultaron de esos ensayos.

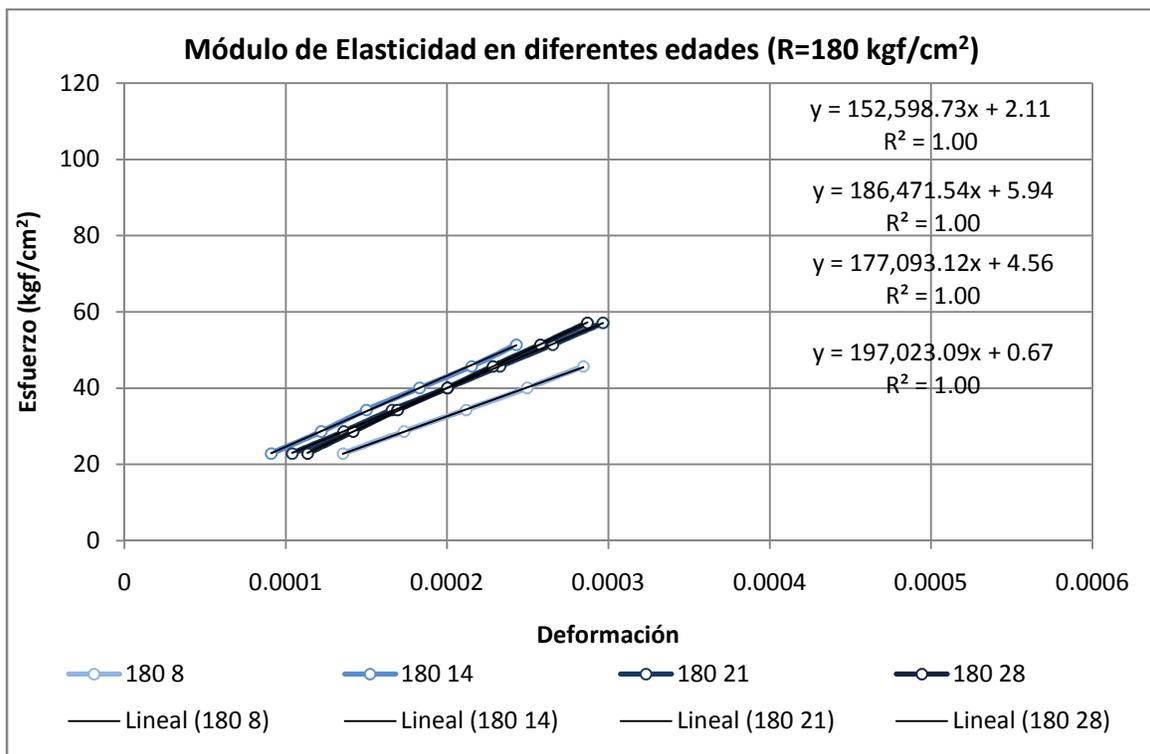
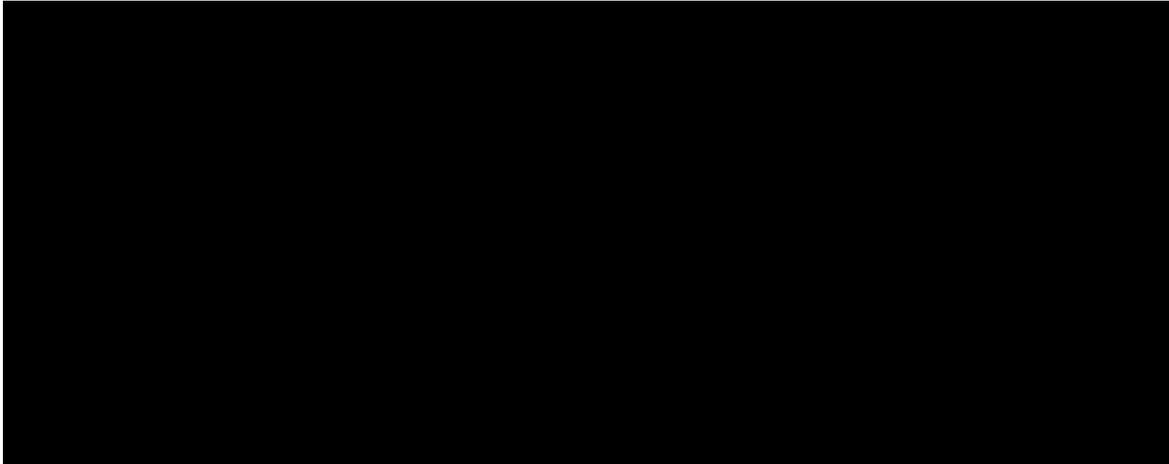


Gráfico 9: Promedio de las Curvas obtenidas para cada edad (R = 180 kgf/cm<sup>2</sup>) y su respectivo módulo de elasticidad.

En la siguiente tabla (véase tabla 11) se muestran las deformaciones de las probetas normalizadas de resistencia 210 kgf/cm<sup>2</sup> según las distintas edades.



*Tabla 12: Resultados de la deformación de las probetas de concreto normalizadas de resistencia 210 kgf/cm<sup>2</sup>*

Valores tomados para calcular curvas que representan el módulo de elasticidad:

<b>Esfuerzo (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Promedio 7 días (adim.)</b>	<b>Promedio 14 días (adim.)</b>	<b>Promedio 21 días (adim.)</b>	<b>Promedio 28 días (adim.)</b>
0,00				
5,71				
11,43				
17,14				
22,86	7,50E-05	6,27E-05	9,03E-05	8,23E-05
28,57	9,65E-05	8,53E-05	1,13E-04	1,02E-04
34,29	1,27E-04	1,07E-04	1,40E-04	1,23E-04
40,00	1,61E-04	1,27E-04	1,67E-04	1,47E-04
45,71	1,92E-04	1,51E-04	1,93E-04	1,69E-04
51,43	2,23E-04	1,76E-04	2,17E-04	1,91E-04
57,14	2,53E-04	1,98E-04	2,43E-04	2,15E-04
62,86	2,82E-04	2,21E-04	2,67E-04	2,39E-04
68,57	3,09E-04	2,47E-04	2,89E-04	2,64E-04
74,29		2,71E-04	3,13E-04	2,87E-04
80,00		2,95E-04	3,42E-04	3,13E-04
85,71				3,38E-04

*Tabla 13 : Valores tomados para calcular curvas que representan el módulo de elasticidad.*

La gráfica muestra curvas cuyas pendientes son similares, la probeta 2 muestra un comportamiento atípico al inicio, posiblemente por una pequeña falla del extensómetro, pero después presenta la misma tendencia de la otra curva. Los resultados de la probeta 1 fueron descartados por no tener el mismo comportamiento de los otros ensayos.

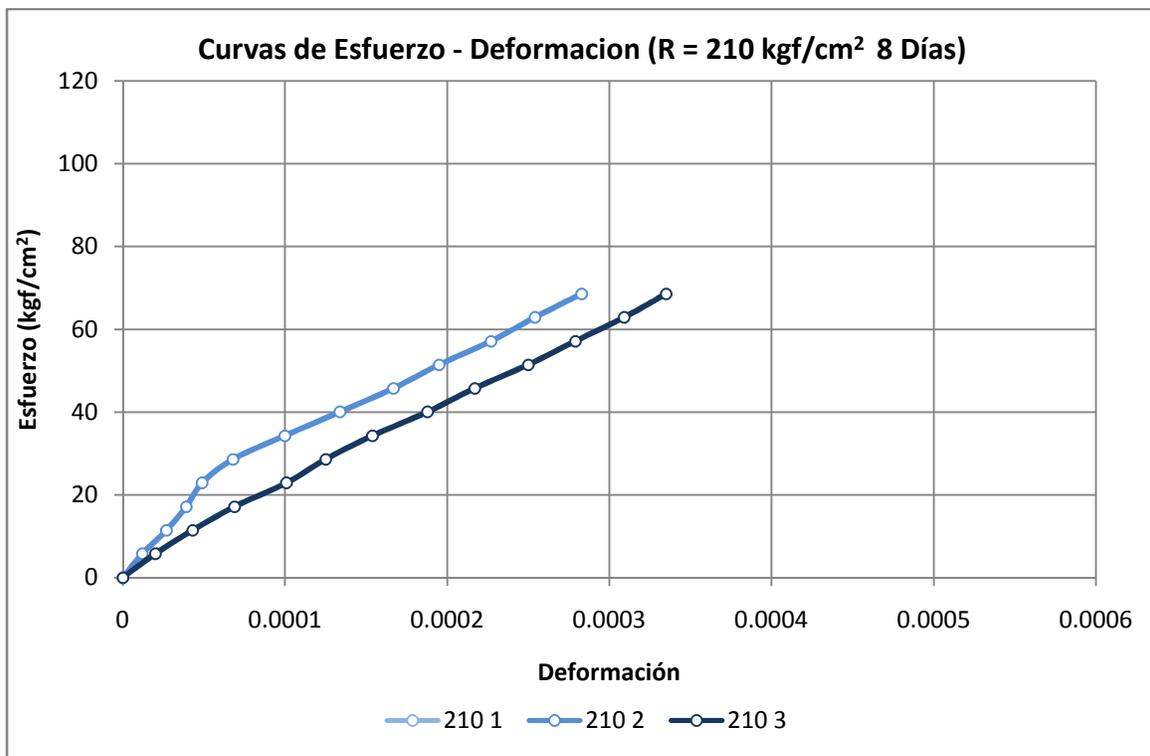


Gráfico 10: Curva esfuerzo vs deformación (R = 210 kgf/cm<sup>2</sup> a los 8 días).

La gráfica muestra que las tres curvas presentaron el mismo comportamiento, de tal manera que las pendientes son casi las mismas y las deformaciones son idénticas.

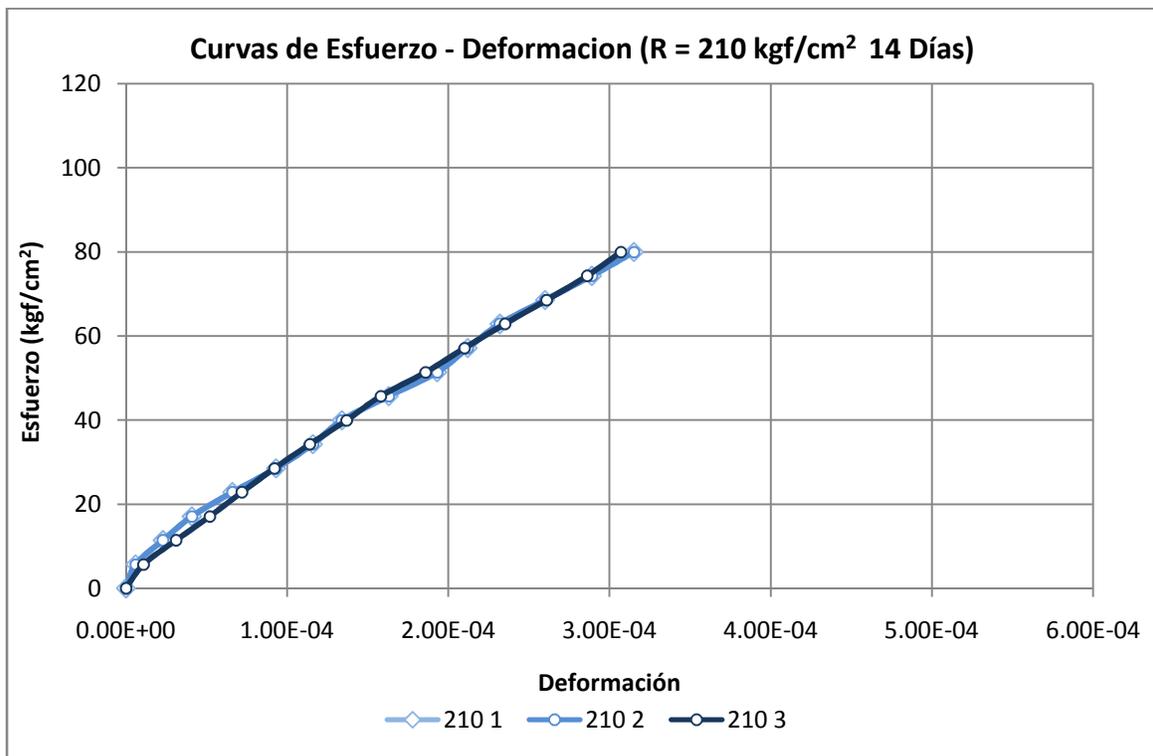


Gráfico 11: Curva esfuerzo vs deformación (R = 210 kgf/cm<sup>2</sup> a los 14 días).

La gráfica muestra que las tres curvas presentaron casi el mismo comportamiento, de tal manera que las pendientes son casi las mismas y la deformaciones solo presenta una pequeña variación al final de la curva.

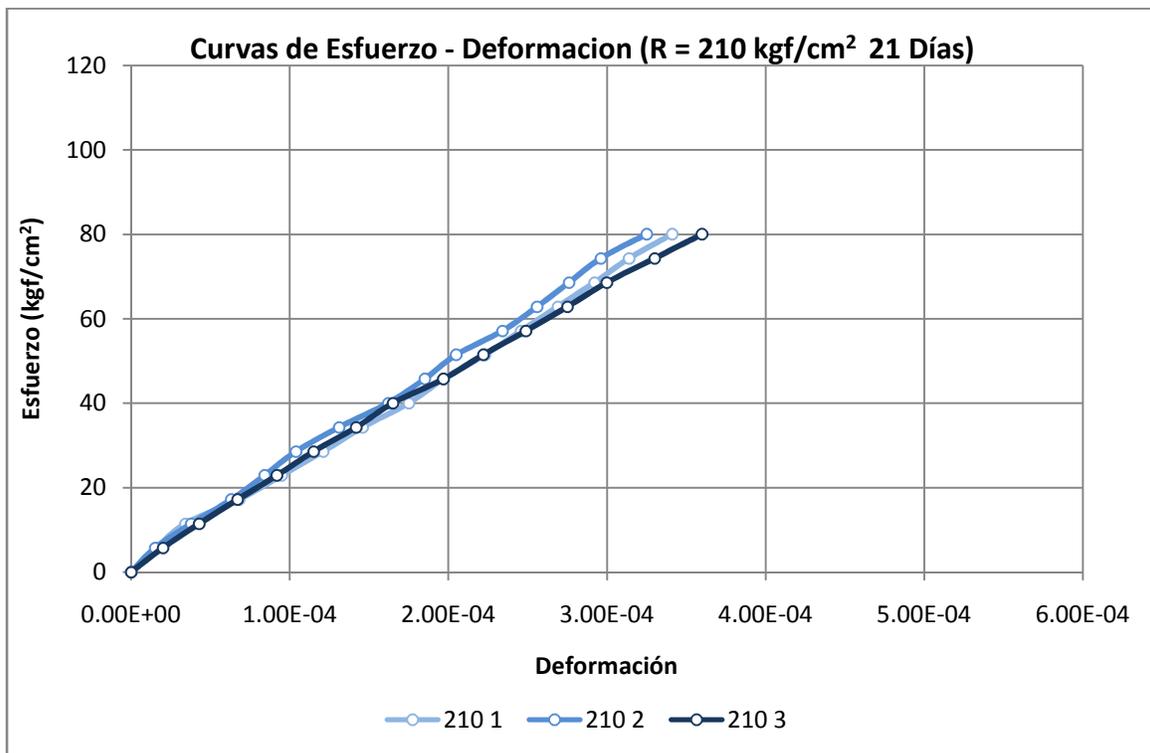


Gráfico 12: Curva esfuerzo vs deformación (R = 210 kgf/cm<sup>2</sup> a los 21 días).

La gráfica muestra que las tres curvas presentaron casi el mismo comportamiento, de tal manera que las pendientes son casi las mismas y las deformaciones finales presenta una pequeña variación.

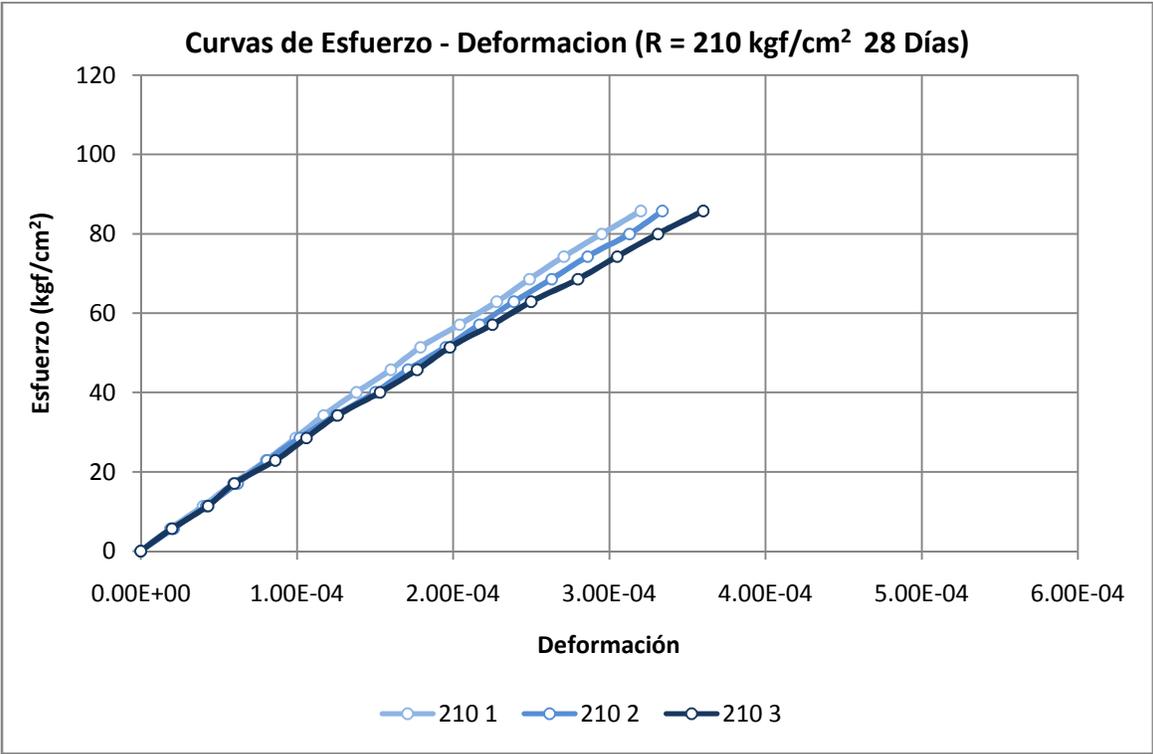


Gráfico 13: Curva esfuerzo vs deformación (R = 210 kgf/cm<sup>2</sup> a los 28 días).

Se observa que el comportamiento del módulo es el esperado y se relaciona con el aumento de las resistencias de las probetas. A los 21 días se observa una pequeña disminución del módulo, pero se considera muy insignificante, no presenta una variación mayor al 3%.

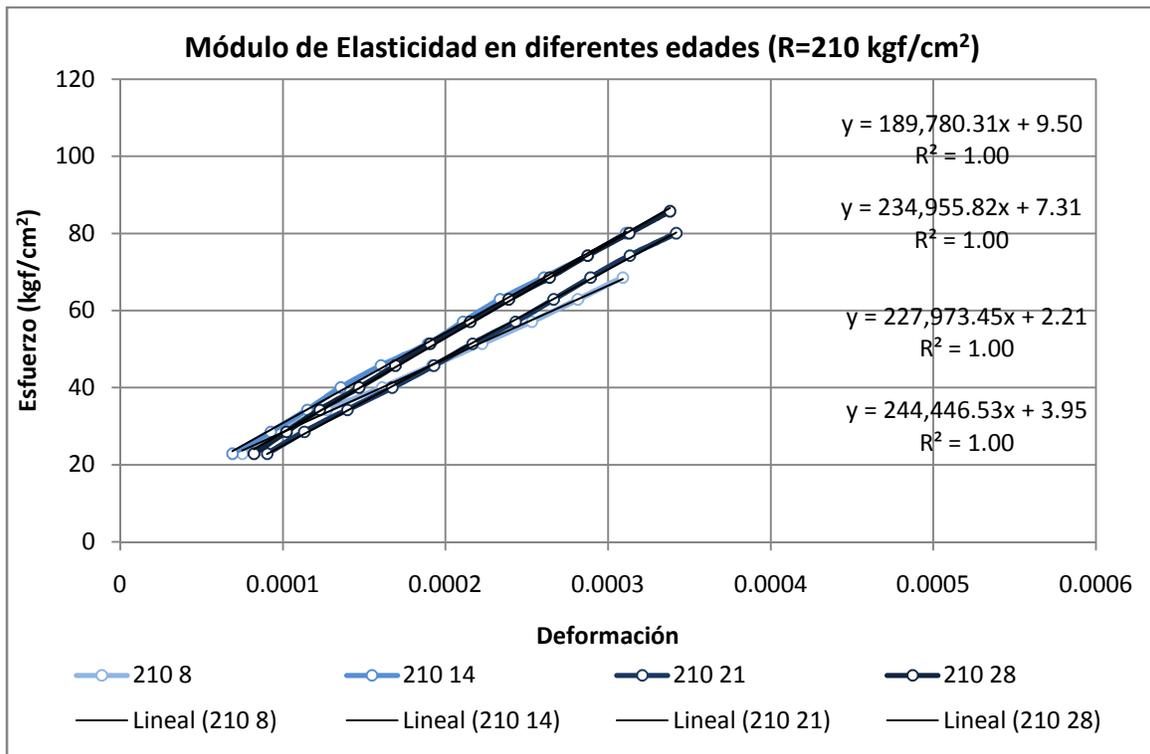
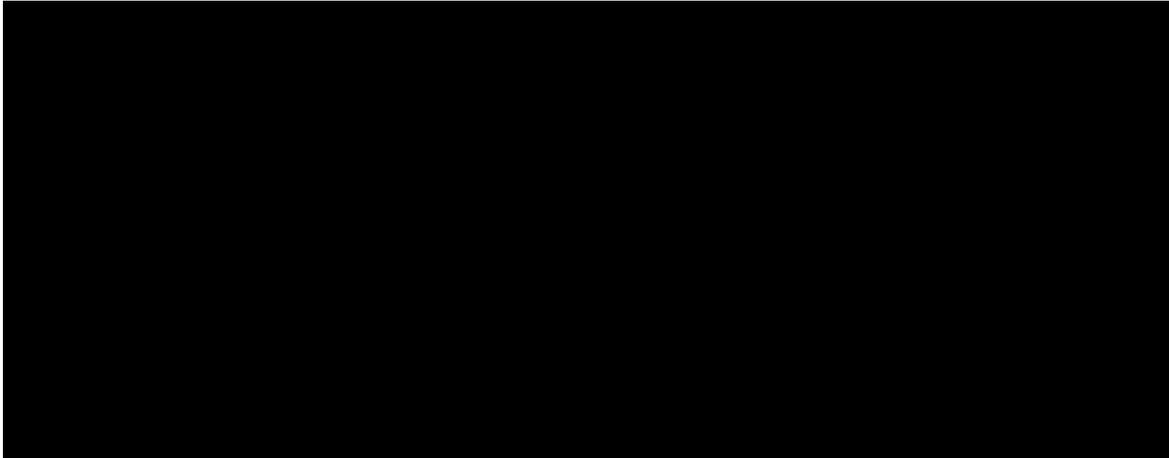


Gráfico 141: Promedio de las Curvas obtenidas para cada edad (R = 210 kgf/cm<sup>2</sup>) y su respectivo módulo de elasticidad.

En la siguiente tabla (véase tabla 13) se muestran las deformaciones de las probetas normalizadas de resistencia 250 kgf/cm<sup>2</sup> según las distintas edades.



*Tabla 14: Resultados de la deformación de las probetas de concreto normalizadas de resistencia 250 kgf/cm<sup>2</sup>.*

Valores tomados para calcular curvas que representan el módulo de elasticidad:

<b>Esfuerzo (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Promedio 7 días (adim.)</b>	<b>Promedio 14 días (adim.)</b>	<b>Promedio 21 días (adim.)</b>	<b>Promedio 28 días (adim.)</b>
0,00				
5,71				
11,43				
17,14	5,77E-05	5,30E-05	6,03E-05	6,30E-05
22,86	8,40E-05	7,70E-05	8,13E-05	8,57E-05
28,57	1,12E-04	1,03E-04	1,05E-04	1,05E-04
34,29	1,37E-04	1,29E-04	1,27E-04	1,24E-04
40,00	1,65E-04	1,60E-04	1,52E-04	1,46E-04
45,71	1,91E-04	1,87E-04	1,75E-04	1,69E-04
51,43	2,18E-04	2,16E-04	2,00E-04	1,90E-04
57,14	2,44E-04	2,43E-04	2,24E-04	2,13E-04
62,86	2,71E-04	2,70E-04	2,48E-04	2,34E-04
68,57	3,02E-04	2,99E-04	2,73E-04	2,58E-04
74,29	3,29E-04	3,24E-04	2,96E-04	2,80E-04
80,00		3,49E-04	3,19E-04	3,04E-04
85,71		3,77E-04	3,43E-04	3,25E-04
91,43			3,70E-04	3,48E-04
97,14			3,98E-04	3,75E-04

*Tabla 15: Valores tomados para calcular curvas que representan el módulo de elasticidad.*

En la gráfica se observa un comportamiento muy similar entre las probetas 2 y 3, la probeta 1 se aleja un poco en relación a las otras probetas pero todas presentan pendientes muy parecidas, la deformación final se encuentra dentro de los parámetros de la norma.

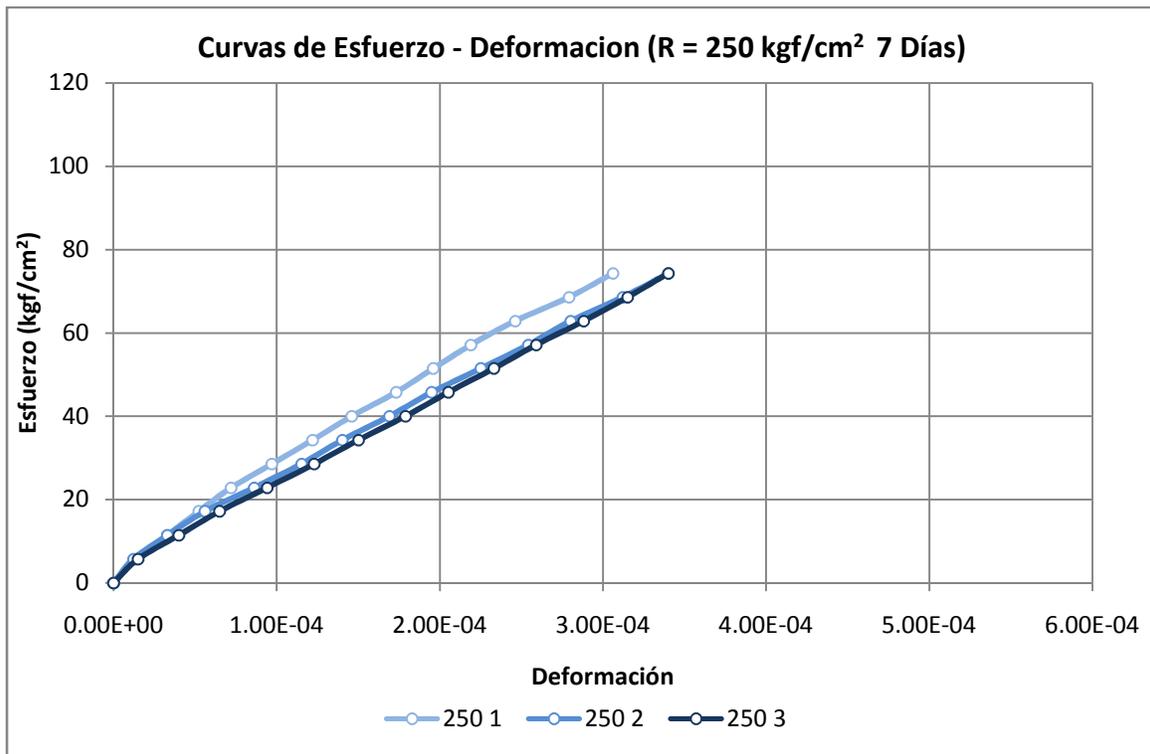


Gráfico 2: Curva esfuerzo vs deformación (R = 250 kgf/cm<sup>2</sup> a los 7 días).

Existe un comportamiento similar entre las probetas 1 y 3 en cuanto a deformación y pendiente, la probeta 2 se aleja presentando una disminución de su pendiente, sin embargo los resultados son aceptables.

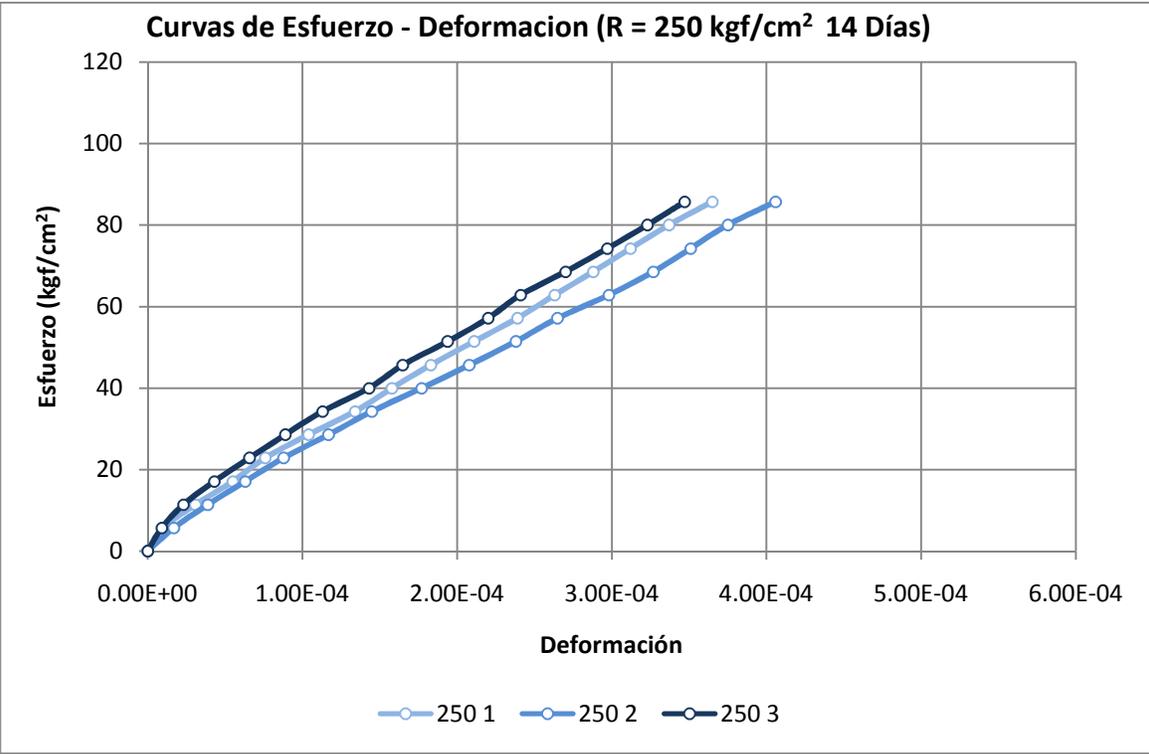


Gráfico 36: Curva esfuerzo vs deformación (R = 250 kgf/cm<sup>2</sup> a los 14 días).

En la gráfica se observa un comportamiento muy similar entre las probetas 2 y 3, la probeta 1 se aleja un poco en relación a las otras probetas pero todas presentan pendientes muy parecidas, la deformación final se encuentra dentro de los parámetros de la norma.

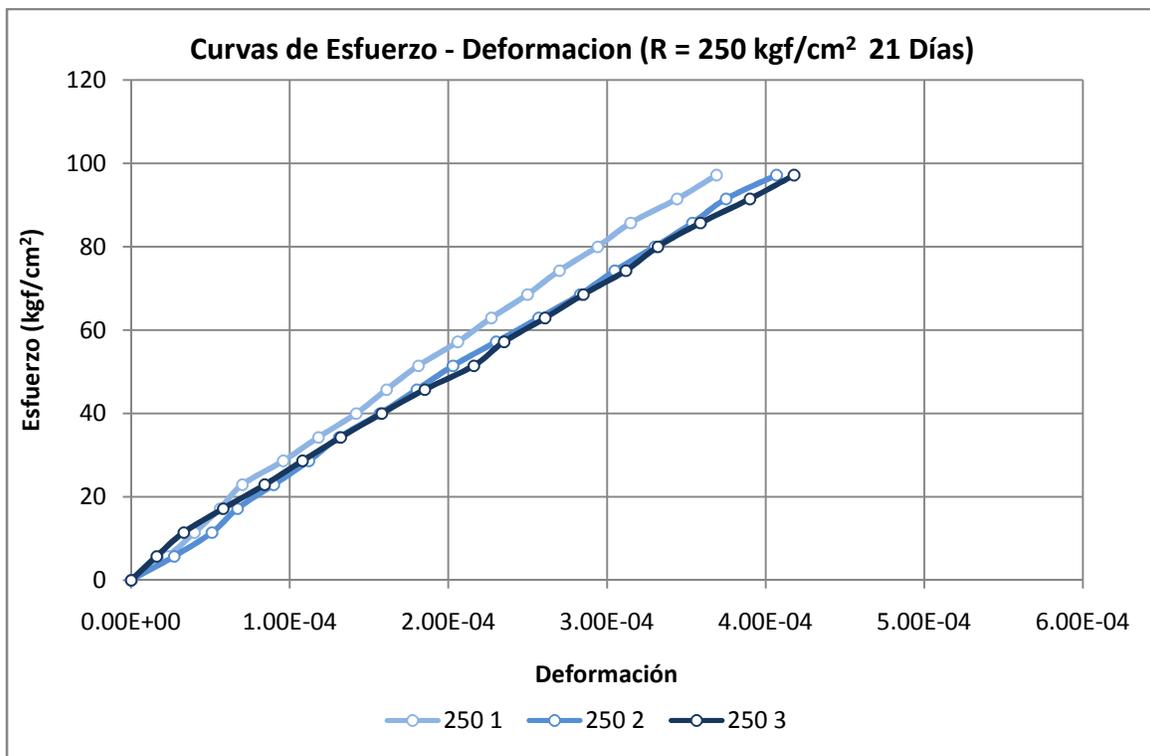


Gráfico 4: Curva esfuerzo vs deformación (R = 250 kgf/cm<sup>2</sup> a los 21 días).

En la gráfica se muestra un comportamiento muy parecido al inicio en las curvas de las tres probetas, casi a mitad de ensayo se da una pequeña dispersión en las deformaciones finales, pero estos valores están dentro de un rango de dispersión aceptable.

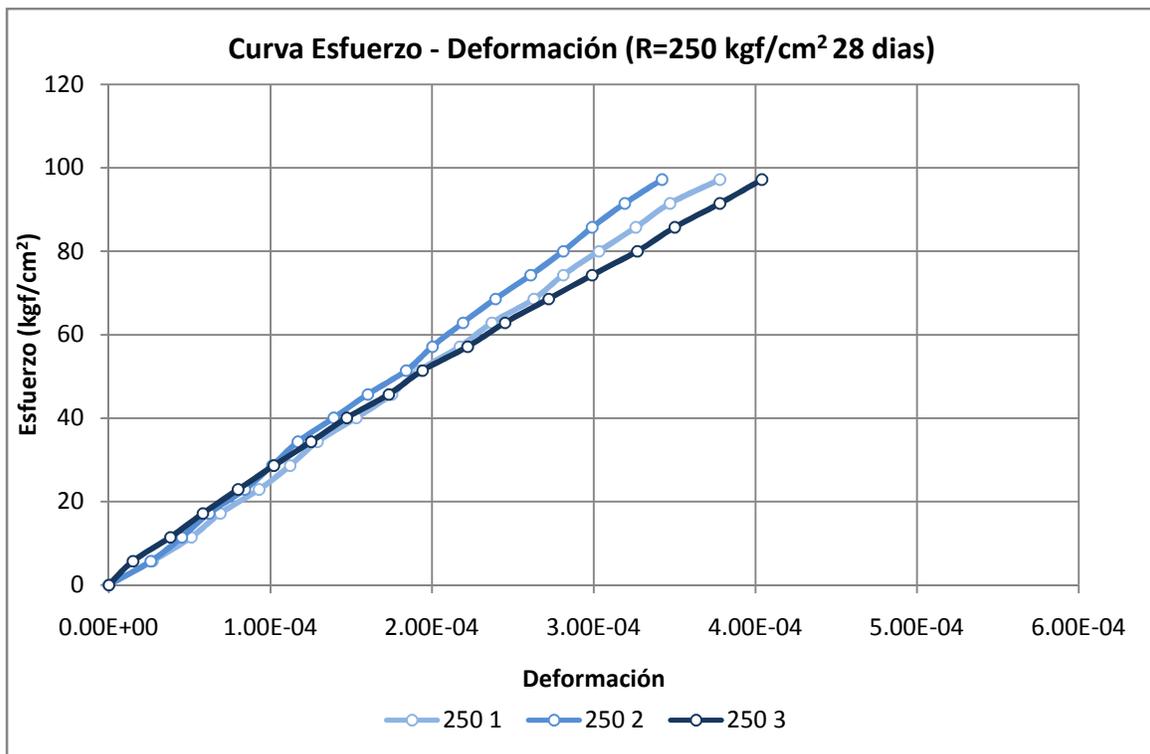


Gráfico 5: Curva esfuerzo vs deformación (R = 250 kgf/cm<sup>2</sup> a los 28 días).

Los resultado de módulo mostrados en la gráfica son muy similares a los 7 y 14 días, luego se observa un incremento del módulo que es el esperado.

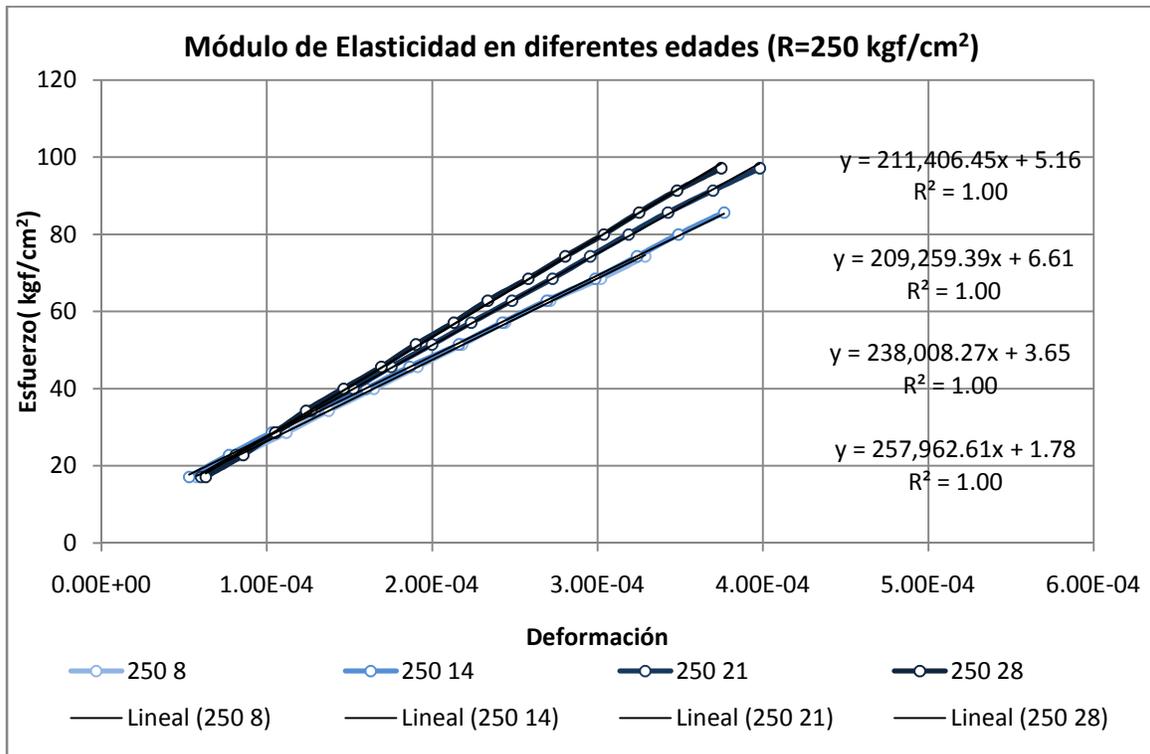


Gráfico 19: Promedio de las curvas obtenidas para cada edad (R = 250 kgf/cm²) y su respectivo módulo de elasticidad.

En la siguiente tabla (véase tabla 15) se muestran las deformaciones de las probetas normalizadas de resistencia 300 kgf/cm<sup>2</sup> según las distintas edades.



*Tabla 16: Resultados de la deformación de las probetas de concreto normalizadas de resistencia 300 kgf/cm<sup>2</sup>.*

Valores tomados para calcular curvas que representan el módulo de elasticidad:

Esfuerzo (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio 7 días (adim.)	Promedio 14 días (adim.)	Promedio 21 días (adim.)	Promedio 28 días (adim.)
0,00				
5,71				
11,43	3,10E-05	3,25E-05	3,30E-05	3,77E-05
17,14	5,23E-05	5,40E-05	5,53E-05	6,17E-05
22,86	7,53E-05	7,90E-05	8,03E-05	8,33E-05
28,57	9,77E-05	1,06E-04	1,03E-04	1,08E-04
34,29	1,19E-04	1,31E-04	1,24E-04	1,34E-04
40,00	1,45E-04	1,54E-04	1,48E-04	1,53E-04
45,71	1,70E-04	1,82E-04	1,66E-04	1,71E-04
51,43	1,93E-04	2,07E-04	1,87E-04	1,92E-04
57,14	2,18E-04	2,32E-04	2,10E-04	2,10E-04
62,86	2,44E-04	2,57E-04	2,32E-04	2,30E-04
68,57	2,67E-04	2,81E-04	2,56E-04	2,46E-04
74,29	2,95E-04	3,04E-04	2,76E-04	2,67E-04
80,00	3,20E-04	3,28E-04	2,99E-04	2,86E-04
85,71	3,44E-04	3,50E-04	3,24E-04	3,05E-04
91,43		3,75E-04	3,50E-04	3,25E-04
97,14		3,97E-04	3,73E-04	3,45E-04
102,86		4,21E-04	4,03E-04	3,65E-04
108,57				3,85E-04

*Tabla 17: Valores tomados para calcular curvas que representan el módulo de elasticidad.*

La gráfica muestra curvas independientes en cuanto a comportamiento, debido a que cada probeta mantuvo constante su comportamiento. Sin embargo, la tendencia de las pendientes es similar.

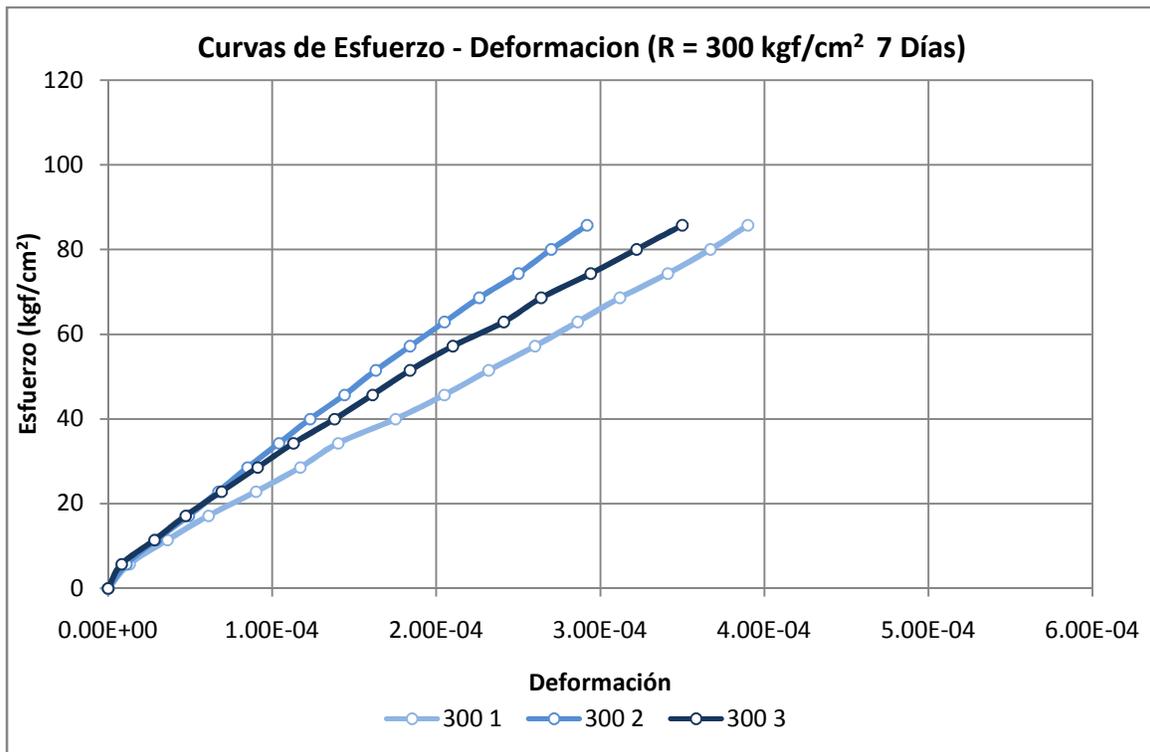


Gráfico 6: Curva esfuerzo vs deformación (R = 300 kgf/cm<sup>2</sup> a los 7 días).

Aquí se observa una tendencia particular de las pendientes, similar en cuanto a los ensayos de cada probeta, pero presenta el mismo comportamiento y pendientes parecidas.

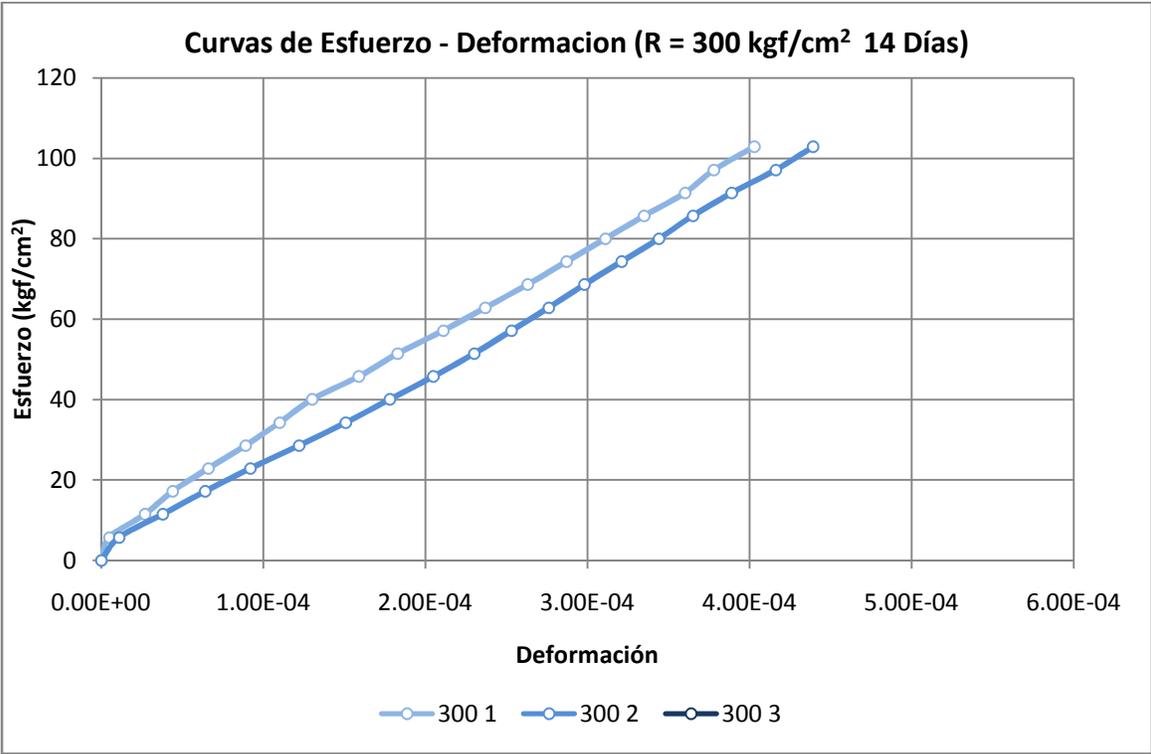


Gráfico 217: Curva esfuerzo vs deformación (R = 300 kgf/cm² a los 14 días).

La gráfica muestra curvas independientes en cuanto a comportamiento, debido a que cada probeta mantuvo constante su comportamiento. Sin embargo la tendencia de las pendientes es similar.

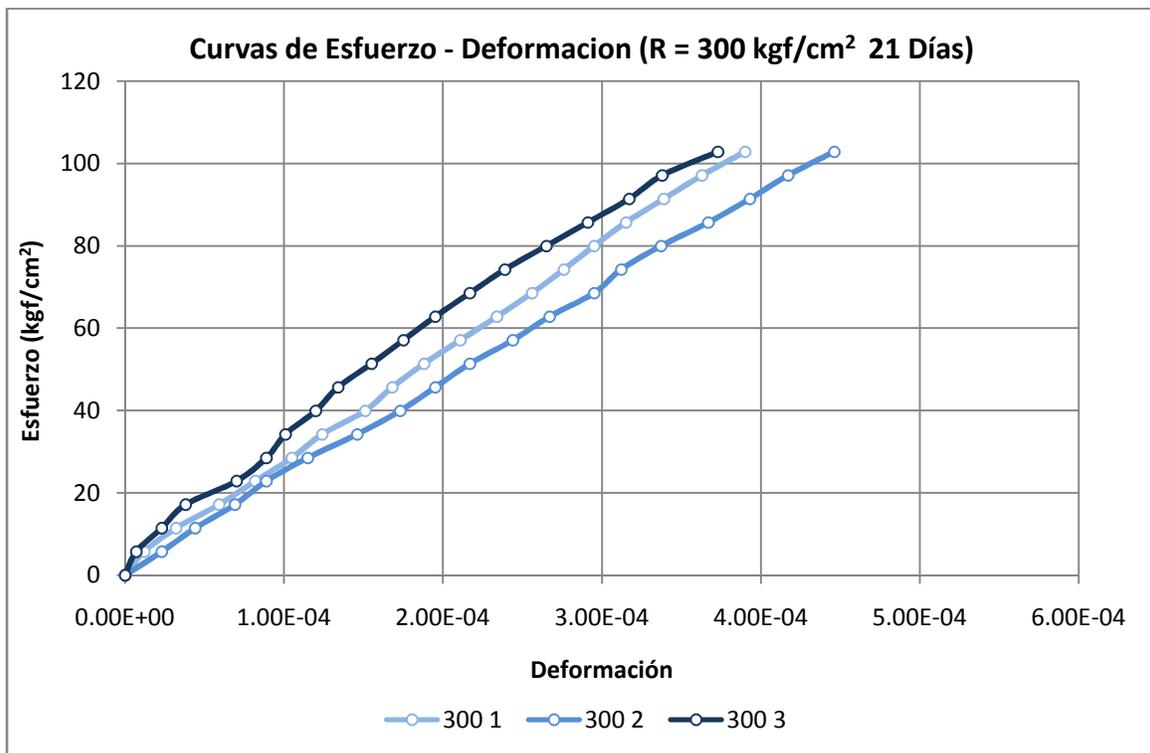


Gráfico 8: Curva esfuerzo vs deformación (R = 300 kgf/cm<sup>2</sup> a los 21 días).

Cada una de las pendientes de las probetas presenta una marcada tendencia, existe discrepancia entre la curva 3 con respecto a las otras que muestran comportamiento parecidos al inicio con una pequeña variación al final, pero particularmente tuvo el comportamiento deseado.

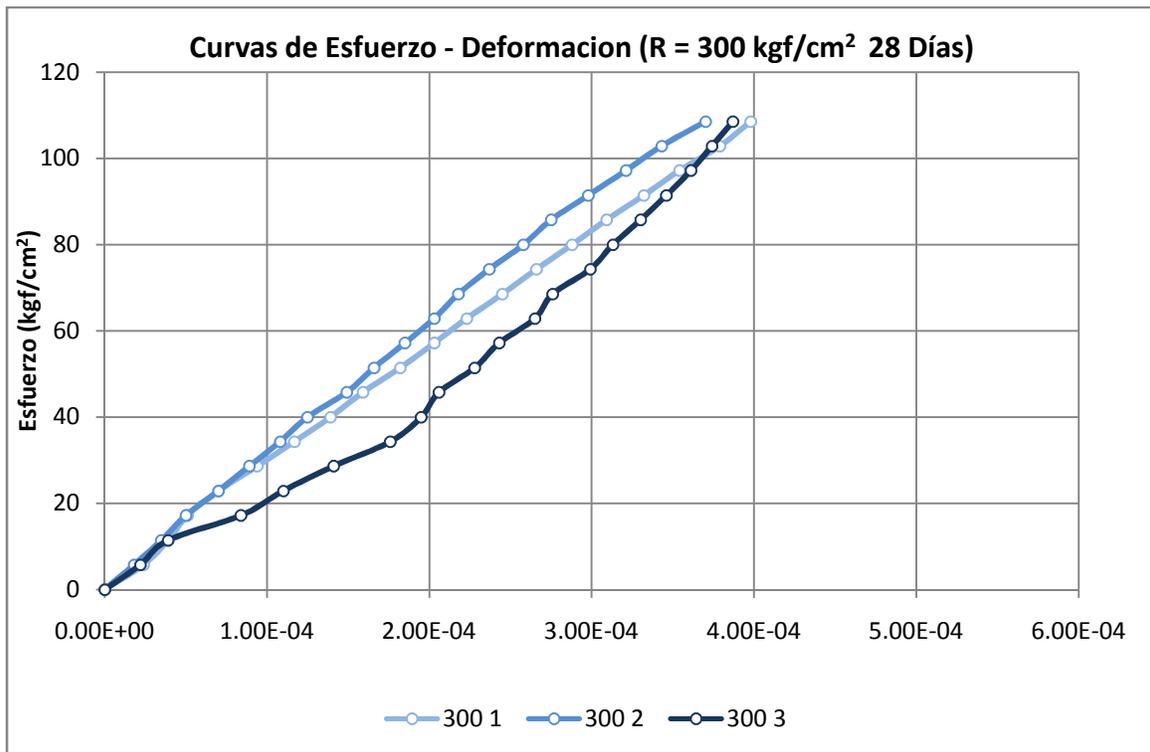


Gráfico 23: Curva esfuerzo vs deformación (R = 300 kgf/cm<sup>2</sup> a los 28 días).

Los resultados del módulo a los 7 y 14 días se mantienen prácticamente constantes, a pesar de que existe una pequeña disminución en el módulo a los 14 días en comparación al anterior. A partir de ahí aumenta el módulo como se tiene esperado.

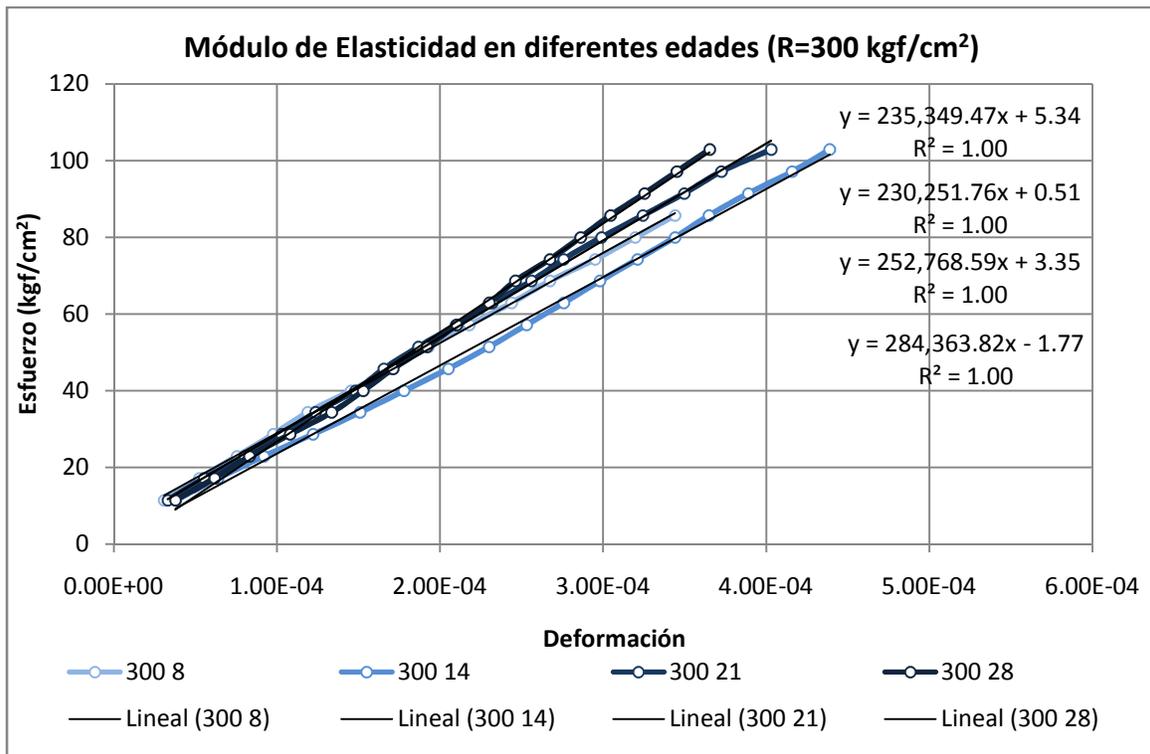


Gráfico 24: Promedio de las curvas obtenidas para cada edad (R = 300 kgf/cm<sup>2</sup>) y su respectivo módulo de elasticidad.

El gráfico que se presenta a continuación (véase Gráfico 25) muestra una comparación entre la evolución de del módulo de elasticidad experimental para un resistencia de  $180 \text{ kgf/cm}^2$  y los estimados teóricos, en la gráfica se aprecia que los resultados experimentales superan al establecido por la norma ACI 318 desde un 5,24% para la edad de los 7 días y en un 35,88% para los 28 días. Con respecto a la norma COVENIN 1753, se observa que los resultados a los 7 días son inferiores en un 16% sin embargo ya para los 14 y 21 días se encuentran en un rango de solo el 2%, por último, a los 28 días el módulo experimental supera en un 8,36% al establecido por la norma.

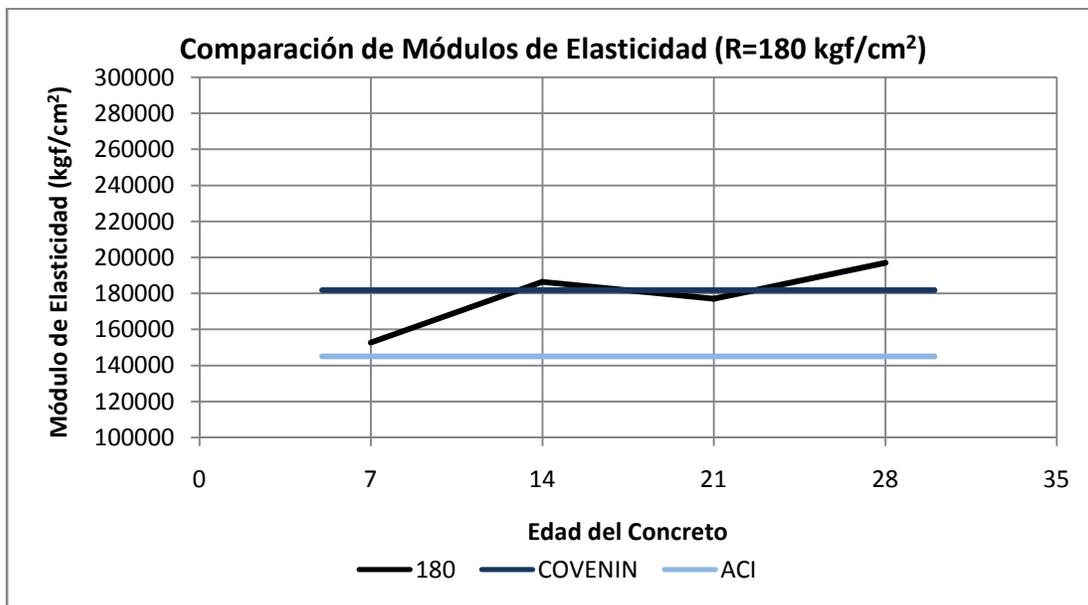


Gráfico 25: Comparación de módulos de elasticidad experimental obtenidos para la resistencia de  $180 \text{ kgf/cm}^2$  con los módulos de elasticidad teórico.

El siguiente gráfico (véase gráfico 26) muestra que para esta resistencia (210 kgf/cm<sup>2</sup>) los valores del módulo experimental que se obtuvo supera al estimado por ambas normas (COVENIN 1753 y ACI 318), a excepción del módulo calculado a los 7 días, que oscila entre un 11% de la norma ACI 318 y un 13% de la norma COVENIN 1753. Cabe destacar que el resultado teórico en ambas normas es similar (219859 kgf/cm<sup>2</sup> para la norma COVENIN y 212000 kgf/cm<sup>2</sup> para la ACI 318) por lo que la comparación de los porcentajes son parecidas. También observamos una caída en el módulo a los 21 días con respecto al módulo anterior.

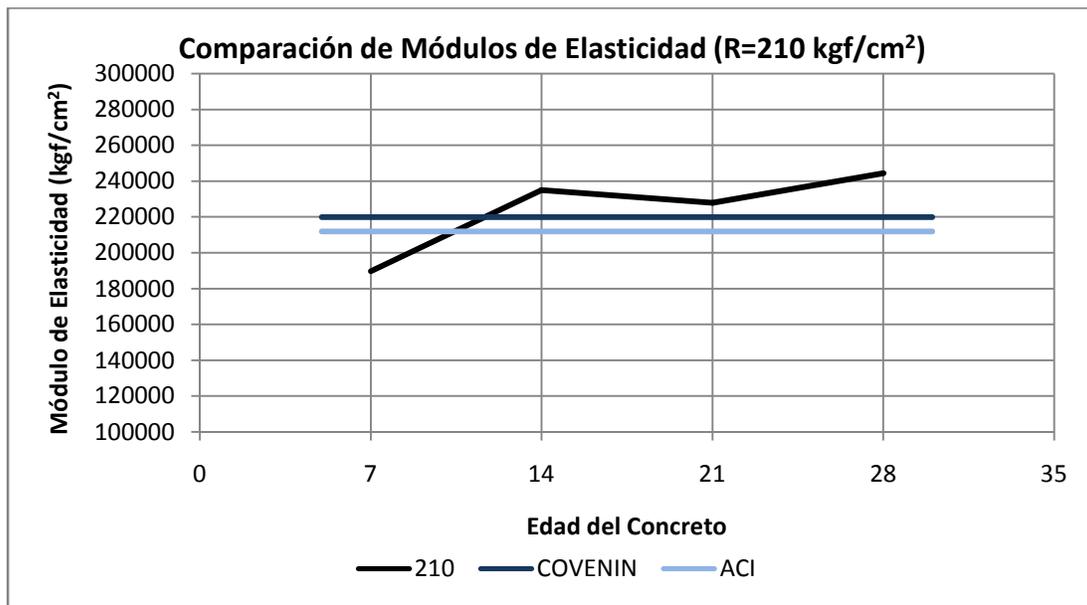


Gráfico 26: Comparación de módulos de elasticidad experimentales obtenidos para la resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup> con los módulos de elasticidad teóricos.

En el gráfico que se muestra a continuación (véase gráfico 27) se observa que ambos valores teóricos superan al valor del módulo experimental, para la edad de 7 y 14 días se encuentra un entre un 9,63 y un 12,81%, ya para la edad de 21 días, ambos resultados se aproximan a los resultados teóricos (solo un 1% de diferencia aproximadamente con respecto a ambos), y la diferencia con respecto a los 28 días está entre un 8 a un 10%.

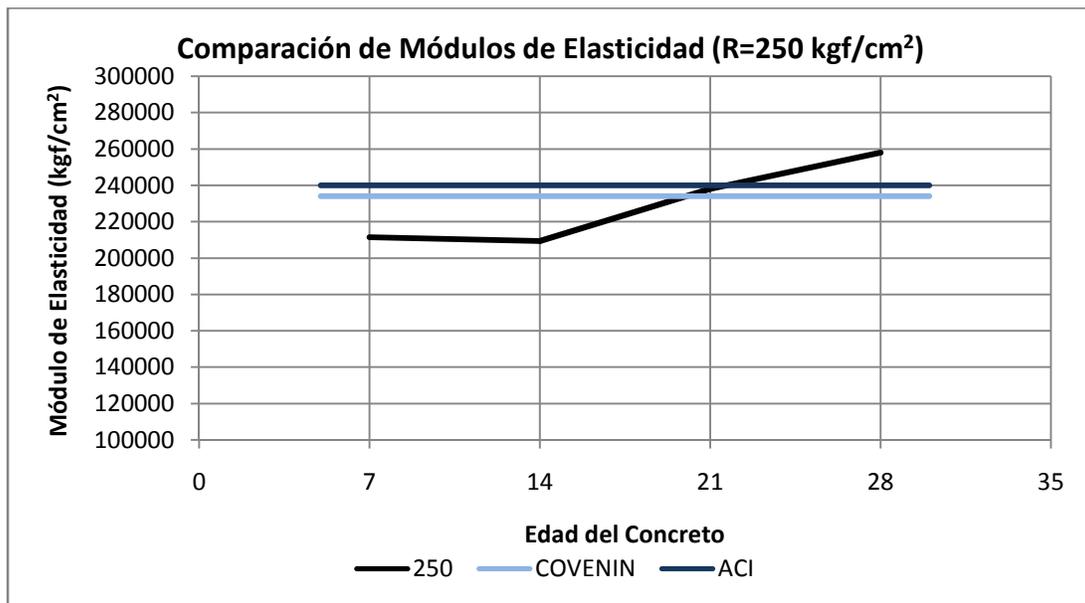


Gráfico 9: Comparación de módulos de elasticidad experimental obtenidos para la resistencia de 250 kgf/cm<sup>2</sup> con los módulos de elasticidad teórico.

El gráfico que se presenta a continuación (véase gráfico 28) muestra una comparación en entre los resultados experimentales del módulo de elasticidad para una resistencia de 300 kgf/cm<sup>2</sup>, y los resultados teóricos, se observa que existe una mayor discrepancia entre ambas normas (248118 kgf/cm<sup>2</sup> para la norma COVENIN contra 270000 kgf/cm<sup>2</sup> para la norma ACI), siendo la segunda más conservadora. Tanto para la edad de 7 días como para la de 14, los resultados se encuentran por debajo de ambas normas ( entre 5 a 7% comparado con la norma COVENIN y un entre un 12 y un 14% con respecto a la norma ACI), ya para los 21 días los valores de módulo experimental y la norma COVENIN se aproximan, mientras que con la norma ACI sigue estando por debajo un 6,38%, sin embargo el resultado experimental obtenido para los 28 días es superior con respecto a ambas normas, (14,61% comparado con la norma COVENIN y un 5,32% relativo a la norma ACI).

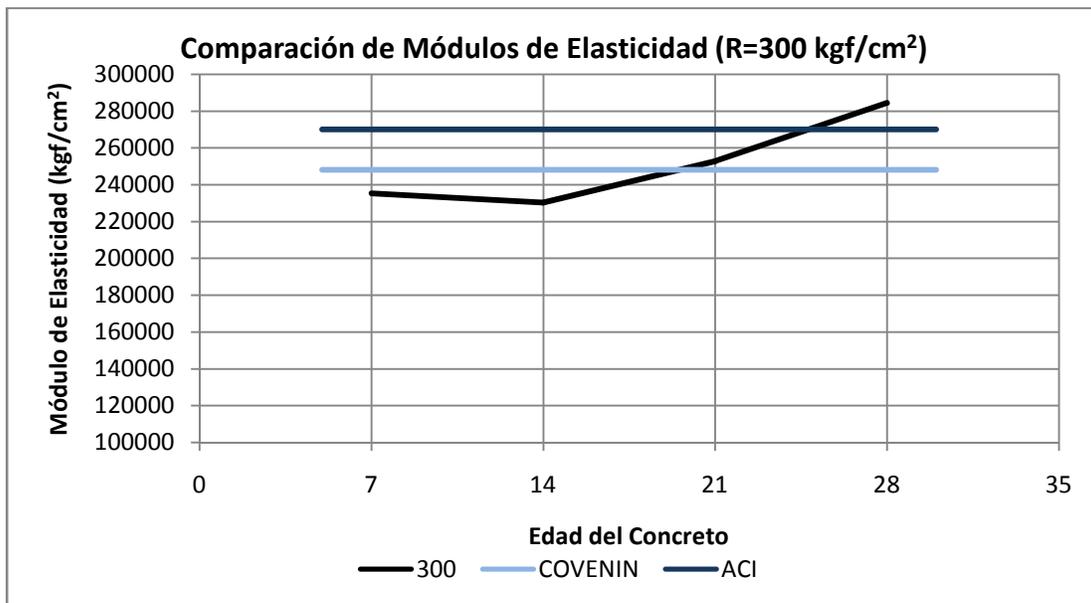


Gráfico 10: Comparación de módulos de elasticidad experimentales obtenidos para la resistencia de 300 kgf/cm<sup>2</sup> con los módulos de elasticidad teóricos.

A continuación se mostraran los resultados promedios de los módulos de elasticidad obtenidos experimentalmente para cada edad y resistencia (véase tabla 17) y el módulo teórico obtenido con la resistencia a los 28 días de cada grupo basados en la norma COVENIN 1753 capítulo 8 (Véase tabla 18).

<b>Resultados de Módulo de Elasticidad por resistencia y edad del concreto</b>				
<b>Edad (días)</b>	<b>Resistencia (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>			
	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
7	152598	189780	211406	235349
14	186471	234956	209259	230252
21	177093	227973	238008	252768
28	197023	244447	257962	284363

*Tabla 18: Resultados del promedio del módulo de elasticidad experimental obtenido para cada edad y resistencia.*

<b>Módulos de Elasticidad según Normas COVENIN y ACI (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>				
<b>Resistencias (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>145</b>	<b>212</b>	<b>240</b>	<b>270</b>
<b>Norma COVENIN (<math>E = 15100\sqrt{f'c}</math>)</b>	<b>181828</b>	<b>219859</b>	<b>233928</b>	<b>248118</b>
<b>Norma ACI (<math>E = 1000 f'c</math>)</b>	<b>145000</b>	<b>212000</b>	<b>240000</b>	<b>270000</b>

*Tabla 19: Resultados del módulo de elasticidad teóricos según las fórmulas estipuladas en las normas COVENIN 1753 capítulo 8.5 y la ACI 318.*

A continuación se mostraran una serie de tablas que mostraran los módulos de elasticidad normados según la Norma COVENIN 1468-79 “Método de ensayo para determinar el módulo de elasticidad (secante) en probetas cilíndricas de concreto” y un módulo secante que parte con esfuerzo inicial cero (0) y deformación inicial cero (0), para cada una de las resistencias de concreto utilizadas en los ensayos.

Módulo de Elasticidad según la Norma COVENIN 1468-19:

$$E = \frac{S_C - S_D}{\varepsilon_C - 5 \times 10^{-5}}$$

Donde:

$S_C$ : Esfuerzo aplicado al 40% de la carga última.

$S_D$ : Esfuerzo determinado gráficamente a una deformación de  $5 \times 10^{-5}$

$\varepsilon_C$ : Deformación correspondiente al 40% de la carga última.

Módulo de Elasticidad recomendada por la literatura:

$$E = \frac{S_C - 0}{\varepsilon_C - 0}$$

Donde:

$S_C$ : Esfuerzo aplicado al 40% de la carga última.

$\varepsilon_C$ : Deformación correspondiente al 40% de la carga última.

Resistencia: 180 kgf/cm<sup>2</sup>

<b>Módulo de Elasticidad Secante Norma COVENIN 1468-79</b>				
$S_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	45,71	51,43	57,14	57,14
$S_D$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	9,99	14,29	11,23	10,61
$\epsilon_c$	2,84E-04	2,43E-04	2,97E-04	2,87E-04
$\epsilon$	5,00E-05	5,00E-05	5,00E-05	5,00E-05

$E$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	152461	192450	186127	196332
-------------------------------	--------	--------	--------	--------

<b>Módulo de Elasticidad Secante</b>				
$S_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	45,71	51,43	57,14	57,14
$S_D$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00
$\epsilon_c$	2,84E-04	2,43E-04	2,97E-04	2,87E-04
$\epsilon_0$	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

$E$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	160777	211640	192616	199104
-------------------------------	--------	--------	--------	--------

Tabla 20: Módulos de elasticidad secante normativo y secante con esfuerzo y deformación inicial cero. Concreto de resistencia 180 kgf/cm<sup>2</sup>.

Resistencia: 210 kgf/cm<sup>2</sup>

<b>Módulo de Elasticidad Secante Norma COVENIN 1468-79</b>				
$S_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	68,57	80,00	80,00	85,71
$S_D$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	15,94	18,03	13,84	13,98
$\epsilon_c$	3,09E-04	3,11E-04	3,42E-04	3,38E-04
$\epsilon$	5,00E-05	5,00E-05	5,00E-05	5,00E-05

$E$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	203211	237426	226581	249079
-------------------------------	--------	--------	--------	--------

<b>Módulo de Elasticidad Secante</b>				
$S_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	68,57	80,00	80,00	85,71
$S_D$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00
$\epsilon_c$	3,09E-04	3,11E-04	3,42E-04	3,38E-04
$\epsilon_0$	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

$E$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	221914	257235	233918	253593
-------------------------------	--------	--------	--------	--------

**Tabla 21: Módulos de elasticidad secante normativo y secante con esfuerzo y deformación inicial cero. Concreto de resistencia 210 kgf/cm<sup>2</sup>.**

Resistencia: 250 kgf/cm<sup>2</sup>

<b>Módulo de Elasticidad Secante Norma COVENIN 1468-79</b>				
$S_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	74,29	85,71	97,14	97,14
$S_D$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	15,18	16,36	14,04	13,09
$\epsilon_c$	3,29E-04	3,77E-04	3,98E-04	3,75E-04
$\epsilon$	5,00E-05	5,00E-05	5,00E-05	5,00E-05

$E$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	212097	212406	238815	258887
-------------------------------	--------	--------	--------	--------

<b>Módulo de Elasticidad Secante</b>				
$S_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	74,29	85,71	97,14	97,14
$S_D$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00
$\epsilon_c$	3,29E-04	3,77E-04	3,98E-04	3,75E-04
$\epsilon_0$	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

$E$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	226021	227661	244078	259278
-------------------------------	--------	--------	--------	--------

Tabla 22: Módulos de elasticidad secante normativo y secante con esfuerzo y deformación inicial cero. Concreto de resistencia 250 kgf/cm<sup>2</sup>.

Resistencia: 300 kgf/cm<sup>2</sup>

Módulo de Elasticidad Secante Norma COVENIN 1468-79				
$S_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	85,71	102,86	102,86	108,57
$S_D$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	16,52	14,07	15,78	14,37
$\epsilon_c$	3,44E-04	4,39E-04	4,03E-04	3,85E-04
$\epsilon$	5,00E-05	5,00E-05	5,00E-05	5,00E-05

$E$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	235362	228255	246682	281213
-------------------------------	--------	--------	--------	--------

Módulo de Elasticidad Secante				
$S_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	85,71	102,86	102,86	108,57
$S_D$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00
$\epsilon_c$	3,44E-04	4,39E-04	4,03E-04	3,85E-04
$\epsilon_0$	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

$E$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	249169	234299	255229	282004
-------------------------------	--------	--------	--------	--------

Tabla 23: Módulos de elasticidad secante normativo y secante con esfuerzo y deformación inicial cero. Concreto de resistencia 300 kgf/cm<sup>2</sup>.

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos del módulo de elasticidad según la Norma COVENIN 1468-1979 y el módulo de elasticidad recomendado por la literatura para cada resistencia y respectivas edades.

<b>Resultados de Módulo de Elasticidad Normativo por resistencia y edad del concreto</b>				
<b>Edad (días)</b>	<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			
	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
7	152461	203211	212097	235362
14	191450	237426	214406	228255
21	186127	226581	238815	246682
28	196332	249079	258857	281213

*Tabla 24: Módulos de elasticidad secante por resistencia y edad según Norma COVENIN 1468-1979.*

<b>Resultados de Módulo de Elasticidad recomendado por la literatura, por resistencia y edad del concreto</b>				
<b>Edad (días)</b>	<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			
	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
7	160777	221914	226021	249169
14	211640	257235	227661	234299
21	192616	233918	244078	255229
28	199104	253593	259278	282004

*Tabla 25: Módulos de elasticidad secante por resistencia y edad recomendado por la literatura.*

Las tablas que se presentan a continuación presentan las variaciones en porcentaje del módulo de elasticidad experimental con los módulos de elasticidad calculados de acuerdo a la Norma COVENIN 1753 y ACI318.

Variación en porcentaje del Módulo de Elasticidad en referencia a la Norma COVENIN 1753 - 1987				
Edad (días)	180 kgf/cm <sup>2</sup>	210 kgf/cm <sup>2</sup>	250 kgf/cm <sup>2</sup>	300 kgf/cm <sup>2</sup>
7	16,08	13,68	9,63	5,15
14	-2,55	-6,87	10,55	7,20
21	2,60	-3,69	-1,74	-1,87
28	-8,36	-11,18	-10,27	-14,61

**Tabla 26: Diferencia porcentuales entre el módulo de elasticidad experimental para las diferentes edades y resistencias con respecto a el resultado del modulo teórico indicado capítulo 8.3 de la norma COVENIN 1753.**

Variación en porcentaje del Módulo de Elasticidad en referencia a la Norma ACI 318 1955				
Edad (días)	180 kgf/cm <sup>2</sup>	210 kgf/cm <sup>2</sup>	250 kgf/cm <sup>2</sup>	300 kgf/cm <sup>2</sup>
7	-5,24	10,48	11,91	12,83
14	-28,60	-10,83	12,81	14,72
21	-22,13	-7,53	0,83	6,38
28	-35,88	-15,31	-7,48	-5,32

**Tabla 27: Diferencias porcentuales entre el módulo de elasticidad experimental para las diferentes edades y resistencias con respecto a el resultado del módulo teórico indicado en la norma ACI 318.**

Variación en porcentaje del Módulo de Elasticidad en referencia a la Norma COVENIN 1468-				
Edad (días)	180 kgf/cm <sup>2</sup>	210 kgf/cm <sup>2</sup>	250 kgf/cm <sup>2</sup>	300 kgf/cm <sup>2</sup>
7	-0,09	6,61	0,33	0,01
14	2,60	1,04	2,40	-0,87
21	4,85	-0,61	0,34	-2,47
28	-0,35	1,86	0,35	-1,12

**Tabla 28: Diferencias porcentuales entre el módulo de elasticidad experimental para las diferentes edades y resistencias con respecto a el resultado del módulo normativo indicado por la Norma COVENIN 1468.**

Variación en porcentaje del Módulo de Elasticidad en referencia a la modula según la literatura				
Edad (días)	180 kg/cm2	210 kg/cm2	250 kg/cm2	300 kg/cm2
7	5,09	14,48	6,47	5,55
14	11,89	8,66	8,08	1,73
21	8,06	2,54	2,49	0,96
28	1,05	3,61	0,51	-0,84

**Tabla 29: Diferencias porcentuales entre el módulo de elasticidad experimental para las diferentes edades y resistencias con respecto a el resultado del módulo secante.**

## **4.2. Análisis**

### **4.2.1. AGREGADOS**

Los resultados dados por las granulometrías utilizadas para la preparación de las diferentes mezclas de concreto indican que se utilizaron combinaciones granulométricas que están dentro de los límites establecidos según el “Manual del Concreto Estructural” de J. Porrero; a excepción del cedazo # 50 que se encuentra ligeramente por debajo del menor valor recomendado en el manual, pero que esto no tiene mayor efecto en el diseño de las mezclas. Estos límites son recomendados para tener mezclas de concretos adecuadas, para este caso se contó con piedra picada #1 como agregado grueso, y arena natural como agregado fino. Este análisis indica que la relación de agregados finos y gruesos utilizados es recomendable para el objeto de estudio.

Resultado similar se encontró en los agregados utilizados por la planta de premezclado indicando la idoneidad técnica del material para los estudios abordados.

### **4.2.2. MEZCLAS**

Las mezclas realizadas inicialmente en este trabajo y según los ensayos de ultrasonido no cumplieron la homogeneidad requerida para efectos del ensayo, por ello se solicitó a una empresa premezcladora las respectivas mezclas caracterizadas para la ejecución de los ensayos. Los ensayos de ultrasonido mostraron una homogeneidad de las probetas de concreto a edades tempranas, sin embargo, a pesar de ser una mezcla homogénea, esto confirmado por los resultados arrojados por el ensayo de ultrasonido y por controles de calidad que

realiza la empresa, las resistencias dieron resultados inferiores a los esperados (teóricos) en tres de las cuatro resistencias de estudio (el concreto de 210 kgf/cm<sup>2</sup> alcanzó la resistencia esperada). Esto muestra que se debe considerar un control de calidad más exhaustivo con el fin de que se logren las resistencias esperadas.

#### 4.2.3. MÓDULO DE ELASTICIDAD

La Norma COVENIN 1753-1987 establece para el cálculo del módulo de elasticidad la fórmula  $E = 0,14 \cdot w_c^{1,5} \sqrt{f_c}$  (en kgf/cm<sup>2</sup>) para valores de  $w_c$  entre 1440 y 2420 kgm/m<sup>3</sup>. Como se obtuvo valores de peso del concreto normales cuyo peso específico estuvo alrededor de los 2300 kgm/m<sup>3</sup> se calculará el módulo con la siguiente fórmula:  $E = 15100 \sqrt{f_c}$ .

Se obtuvieron resultados experimentales del módulo de elasticidad en probetas a diferentes edades (7, 14, 21, 28 días) y resistencias (145, 212, 240, 270 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente). Éstas mostraron tendencias esperadas (a mayor resistencia y edad, se obtiene mayor módulo de elasticidad) en la mayoría de los casos. En los casos en que esto no ocurrió, se observó que los módulos de elasticidad mantuvieron similitud a edades de ensayo consecutivos, la diferencia entre estos está de 1 a un 3%.

Los módulos de elasticidad obtenidos a los 28 días se encuentran por encima de los estipulados por las normas, estos oscilan entre un 8 y un 15% por encima del módulo referido por la Norma COVENIN 1753 y de un 5 a un 35% con respecto a la Norma ACI 318. Así mismo, se observa que en las resistencias estudiadas más bajas (180 y 210 kgf/cm<sup>2</sup>) los valores experimentales se asemejan más a los valores teóricos de la Norma COVENIN 1753, los cuales presentan diferencias de un 8% para el concreto de 180 kgf/cm<sup>2</sup> de resistencia y un 11% para el concreto de 210 kgf/cm<sup>2</sup>. Con respecto a la Norma ACI las diferencias son

mas amplias ya que valores se encuentran entre un 35% y un 15%, con respecto a las resistencias mencionadas anteriormente. Ahora, para las resistencias mayores estudiadas (250 y 300 kgf/cm<sup>2</sup>) los valores obtenidos se aproximan a los teóricos de la Norma ACI 318, estos valores se diferencian un 7% en el concreto de resistencia 250 kgf/cm<sup>2</sup> y un 5% aproximadamente para el concreto de resistencia teórica de 300 kgf/cm<sup>2</sup>, mientras que con respecto a la Norma COVENIN 1753 difieren entre un 10% y un 15%, respectivamente.

En forma general se observa que los valores experimentales alcanzan los estipulados por las normas alrededor de los 14 días para las resistencias más bajas (180 y 210 kgf/cm<sup>2</sup>) y a los 21 para las resistencias más altas (250 y 300 kgf/cm<sup>2</sup>). Se observo, en la mayoría de los casos, que el módulo de elasticidad a los 7 días se encuentra por debajo del estipulado entre un 5 y 16% con respecto a la Norma COVENIN 1753 y alrededor de un 12% con respecto a la norma ACI 318 (en resistencias de 250 y 300 kgf/cm<sup>2</sup>).

A continuación se presenta un análisis por resistencia.

**Resistencia Teórica: 180 kgf/cm<sup>2</sup>**

**Resistencia Experimental: 145 kgf/cm<sup>2</sup>**

Se observa que las resistencias obtenidas no presentaron los resultados esperados, sin embargo, se encuentran en un rango aceptado por la Norma COVENIN 1753, debido a que establece que el promedio debe ser mayor o al a resistencia de diseño disminuida 35 kgf/cm<sup>2</sup>.

Con respecto a los módulos de elasticidad obtenidos se observa que comparándolos con la Norma ACI 318 se encuentran por encima del valor, entre un 5,24% a los 7 días y un 35,88% a los 28 días, con respecto a la Norma COVENIN 1753 se observa que durante los primeros días el módulo es menor en un 16%, no obstante ya a partir de los 14 días presenta resultados bastante

similares, siendo superior ya para los 28 días. También se observó que para los ensayos del concreto de resistencia teórica de  $180 \text{ kgf/cm}^2$  existe una disminución del módulo de elasticidad a los 21 días en relación con el día anterior de ensayo, esto se demuestra en los ensayos a compresión realizados en ese día.

Por otra parte se observa en los resultados obtenidos de la desviación estándar oscila entre un 4 y un 9% aproximadamente, lo que indica una buena aproximación con respecto al resultado promedio en especial en la edad de 14 y 21 días cuya desviación son de 3,85% y 5,06%.

El resultado del módulo experimental obtenido en este trabajo de grado para una resistencia de  $145 \text{ kgf/cm}^2$  es de  $197.093 \pm 14.776 \text{ kgf/cm}^2$  superando en un 8,36% al estipulado por la Norma COVENIN 1753-2006 y un 35,88% a la norma ACI 318-1995.

**Resistencia:  $210 \text{ kgf/cm}^2$**

**Resistencia Experimental:  $212 \text{ kgf/cm}^2$**

Para esta resistencia las probetas presentaron las resistencias esperadas.

Con relación a los módulos de elasticidad obtenidos, se observa que presentan un comportamiento esperado, en este caso, los resultados se encuentran por encima de ambas normas (COVENIN 1753 y la ACI), a excepción del módulo experimental a los 7 días ya que este presenta una diferencia de casi 14% por debajo del módulo establecido por la Norma COVENIN y más de un 10% con respecto a la ACI.

Los valores de la desviación estándar para los 7 días muestran muy buena aproximación al valor promedio (2,10%), para las demás edades la desviación oscila entre un 7 y 9%.

El resultado del módulo experimental obtenido en este trabajo de grado para una resistencia de 212 kgf/cm<sup>2</sup> es de 244.447 ±17.517 kgf/cm<sup>2</sup> superando en un 11,18% al estipulado por la Norma COVENIN 1753-2006 y un 15,31% a la norma ACI 318-1995.

**Resistencia: 250 kgf/cm<sup>2</sup>**

**Resistencia Experimental: 240 kgf/cm<sup>2</sup>**

El valor de la resistencia se encuentra un poco por debajo de lo esperado sin embargo, es aceptable, debido a que la la Norma COVENIN establece que el promedio debe ser mayor o al a resistencia de diseño disminuida 35 kgf/cm<sup>2</sup>.

En los módulos de elasticidad, se notó que ambos módulos teóricos son bastante similares (Norma COVENIN E = 233928 kgf/cm<sup>2</sup>, ACI E = 240000 kgf/cm<sup>2</sup>), que comparados con los valores obtenidos por medio de los ensayos se observa que alcanzan valores similares a los 21 días. Durante los primeros días, los resultados se encuentran por debajo un 14% aproximadamente, ya para los 28 días el módulo experimental supera al módulo teórico.

En general, la desviación estándar presenta unos valores de 6 ± 1%.

El resultado del módulo experimental obtenido en este trabajo de grado para una resistencia de 240 kgf/cm<sup>2</sup> es de 257.962 ± 19308 kgf/cm<sup>2</sup> superando en un 10,27% al estipulado por la norma COVENIN 1753-2006 y un 7,48% a la norma ACI 318-1995.

**Resistencia: 300 kgf/cm<sup>2</sup>**

**Resistencia Experimental: 270 kgf/cm<sup>2</sup>**

Los resultados de las resistencias no fueron los esperados, sin embargo entran dentro de los parámetros exigidos por la Norma COVENIN 1753, debido a que establece que el promedio debe ser mayor o al a resistencia de diseño disminuida 35 kgf/cm<sup>2</sup>.

Los módulos de elasticidad obtenidos muestran un comportamiento similar a la resistencia anterior a diferencia que los valores de ambas normas difieren un poco mas (Norma COVENIN E = 248118 kgf/cm<sup>2</sup>, ACI E = 270000 kgf/cm<sup>2</sup>), por ello, comparando con la Norma COVENIN 1753 se observa que los valores se aproximan a los 21 días, mientras que con respecto a la Norma ACI, los valores se asemejan después de los 21 días, sin embargo el resultado experimental del módulo obtenido a los 28 días supera al obtenido por medio de ambas normas.

Existe una desviación considerable en las edades de 14 y 28 días, aproximadamente un 11,6% las edades restantes presentan una desviación menor, donde a la edad de 7 días presenta una buena aproximación al promedio (4%)

El resultado del módulo experimental obtenido en este trabajo de grado para una resistencia de 270 kgf/cm<sup>2</sup> es de 284.363 ± 32.768 kgf/cm<sup>2</sup> superando en un 14,61% al estipulado por la Norma COVENIN 1753-2006 y un 5,32% a la Norma ACI 318-1995.

#### **4.2.4. Comparación de módulos de elasticidad.**

Los resultados del módulo de elasticidad secante normativo en comparación a los obtenidos con la recta de mejor ajuste del promedio de las resistencias comprueban que representa muy bien el comportamiento del módulo de elasticidad del concreto ya que la diferencia es menor al 1% en todos los casos (veáse tabla 21)

Por otra parte, la comparación del módulo normativo con respecto al “módulo propuesto en la literatura (módulo secante)” muestra que a edades tempranas existe cierta discrepancia que llega a ser máxima de 7%, diferencia que se va acortando a medida que va aumentando la edad, ya para los 28 días la diferencia es prácticamente nula, la cual se encuentra por debajo del 0,5% en todos los casos (Veáse tabla 22)

## Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, se concluye:

- Los resultados de las combinaciones granulométricas indican que la relación de agregados finos y gruesos utilizados son recomendables para el objeto de estudio, y sus propiedades físicas están dentro del rango normativo establecido
- Para la obtención de resultados aceptables de ensayos es fundamental garantizar la homogeneidad de las mezclas.
- Se obtuvieron mezclas homogéneas que permitieron establecer la correcta prosecución de los ensayos.
- Los módulos secantes experimentales obtenidos presentaron un comportamiento esperado según la literatura consultada.
- Se puede establecer que el módulo de elasticidad local se encuentra entre un 4 y 18% por encima del estipulado por la norma COVENIN 1753-2006.
- A edades tempranas se deben tomar provisiones ya que el módulo de elasticidad generalmente es inferior al recomendado por las normas.
- El módulo de elasticidad secante normativo se aproxima muy bien al comportamiento del módulo ajustado experimentalmente.
- El módulo de elasticidad estipulado por la norma COVENIN 1753-2006 y ACI-318 1995 es un módulo conservador para la edad de 28 días.

## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios con mayor cantidad de especímenes para obtener la desviación con mayor precisión.
- Se requiere que para futuras investigaciones se disponga de más personal de apoyo para los ensayos y más espacio de almacenamiento.
- Establecer investigaciones numéricas que indique el efecto de la variación del módulo de elasticidad en el comportamiento de la estructura.
- Ampliar la investigación a resistencias mayores que es la tendencia actual en la construcción.
- Mejorar la instrumentación del ensayo de módulo de elasticidad.

## Referencias Bibliográficas

- Neville, A. M. (1977). *Tecnología del Concreto Tomo II*. México
- Gunstantin, Avram (1981). *Concrete Strength and Strains*. Rumania.
- Davis, H. y Troxell, G. (1956). *Composition and Properties of Concrete*. U.S.A., New York.
- Graces, J., Porrero, J., Ramos, C., Velazco, J. (2004). *Manual del Concreto Estructural*. Caracas.
- Park, R., Paulay, T (1988). *Estructuras de concreto reforzado*. México.
- Sencamer (s.f.) Recuperado el día 10 de Julio de 2007.  
<http://portal.sencamer.gob.ve/content/view/55/90/>
- Fondonorma (s.f.) Recuperado el día 10 de julio de 2007.  
<http://fondonorma.com.ve/>
- American Concrete Institute. Recuperado el día 12 de Julio de 2007.  
<http://www.aci-int.org/PUBS/STANDACTION.ASP>.
- ACI 318-1955 *American Concrete Institute*.
- COVENIN 337-78 *“Definiciones y terminología relativas al concreto”*
- COVENIN 277:2000 *“Concreto. Agregados. Requisitos”*.
- COVENIN 338:2002 *“Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”*.
- COVENIN 1976:2003 *“Concreto. Evaluación y métodos de ensayo”*.
- COVENIN 1468-79 *“Método para determinar el modulo de elasticidad (secante) en probetas cilíndricas de concreto”*.
- COVENIN 1681-19880 *“Método de ensayo para determinar la velocidad de propagación de ondas en el concreto”*.
- COVENIN 1753:1987. *“Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”*.

## **Apendices**

Ensayos realizados para conocer las propiedades de los agregados:

### **Ensayo para determinar el peso específico del agregado fino**

Este ensayo se realizó en la planta de premezclado siguiendo los procedimientos de la norma COVENIN 268-78, el cual tiene por fin determinar el peso específico del agregado fino.

#### **Equipos utilizados**

- Una balanza con capacidad de 320 grs y una apreciación de 0,01 grs.
- Picnómetros "*Humboldt MFG.CO*"; Chicago, USA. Con capacidad para 100 ML, se utilizaron 3 picnómetros con sus respectivas identificaciones el picnómetro # 618, # 592 y # 596.
- Cámara de vacío.
- Termómetro con una apreciación de 0,1 °C.

#### **Procedimiento**

- Por un divisor de muestras se tomaron 3 muestras de 50 grs cada una.
- Se depositaron cada muestra en un recipiente adecuado y se colocaron en el horno a temperatura constante de entre 100 y 110 °C para su secado.

- Se determino el peso cada uno de los picnómetros vacíos.
- Se tomaron 15 grs de cada muestra de 50 grs y se colocaron esos 15 grs en cada uno de los picnómetros.
- Se determino los pesos de los picnómetros con los 15 gr de suelo seco.
- Se llenaron los 3 picnómetros que contenían el suelo seco hasta el 90 % de su capacidad con agua destilada.
- Se colocaron cada uno de los picnómetros dentro de la cámara de vacío para la eliminación de cualquier burbuja de aire presente dentro de los picnómetros y se llevo el nivel de agua en cada picnómetro hasta la capacidad de calibración.
- Se determino el peso total de cada picnómetro con la muestra y el agua.
- Se determino el peso del picnómetro más el agua.
- Se determino la temperatura en cada picnómetro.

## **Resultados**

Peso vacío del picnómetro # 618= 47,33 grs.

Peso vacío del picnómetro # 592= 48,36 grs.

Peso vacío del picnómetro # 596= 47,49 grs.

Peso vacío del picnómetro # 618 + Peso del suelo seco= 62,460 grs.

Peso vacío del picnómetro # 592 + Peso del suelo seco= 63,598 grs.

Peso vacío del picnómetro # 596 + Peso del suelo seco= 63,170 grs.

Peso vacío del picnómetro # 618 + Peso del suelo seco + Peso del agua= 156,190 grs.

Peso vacío del picnómetro # 592 + Peso del suelo seco + Peso del agua= 157,570 grs.

Peso vacío del picnómetro # 596 + Peso del suelo seco + Peso del agua= 156,900 grs.

Temperatura del picnómetro # 618= 28,4 °C

Temperatura del picnómetro # 592= 28,0 °C.

Temperatura del picnómetro # 596= 28,4 °C.

### Cálculos

Para determinar el peso del picnómetro más el peso del agua se utilizaron los datos experimentales que durante años se han registrado en la planta de premezclado, con los cuales se obtienen las siguientes gráficas y entrando con la temperatura en la ecuación de la línea de tendencia se obtiene el peso del picnómetro más el peso del agua

Para el picnómetro # 592 se entra con una temperatura de 28,0 °C en la figura 4.

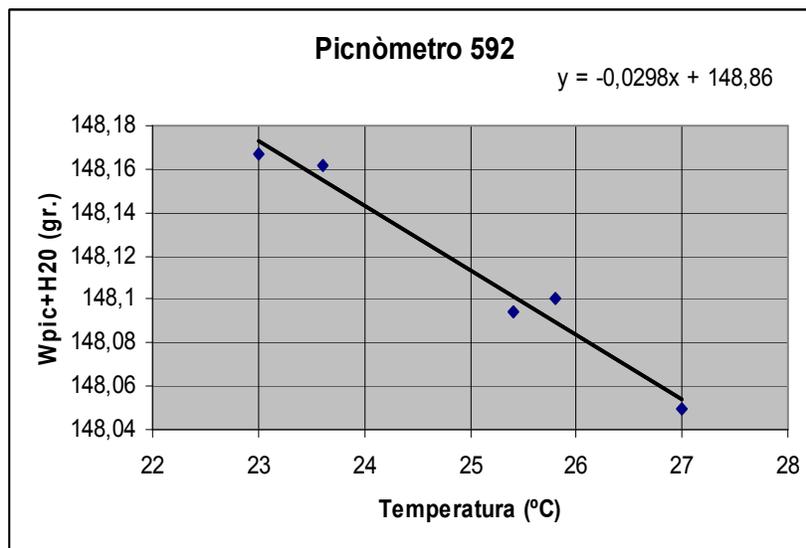


Figura 4 Curva Temperatura contra Peso del picnómetro #592 más agua

Y se obtiene que el peso del picnómetro # 592 + Peso del agua= 148,026 grs.

Para el picnómetro # 618 se entra con una temperatura de 28,4 °C en la figura 5.

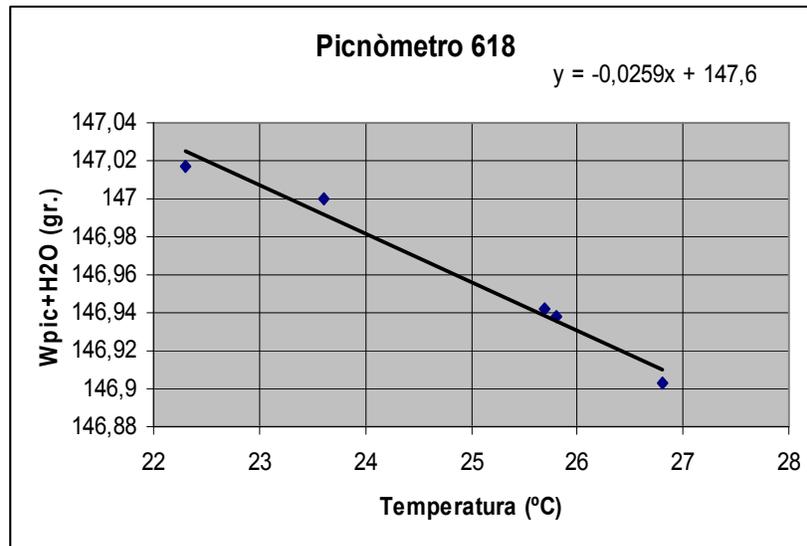


Figura 5 Curva Temperatura contra Peso del picnómetro #618 más agua

Y se obtiene que el Peso del picnómetro # 618 + Peso del agua= 146,864 grs.

Para el picnómetro # 596 se entra con una temperatura de 28,4 °C en la figura 6.

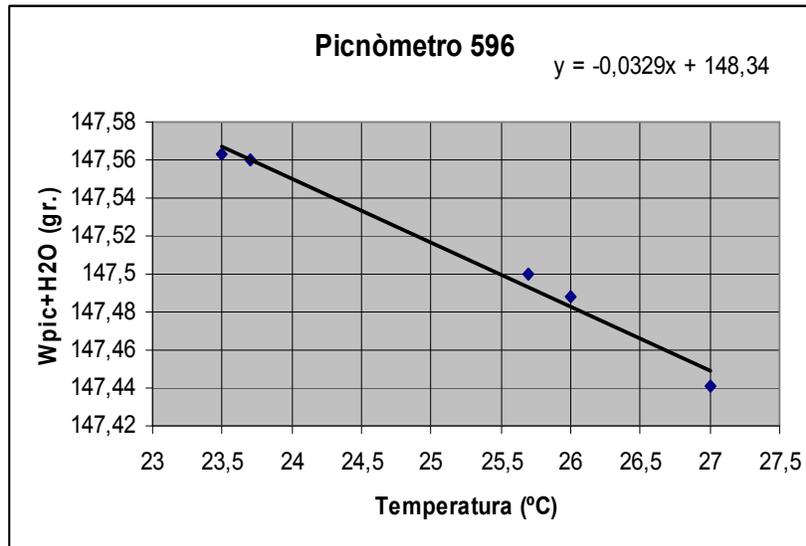


Figura 6 Curva Temperatura contra Peso del picnómetro #596 más agua

Y se obtiene que el Peso del picnómetro # 596 + Peso del agua= 147,405 grs.

Se calculo el peso específico:

$$\gamma_A = \frac{W_S \times G_{wt}}{W_S + W_2 - W_1} \quad (\text{COVENIN 268-78})$$

En donde:

$W_S$ = Suelo seco.

$W_2$ = Peso vacío del picnómetro + Peso del agua.

$W_1$ = Peso vacío del picnómetro + Peso del suelo seco + Peso del agua.

$G_{WT}$ = Factor de Corrección por temperatura.

$\gamma_A$ = Peso específico del agregado fino.

Pero la norma indica que el peso específico se calcula a temperatura de 23 °C y el ensayo no se realizó a esa temperatura por lo tanto aparece en la fórmula el factor de corrección por temperatura ( $G_{WT}$ ).

Temperatura (°C)	Peso Especifico relativo a 4 °C (Adimensional)	Peso Especifico relativo a 20 °C $G_{WT}$ (Adimensional)
4	1,00000	1,0018
18	0,99862	1,0004
19	0,99843	1,0002
20	0,99823	1,0000
21	0,99802	0,9998
22	0,99780	0,9996
23	0,99756	0,9993
24	0,99732	0,9991
25	0,99707	0,9989
26	0,99681	0,9986
27	0,99654	0,9983
28	0,99626	0,9980
29	0,99597	0,9977
30	0,99567	0,9974

**Tabla I.1.1 “Ensayos de laboratorios en mecánica de suelos”**

El picnómetro # 592 tiene una temperatura de 28 °C por lo tanto el factor de corrección por temperatura ( $G_{WT}$ )= 0,998.

$$\gamma_A = \frac{15 \times 0,998}{15 + 148026 - 157,57} = 2743,76 \text{ Kg/m}^3$$

El picnómetro # 618 tiene una temperatura de 28,4 °C por lo tanto hay que interpolar entre 28 °C y 29 °C para encontrar el factor de corrección por temperatura ( $G_{WT}$ )= 0,99788.

$$\gamma_A = \frac{15 \times 0,99788}{15 + 146,864 - 156,19} = 2638,03 \text{ Kg/m}^3$$

El picnómetro # 596 tiene una temperatura de 28,4 °C por lo tanto hay que interpolar entre 28 °C y 29 °C para encontrar el factor de corrección por temperatura ( $G_{WT}$ )= 0,99788.

$$\gamma_A = \frac{15 \times 0,99788}{15 + 147,405 - 156,9} = 2719,02 \text{ Kg/m}^3$$

El peso específico del agregado fino es finalmente el promedio de los tres pesos específico registrados en cada picnómetro.

$$\gamma_A = \frac{2743,76 + 2638,03 + 2719,02}{3} = 2700,27 \text{ Kg/m}^3$$

### **Ensayo para determinar la absorción del agregado fino**

Este ensayo se realizó en la planta de premezclado siguiendo los procedimientos de la norma COVENIN 268-78, el cual tiene por fin determinar la capacidad de absorción del agregado fino.

### **Equipos utilizados**

- Una balanza con capacidad de 10 Kg y una apreciación de 1 grs.

- Horno.
- Molde para colocar el material.

### **Procedimiento**

- Se tomo una cantidad representativa de muestra por un divisor de muestras.
- Se depositaron dicha muestra en un recipiente adecuado y se colocaron en el horno a temperatura constante de entre 100 y 110 °C para su secado.
- Se determino el peso del recipiente más el peso del suelo seco.
- Se tomo la muestra y se coloco en un recipiente y se le agrego agua a la muestra hasta su saturación.
- Una vez que la muestra estaba saturada se procedió a secar la muestra de manera uniforme hasta la condición de saturado con superficie seca.
- Cuando el material alcanzo la condición de saturado con superficie seca se determino su peso.

### **Resultados**

Peso del recipiente= 1013 grs.

Peso del recipiente + Peso del suelo seco= 2644 grs.

Peso del recipiente + Peso del suelo saturado con superficie seca= 2746 grs.

### **Cálculos**

$$A = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100 \quad (\text{COVENIN 268-78})$$

En donde:

W= Peso del recipiente + Peso del suelo saturado con superficie seca en (grs).

W<sub>1</sub>= Peso del recipiente + Peso del suelo seco en (grs).

% A= Porcentaje de absorción del agregado fino.

$$A = \frac{2746 - 2644}{2644} \times 100 = 3,86 \%$$

### **Ensayo para determinar la absorción del agregado grueso**

Este ensayo se realizó en la planta de premezclado siguiendo los procedimientos de la norma COVENIN 269-78, el cual tiene por fin determinar la capacidad de absorción del agregado grueso.

### **Equipos utilizados**

- Una balanza con capacidad de 320 grs y una apreciación de 0,001 grs.
- Horno.
- Molde para colocar el material.

### **Procedimiento**

- Se tomó una cantidad representativa de muestra por un divisor de muestras.
- Se depositaron dicha muestra en un recipiente adecuado y se colocaron en el horno a temperatura constante de entre 100 y 110 °C para su secado.
- Se determinó el peso del recipiente más el peso de la muestra seca.

- Se tomo la muestra y se coloco en un recipiente con agua durante 24 horas para lograr la saturación de la muestra.
- Una vez que la muestra estaba saturada se procedió a secar la muestra de manera uniforme hasta la condición de saturado con superficie seca.
- Cuando el material alcanzo la condición de saturado con superficie seca se determino su peso.

### Resultados

Peso del recipiente= 94,861 grs.

Peso del recipiente + Peso de la muestra seca= 267,979 grs.

Peso del recipiente + Peso de la muestra saturada con superficie seca= 269,405 grs.

### Cálculos

$$A = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100 \quad (\text{COVENIN 269-78})$$

En donde:

W= Peso del recipiente + Peso de la muestra saturada con superficie seca.

W<sub>1</sub>= Peso del recipiente + Peso de la muestra seca.

% A= Porcentaje de absorción del agregado grueso.

$$A = \frac{269,405 - 267,979}{267,979} \times 100 = 0,53 \%$$

## **Ensayo para determinar la humedad del agregado fino**

Este ensayo se realizo en la planta de premezclado siguiendo los procedimientos de la norma COVENIN 272-78, el cual tiene por fin determinar la humedad del agregado fino.

### **Equipos utilizados**

- Una balanza con capacidad de 320 grs y una apreciación de 0,001 grs.
- Horno.
- Moldes para colocar el material.

### **Procedimiento**

- Se tomaron dos cantidades representativa de muestras por un divisor de muestras.
- Se determino el peso del recipiente más el peso de la muestra.
- Se depositaron dicha muestra en un recipiente adecuado y se colocaron en el horno durante unas 24 horas a temperatura constante de entre 100 y 110 °C para su secado.
- Se determino el peso del recipiente más el peso de la muestra seca.

### **Resultados**

#### **Primera muestra**

Peso del recipiente= 43,850 grs.

Peso del recipiente + Peso de la muestra húmeda= 244,080 grs.

Peso de la muestra húmeda= 200,230 grs.

Peso del recipiente + Peso de la muestra seca= 229,547 grs.

Peso de la muestra seca= 185,697 grs.

### **Segunda muestra**

Peso del recipiente= 31,070 grs.

Peso del recipiente + Peso de la muestra húmeda= 274,566 grs.

Peso de la muestra húmeda= 243,496 grs.

Peso del recipiente + Peso de la muestra seca= 258,932 grs.

Peso de la muestra seca= 227,862 grs.

### **Cálculos**

$$\%W = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100 \quad (\text{COVENIN 272-78})$$

En donde:

%W= Porcentaje de humedad de la muestra.

Ws= Peso de la muestra seca.

Wh=Peso de la muestra.

### **Primera muestra**

$$\%W = \frac{200,230 - 185,697}{185,697} \times 100 = 7,83 \%$$

## **Segunda muestra**

$$\%W = \frac{243,496 - 227,862}{227,862} \times 100 = 6,86 \%$$

El porcentaje de humedad del agregado fino es finalmente el promedio de los porcentajes de humedad.

$$\%W = \frac{7,83 + 6,86}{2} = 7,35\%$$

## **Ensayo para determinar la humedad del agregado grueso**

Este ensayo se realizo en la planta de premezclado siguiendo los procedimientos de la norma COVENIN 272-78, el tiene por fin determinar la humedad del agregado fino.

### **Equipos utilizados**

- Una balanza con capacidad de 320 grs y una apreciación de 0,001 grs.
- Horno.
- Moldes para colocar el material.

### **Procedimiento**

- Se tomo una cantidad representativa de muestra por un divisor de muestras.
- Se determino el peso del recipiente más el peso de la muestra.

- Se deposito dicha muestra en un recipiente adecuado y se coloco en el horno durante unas 24 horas a temperatura constante de entre 100 y 110 °C para su secado.
- Se determino el peso del recipiente más el peso de la muestra seca.

### Resultados

Peso del recipiente= 94,819 grs.

Peso del recipiente + Peso de la muestra húmeda= 269,141 grs.

Peso de la muestra húmeda= 174,322 grs.

Peso del recipiente + Peso de la muestra seca= 267,979 grs.

Peso de la muestra seca= 173,160 grs.

### Cálculos

$$\%W = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100 \quad (\text{COVENIN 272-78})$$

En donde:

%W= Porcentaje de humedad de la muestra.

Ws= Peso de la muestra seca.

Wh=Peso de la muestra.

$$\%W = \frac{174,322 - 173,160}{173,160} \times 100 = 0,67 \%$$

## **Ensayo para determinar el peso unitario del agregado grueso**

Este ensayo se realizó en la planta de premezclado siguiendo los procedimientos de la norma COVENIN 263-78, el cual tiene por fin determinar el peso unitario del agregado grueso.

### **Equipos utilizados**

- Una balanza con capacidad de 320 grs y una apreciación de 0,001 grs.
- Moldes para colocar el material.

### **Procedimiento**

- Se tomaron tres cantidades representativas de muestras por un divisor de muestras.
- Se determinó el peso de la muestra.
- Se tomó la muestra y se cubre de parafina.
- Se determinó el peso de la muestra con parafina.
- Se colocó la muestra con parafina en un molde y se sumergió en agua y se determinó su peso sumergido.

### **Resultados**

#### **Primera muestra**

Peso de la muestra= 53,7 grs.

Peso de la muestra con parafina= 56,3 grs.

Peso de la muestra con parafina en agua= 34grs.

### Segunda muestra

Peso de la muestra= 24,4 grs.

Peso de la muestra con parafina= 24,9 grs.

Peso de la muestra con parafina en agua= 15 grs.

### Tercera muestra

Peso de la muestra= 28,1 grs.

Peso de la muestra con parafina= 30,4 grs.

Peso de la muestra con parafina en agua= 17,3 grs.

### Cálculos

$$\gamma = \frac{A}{(B - C) - \frac{(B - A)}{F}} \quad (\text{COVENIN 263-78})$$

En donde:

$\gamma$ = Peso unitario del agregado grueso.

A= Peso de la muestra.

B= Peso de la muestra con parafina.

C= Peso de la muestra con parafina en agua.

F= Peso específico de la parafina.

**Para la primera muestra**

$$\gamma = \frac{53,7}{56,3 - 34 - \frac{56,3 - 53,7}{0,9}} = 2776 \text{ Kg/m}^3$$

**Para la segunda muestra**

$$\gamma = \frac{24,4}{24,9 - 15 - \frac{24,9 - 24,4}{0,9}} = 2615 \text{ Kg/m}^3$$

**Para la tercera muestra**

$$\gamma = \frac{28,1}{30,4 - 17,3 - \frac{30,4 - 28,1}{0,9}} = 2680 \text{ Kg/m}^3$$

El peso unitario del agregado grueso (que se asumió igual al peso específico del agregado grueso) finalmente se calcula como el promedio de los tres pesos unitarios.

$$\gamma = \frac{2776 + 2615 + 2680}{3} = 2690,33 \text{ kg/m}^3$$

## **Ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos y gruesos**

Este ensayo se realizó en la planta de premezclado siguiendo los procedimientos de la norma COVENIN 255-77, el cual tiene por fin determinar la composición granulométrica de los agregados.

### **Equipos utilizados**

- Una balanza con capacidad de 10 kg y una apreciación de 1 grs.
- Cedazos.
- Horno.

### **Procedimiento**

- Se tomaron tres cantidades representativas de muestra por un divisor de muestras tanto para el agregado fino como para el grueso.
- Dichas cantidades representativas se depositaron en un recipiente adecuado y se colocaron en el horno durante unas 24 horas a temperatura constante de entre 100 y 110 °C para su secado.
- De cada cantidad representativa se tomaron tres muestras de 1 Kg cada una de agregado fino y se tenían tres muestras de 7 Kg cada una de agregado grueso.
- Se colocaron los cedazos en orden de tamaño de abertura decreciente, desde arriba hacia abajo y colocamos la muestra en el cedazo superior.
- Se agitaron los cedazos por un periodo de tiempo suficiente que continué el cernido hasta que durante un minuto no pase más del 1% en peso del residuo por ningún cedazo.
- Se determinó el peso del material retenido en cada cedazo

Los resultados de las combinaciones granulométricas se presentan en este trabajo como resultados.

Resultados de ensayos para determinar el Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto de resistencia 180 kgf/cm<sup>2</sup>.

Fecha de ensayo: 16/04/2008.

Edad: 7 días.

Dimensiones y peso de las probetas de concreto:

Probeta	Peso (kg)	Altura (cm)				Diámetro (cm)			
		1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
1	12,102	29,90	29,96	29,88	29,91	14,89	14,89	14,87	14,88
2	12,056	30,05	29,98	30,04	30,02	14,89	14,96	14,94	14,93
3	12,175	30,05	30,14	30,01	30,07	14,90	14,95	15,00	14,95
4	12,187	30,11	30,11	30,07	30,10	14,93	14,96	14,90	14,93
5	12,170	30,06	30,09	30,06	30,07	14,94	14,92	14,89	14,92
6	12,039	29,93	29,98	30,00	29,97	14,91	14,93	14,96	14,93

Tabla 30: Dimensiones y peso de las probetas de concreto, Resistencia: 180 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 7 días.

Área, Volumen y Densidad del concreto:

Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
1	174	5204	2325
2	175	5256	2294
3	176	5278	2307
4	175	5269	2313
5	175	5255	2316
6	175	5249	2294

Tabla 31: Área, Volumen y Densidad del concreto, Resistencia: 180 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 7 días.

Velocidad de propagación de Onda:

Probeta	Ultrasonido (t en $\mu$ seg.)			Velocidad (m/s)
	1	2	Prom.	
1	83,5	83,9	83,7	3574
2	83,9	84,3	84,1	3570
3	82,5	82,7	82,6	3640
4	83,9	83,9	83,9	3587
5	83,5	83,3	83,4	3606
6	84,5	85,0	84,8	3536

Tabla 32: Tiempo y Velocidad de propagación de Onda. R: 180 kg/cm<sup>2</sup>, Edad: 7 días.

Resistencia a compresión en probetas de concreto:

Probeta	Carga (kg)			$\sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Carga	Promedio	40% Carga	
2	18870	18890	8000	108
3	18200			104
6	19600			112
Promedio			108	

Tabla 33: Resistencia promedio. R: 180 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 7 días.

Curvas del Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto:

Probeta 1:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,75	1,00E-05	1,00E-05	2,00E-05	1,30E-05	2,50E-05	1,50E-05	2,00E-05	2,00E-05	1,70E-05
11,50	2,00E-05	5,50E-05	6,00E-05	4,50E-05	6,50E-05	5,00E-05	6,00E-05	5,80E-05	5,20E-05
17,24	6,50E-05	8,50E-05	9,50E-05	8,20E-05	9,50E-05	8,00E-05	8,50E-05	8,70E-05	8,50E-05
22,99	1,00E-04	1,20E-04	1,35E-04	1,18E-04	1,35E-04	1,20E-04	1,20E-04	1,25E-04	1,22E-04
28,74	1,50E-04	1,75E-04	1,95E-04	1,73E-04	1,65E-04	1,45E-04	1,50E-04	1,53E-04	1,63E-04
34,49	2,00E-04	2,25E-04	2,45E-04	2,23E-04	1,85E-04	1,70E-04	1,70E-04	1,75E-04	1,99E-04
40,24	2,50E-04	2,75E-04	2,95E-04	2,73E-04	2,15E-04	2,00E-04	2,05E-04	2,07E-04	2,40E-04
45,98	3,00E-04	3,20E-04	3,40E-04	3,20E-04	2,50E-04	2,30E-04	2,30E-04	2,37E-04	2,79E-04

Tabla 34: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 180 kg/cm<sup>2</sup> Edad: 7 días, Probeta 1.

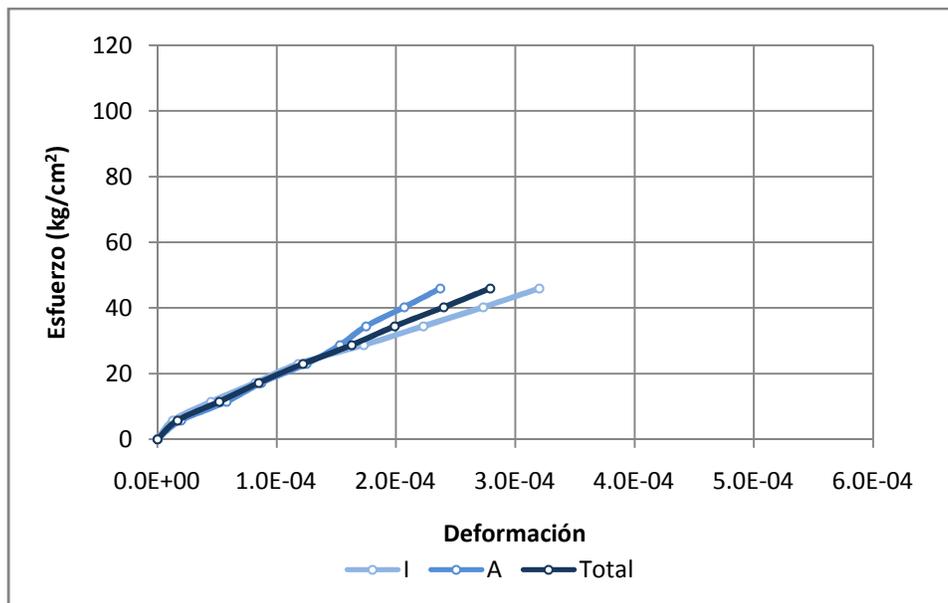


Gráfico 11: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 7 días, probeta 1.

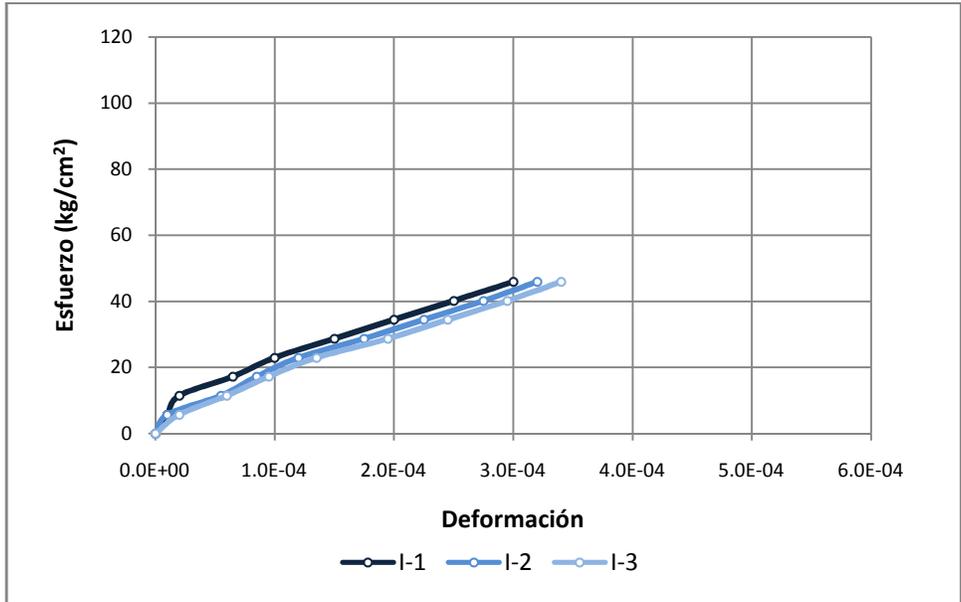


Gráfico 30: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 1.

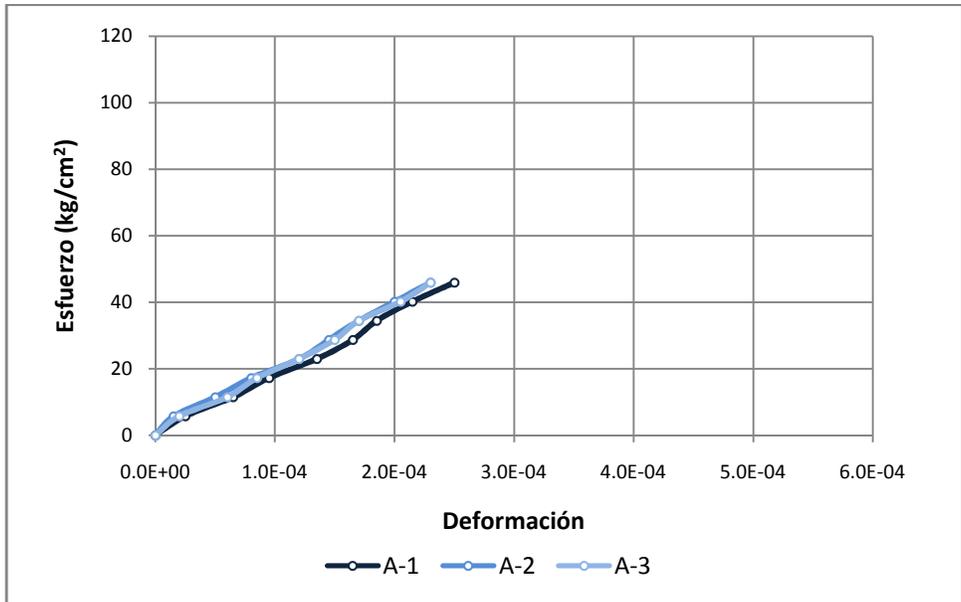


Gráfico 31: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 1.

Probeta 4:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,71	3,00E-05	3,50E-05	3,50E-05	3,30E-05	3,00E-05	2,50E-05	2,50E-05	2,70E-05	3,00E-05
11,42	6,50E-05	7,00E-05	6,50E-05	6,70E-05	8,50E-05	8,50E-05	8,50E-05	8,50E-05	7,60E-05
17,14	1,00E-04	1,10E-04	1,10E-04	1,07E-04	1,35E-04	1,35E-04	1,30E-04	1,33E-04	1,20E-04
22,85	1,40E-04	1,45E-04	1,45E-04	1,43E-04	1,90E-04	1,85E-04	1,85E-04	1,87E-04	1,65E-04
28,56	1,75E-04	1,80E-04	1,85E-04	1,80E-04	2,25E-04	2,30E-04	2,25E-04	2,27E-04	2,04E-04
34,27	2,20E-04	2,30E-04	2,30E-04	2,27E-04	2,60E-04	2,60E-04	2,60E-04	2,60E-04	2,44E-04
39,98	2,65E-04	2,70E-04	2,70E-04	2,68E-04	3,05E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,02E-04	2,85E-04
45,70	3,05E-04	3,10E-04	3,15E-04	3,10E-04	3,35E-04	3,35E-04	3,35E-04	3,35E-04	3,23E-04

Tabla 35: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 180 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 7 días, Probeta 4.

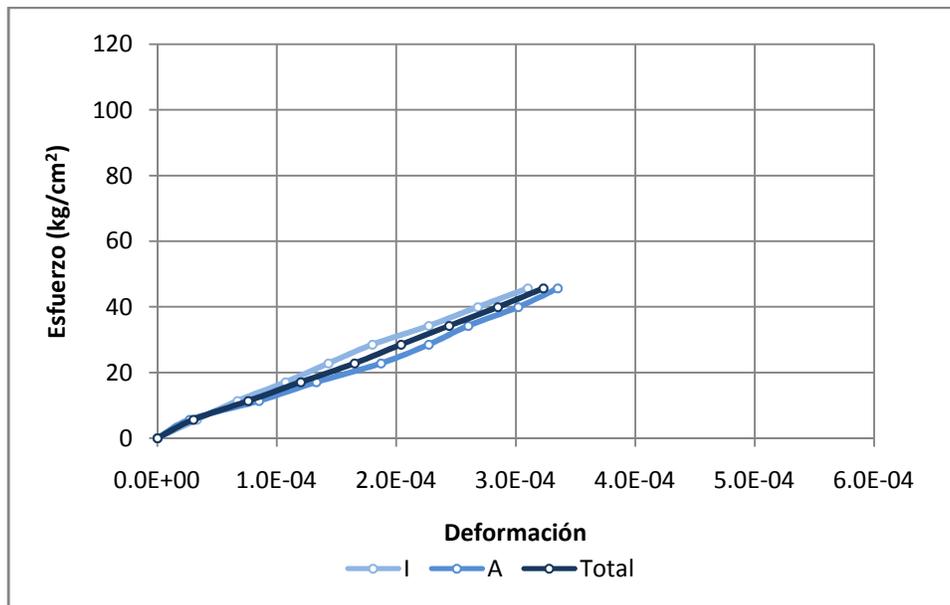


Gráfico 32: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 7 días, probeta 4.

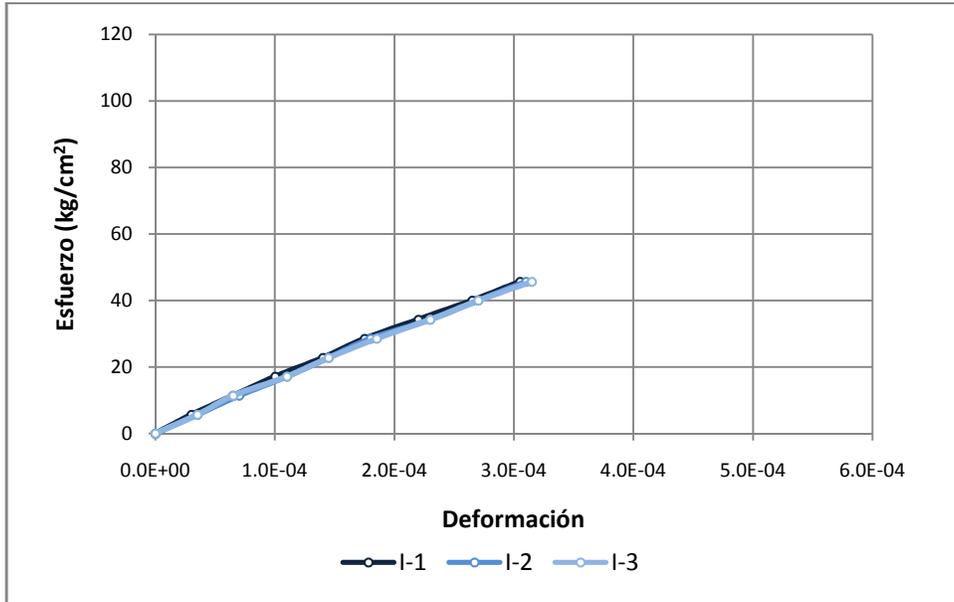


Gráfico 33: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 4.

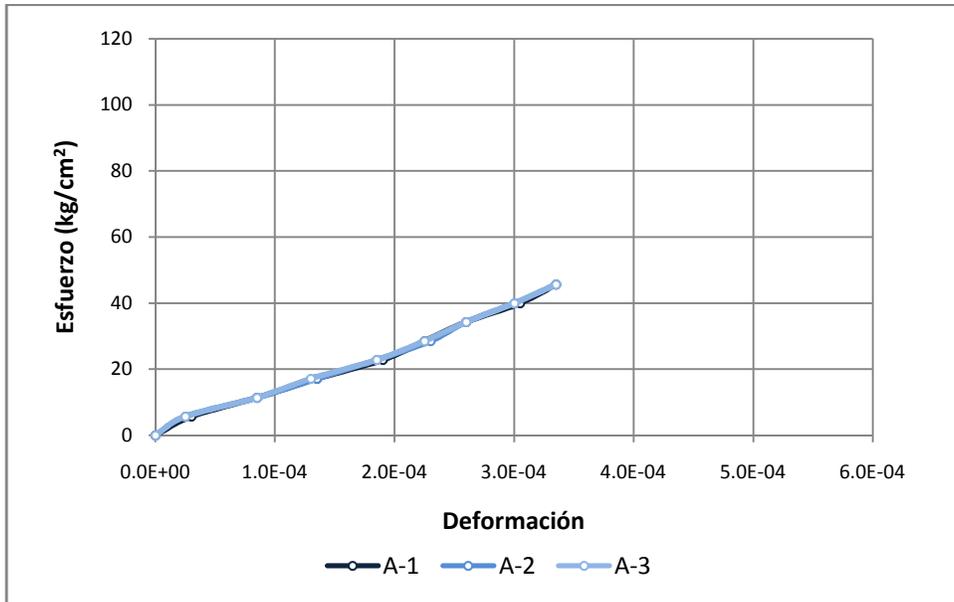


Gráfico 34: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 4.

Probeta 5:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,72	1,50E-05	2,00E-05	2,50E-05	2,00E-05	1,00E-05	2,00E-05	1,00E-05	1,30E-05	1,70E-05
11,44	4,50E-05	4,00E-05	5,00E-05	4,50E-05	4,50E-05	6,50E-05	6,00E-05	5,70E-05	5,10E-05
17,17	6,50E-05	6,00E-05	8,00E-05	6,80E-05	8,50E-05	1,00E-04	9,00E-05	9,20E-05	8,00E-05
22,89	1,15E-04	1,05E-04	1,25E-04	1,15E-04	1,15E-04	1,30E-04	1,20E-04	1,22E-04	1,19E-04
28,61	1,55E-04	1,55E-04	1,60E-04	1,57E-04	1,40E-04	1,60E-04	1,45E-04	1,48E-04	1,53E-04
34,33	1,95E-04	2,00E-04	2,15E-04	2,03E-04	1,70E-04	1,95E-04	1,75E-04	1,80E-04	1,92E-04
40,06	2,45E-04	2,40E-04	2,50E-04	2,45E-04	1,95E-04	2,15E-04	1,95E-04	2,02E-04	2,24E-04
45,78	2,75E-04	2,70E-04	2,80E-04	2,75E-04	2,20E-04	2,40E-04	2,20E-04	2,27E-04	2,51E-04

Tabla 36: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 180 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 7 días, Probeta 5.

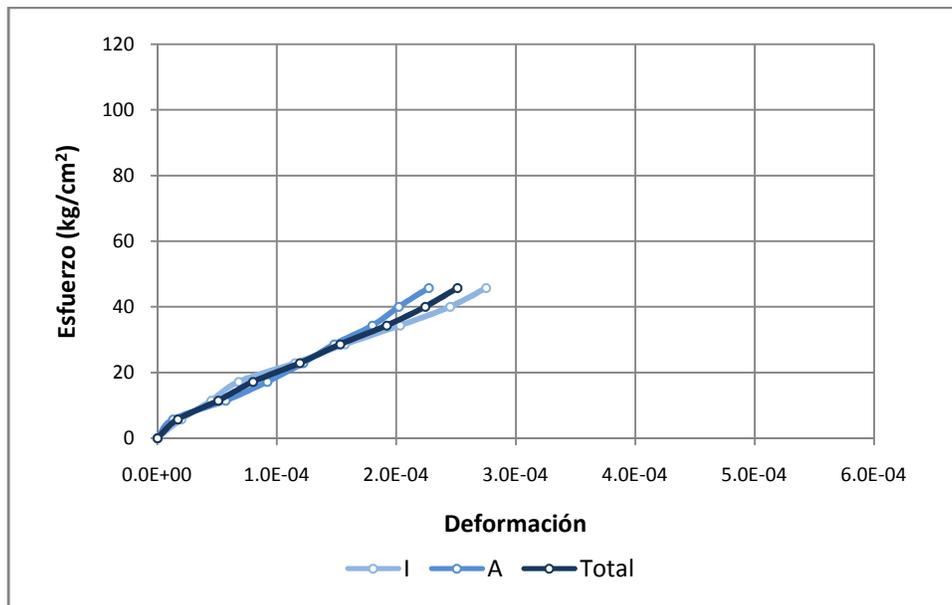


Gráfico 12: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 7 días, probeta 5.

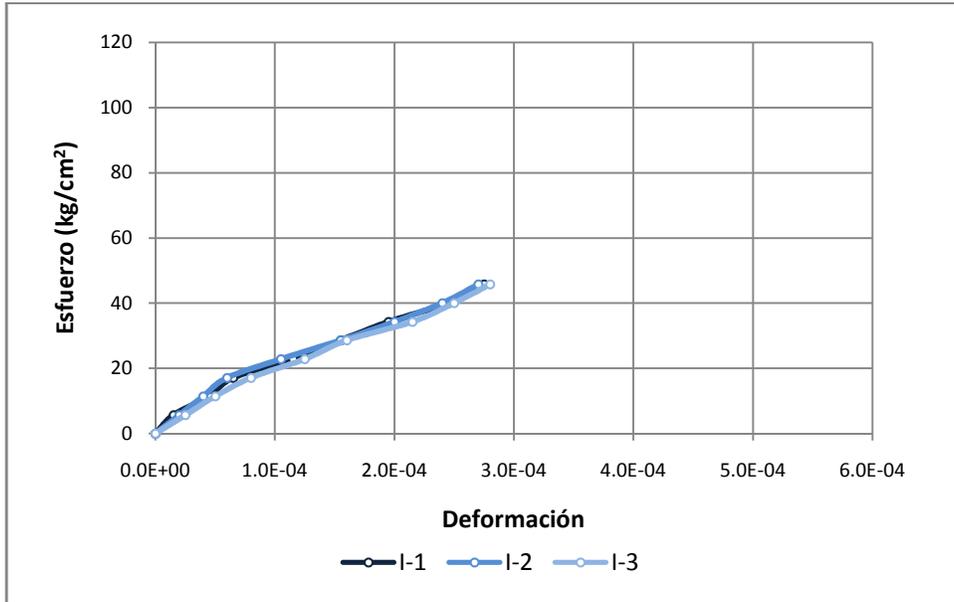


Gráfico 13: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 5.

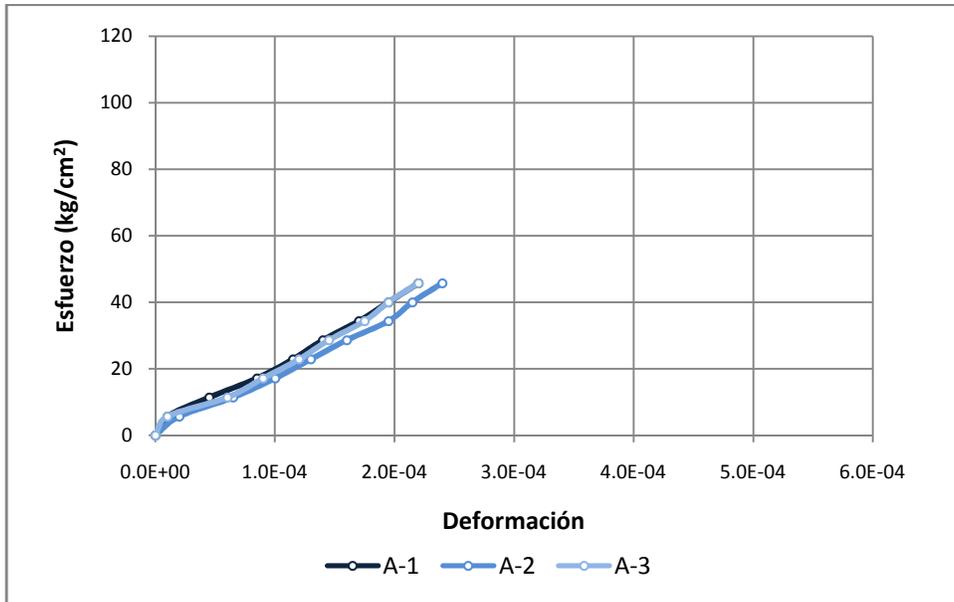


Gráfico 14: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 5.

Fecha de ensayo: 23/04/2008.

Edad: 14 días.

Dimensiones y peso de las probetas de concreto:

Probeta	Peso (kg)	Altura (cm)				Diámetro (cm)			
		1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
1	12,250	30,00	30,05	30,10	30,05	14,88	14,90	14,92	14,90
2	12,250	30,00	30,10	30,10	30,07	14,89	14,85	14,85	14,86
3	12,200	29,90	29,90	29,90	29,90	14,94	14,92	14,90	14,92
4	12,250	30,00	30,00	30,06	30,02	14,90	14,94	14,90	14,91
5	12,100	29,95	29,93	29,95	29,94	14,90	14,89	14,98	14,92
6	12,150	30,00	29,99	29,94	29,98	14,85	14,89	14,96	14,90

*Tabla 37: Dimensiones y peso de las probetas de concreto, Resistencia: 180 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 14 días.*

Área, Volumen y Densidad del concreto:

Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kgf/m <sup>3</sup> )
1	174	5240	2338
2	174	5217	2348
3	175	5228	2334
4	175	5244	2336
5	175	5237	2310
6	174	5227	2325

*Tabla 38: Área, Volumen y Densidad del concreto, Resistencia: 180 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 14 días.*

Velocidad de Propagación de Onda:

Probeta	Ultrasonido			Velocidad
	1	2	Prom.	
1	80,2	80,3	80,3	3745
2	82,7	82,8	82,8	3633
3	80,7	80,7	80,7	3705
4	79,1	79,2	79,2	3793
5	80,7	81,0	80,9	3704
6	80,9	80,7	80,8	3710

*Tabla 39: Tiempo y Velocidad de propagación de Onda. R: 180 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 14 días.*

Resistencia a compresión en probetas de concreto:

Probeta	Carga (kg)			$\sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Carga	Promedio	40% Carga	
1	24000	23267	9000	138
2	22400			129
4	23400			134
Promedio			133	

*Tabla 40: Resistencia promedio. R: 180 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 14 días.*

Curvas del Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto:

Probeta 3:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,72	0,00E+00	5,00E-06	3,00E-05	1,20E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,00E-06
11,44	2,00E-05	3,50E-05	5,50E-05	3,70E-05	0,00E+00	5,00E-06	0,00E+00	2,00E-06	2,00E-05
17,16	4,50E-05	6,00E-05	8,50E-05	6,30E-05	1,50E-05	1,50E-05	5,00E-06	1,20E-05	3,80E-05
22,88	7,00E-05	8,50E-05	1,15E-04	9,00E-05	1,50E-05	2,50E-05	2,00E-05	2,00E-05	5,50E-05
28,60	1,00E-04	1,20E-04	1,50E-04	1,23E-04	4,50E-05	4,50E-05	3,00E-05	4,00E-05	8,10E-05
34,32	1,25E-04	1,55E-04	1,60E-04	1,47E-04	6,50E-05	5,50E-05	4,50E-05	5,50E-05	1,01E-04
40,04	1,65E-04	1,80E-04	2,25E-04	1,90E-04	9,00E-05	8,00E-05	7,00E-05	8,00E-05	1,35E-04
45,76	2,00E-04	2,25E-04	2,60E-04	2,28E-04	1,10E-04	1,05E-04	9,50E-05	1,03E-04	1,66E-04
51,48	2,45E-04	2,60E-04	2,70E-04	2,58E-04	1,35E-04	1,35E-04	1,25E-04	1,32E-04	1,95E-04

Tabla 41: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 180 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 14 días, Probeta 3.

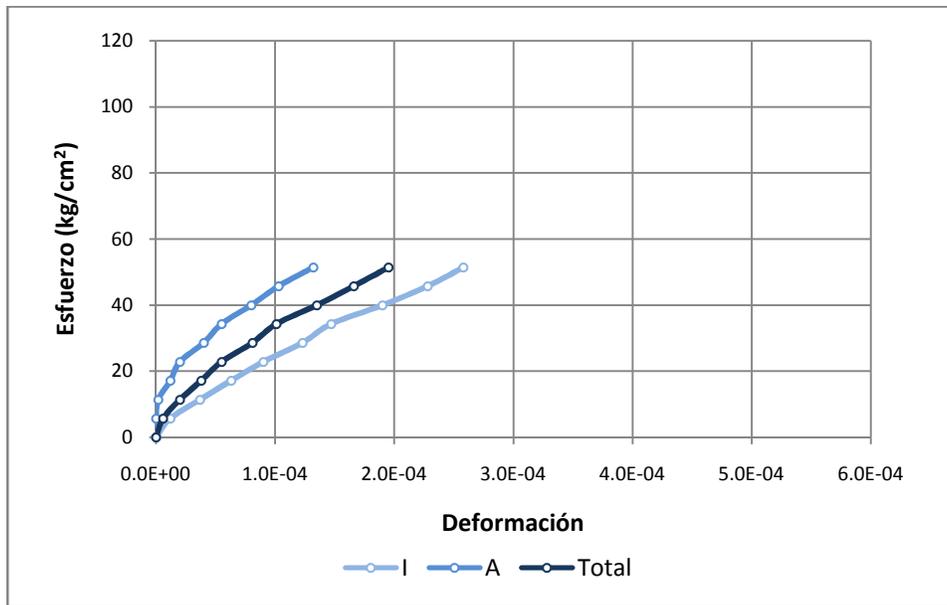


Gráfico 15: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 14 días, probeta 3.

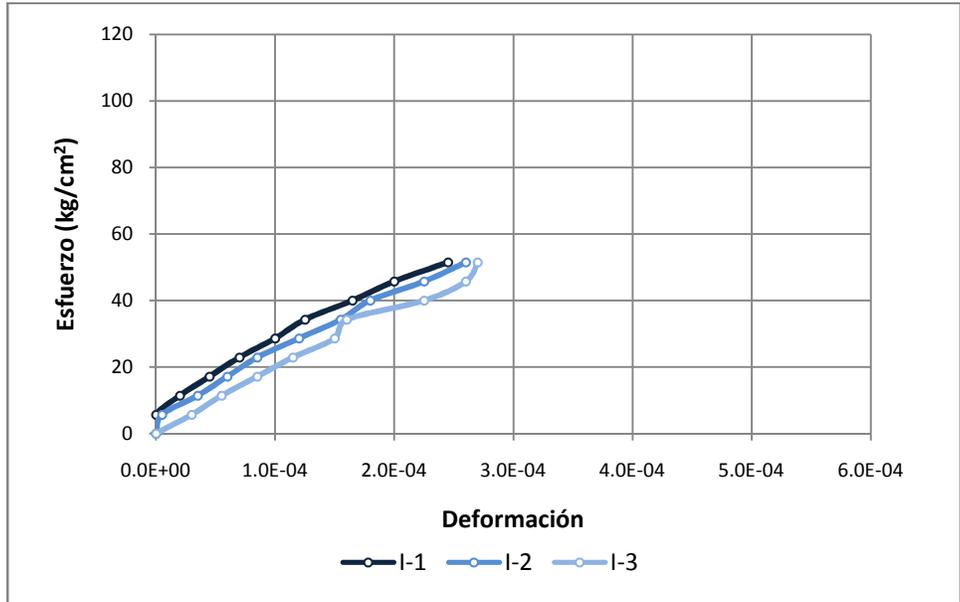


Gráfico 16: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 3.

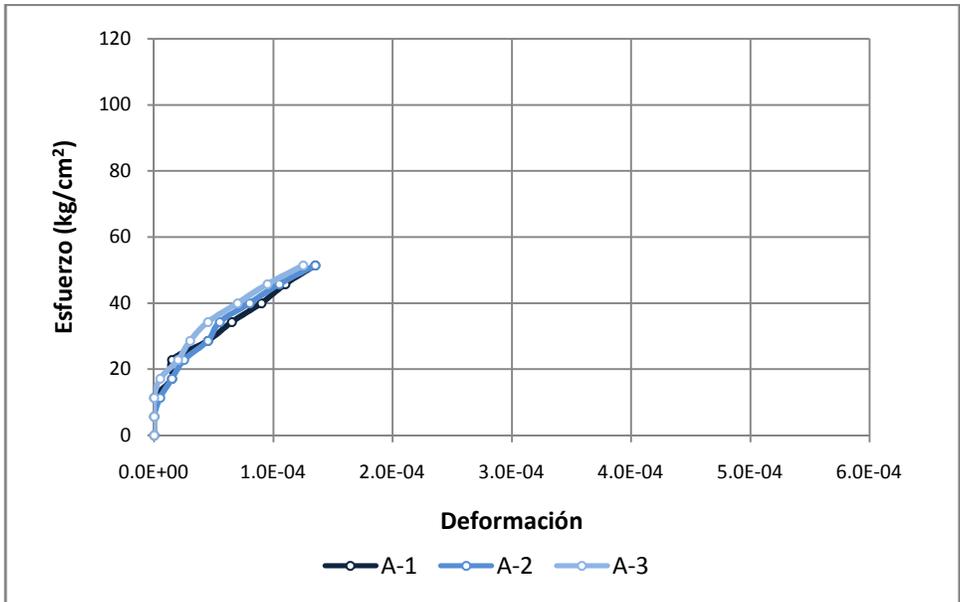


Gráfico 40: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 3.

Probeta 5:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,72	1,00E-05	1,50E-05	1,50E-05	1,30E-05	5,00E-06	5,00E-06	0,00E+00	3,00E-06	8,00E-06
11,43	4,50E-05	6,00E-05	7,00E-05	5,80E-05	1,50E-05	1,50E-05	5,00E-06	1,20E-05	3,50E-05
17,15	8,50E-05	1,00E-04	1,05E-04	9,70E-05	3,50E-05	4,00E-05	2,00E-05	3,20E-05	6,50E-05
22,87	1,20E-04	1,25E-04	1,40E-04	1,28E-04	5,50E-05	6,00E-05	4,50E-05	5,30E-05	9,10E-05
28,59	1,50E-04	1,70E-04	1,80E-04	1,67E-04	7,50E-05	9,00E-05	6,50E-05	7,70E-05	1,22E-04
34,30	1,90E-04	2,05E-04	2,15E-04	2,03E-04	9,00E-05	1,10E-04	9,00E-05	9,70E-05	1,50E-04
40,02	2,25E-04	2,40E-04	2,50E-04	2,38E-04	1,25E-04	1,45E-04	1,10E-04	1,27E-04	1,83E-04
45,74	2,60E-04	2,75E-04	2,85E-04	2,73E-04	1,50E-04	1,70E-04	1,50E-04	1,57E-04	2,15E-04
51,45	2,95E-04	3,05E-04	3,15E-04	3,05E-04	1,75E-04	1,95E-04	1,70E-04	1,80E-04	2,43E-04

Tabla 42: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 180 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 14 días, Probeta 5.

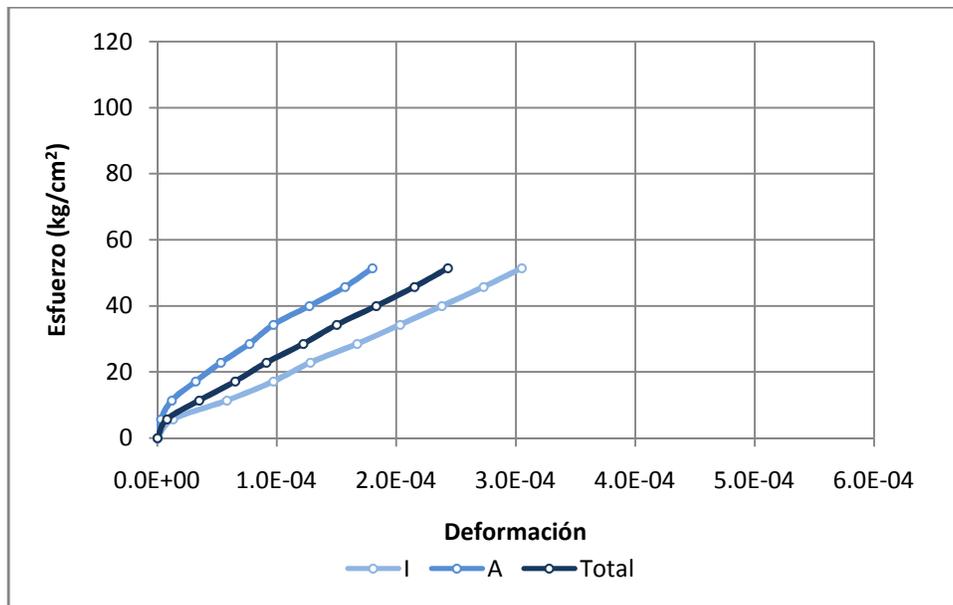


Gráfico 41: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 14 días, probeta 5.

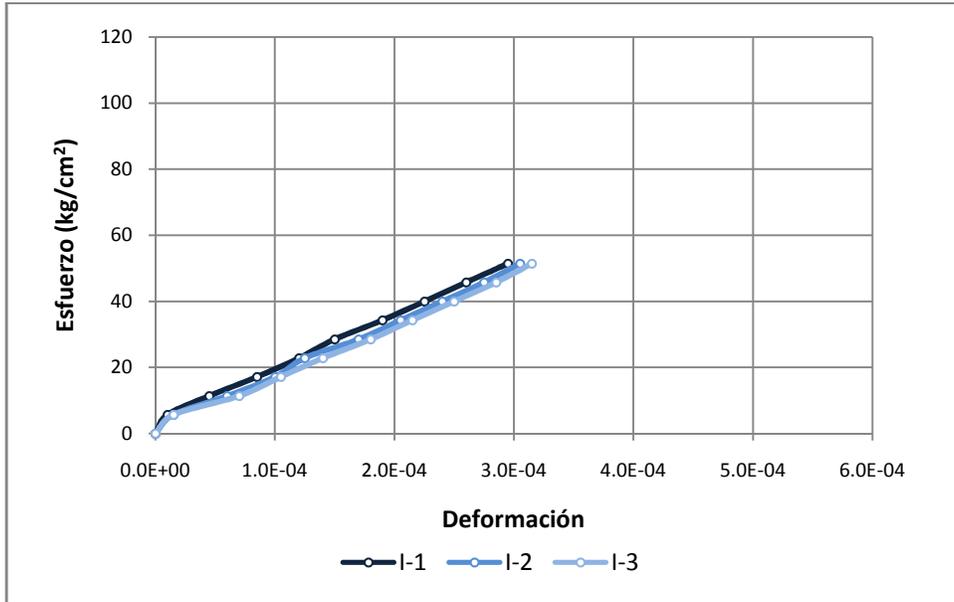


Gráfico 42: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 5.

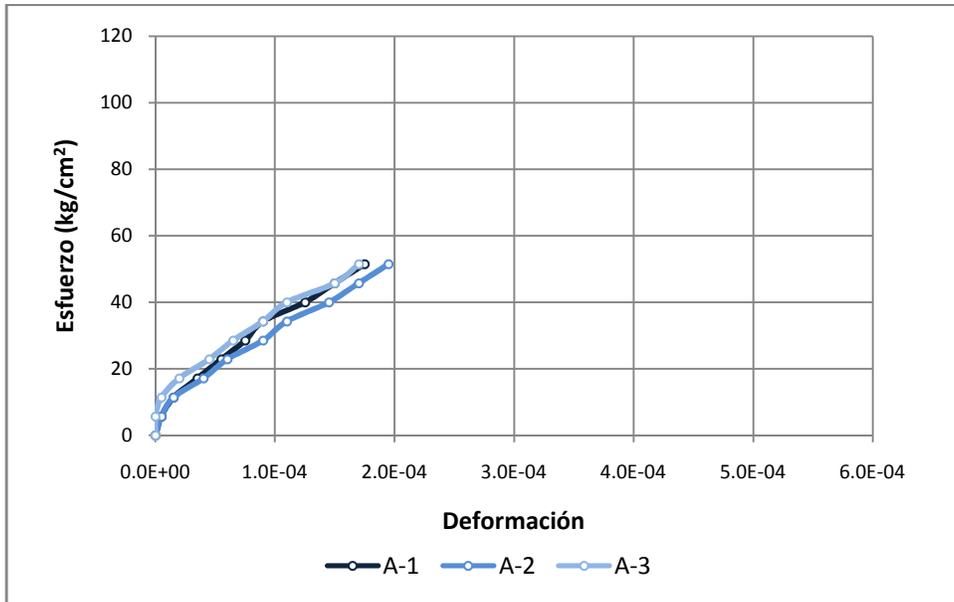


Gráfico 43: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 5.

Probeta 6:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,74	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
11,47	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,00E-05	1,50E-05	1,50E-05	1,70E-05	9,00E-06
17,21	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,00E-05	3,50E-05	3,00E-05	3,50E-05	1,80E-05
22,94	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,00E-05	6,00E-05	5,50E-05	5,80E-05	2,90E-05
28,68	1,50E-05	0,00E+00	0,00E+00	5,00E-06	8,50E-05	8,00E-05	7,00E-05	7,80E-05	4,20E-05
34,41	4,50E-05	1,00E-05	5,00E-06	2,00E-05	1,05E-04	1,05E-04	1,00E-04	1,03E-04	6,20E-05
40,15	7,50E-05	2,50E-05	2,00E-05	4,00E-05	1,30E-04	1,40E-04	1,35E-04	1,35E-04	8,80E-05
45,88	1,00E-04	6,00E-05	5,00E-05	7,00E-05	1,65E-04	1,65E-04	1,60E-04	1,63E-04	1,17E-04
51,62	1,50E-04	1,00E-04	9,50E-05	1,15E-04	1,85E-04	1,85E-04	1,80E-04	1,83E-04	1,49E-04

Tabla 43: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 180 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 14 días, Probeta 6.

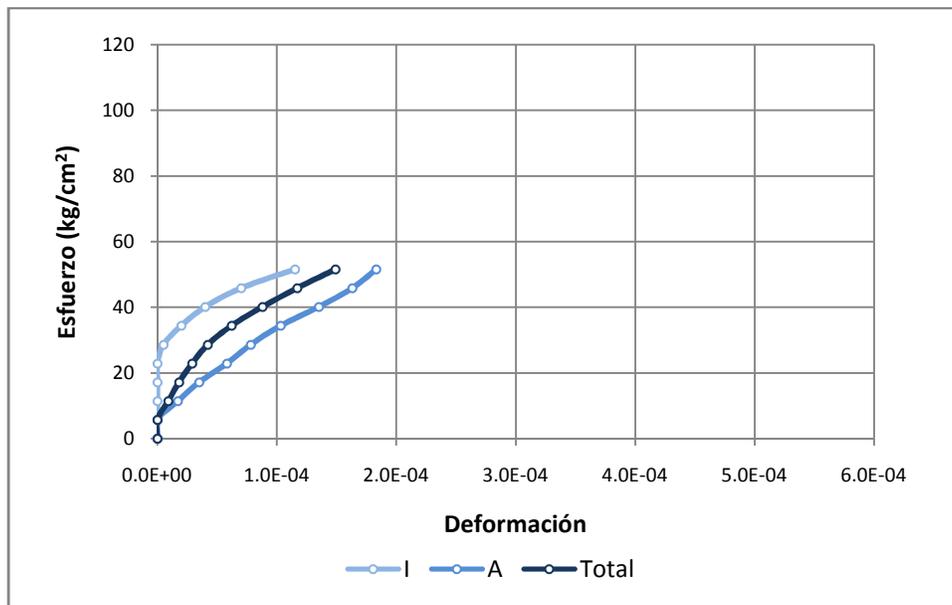


Gráfico 17: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 14 días, probeta 6.

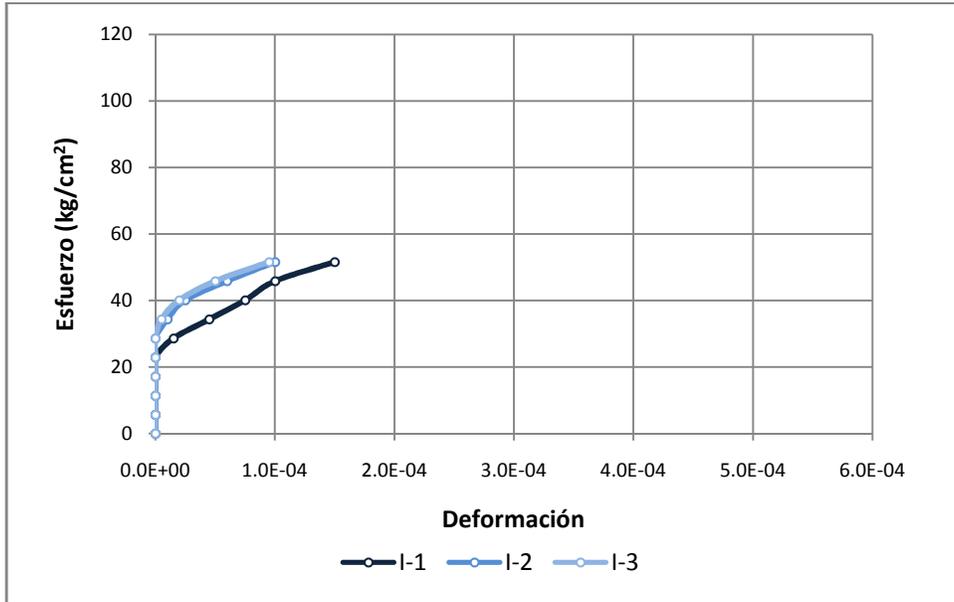


Gráfico 18: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 6.

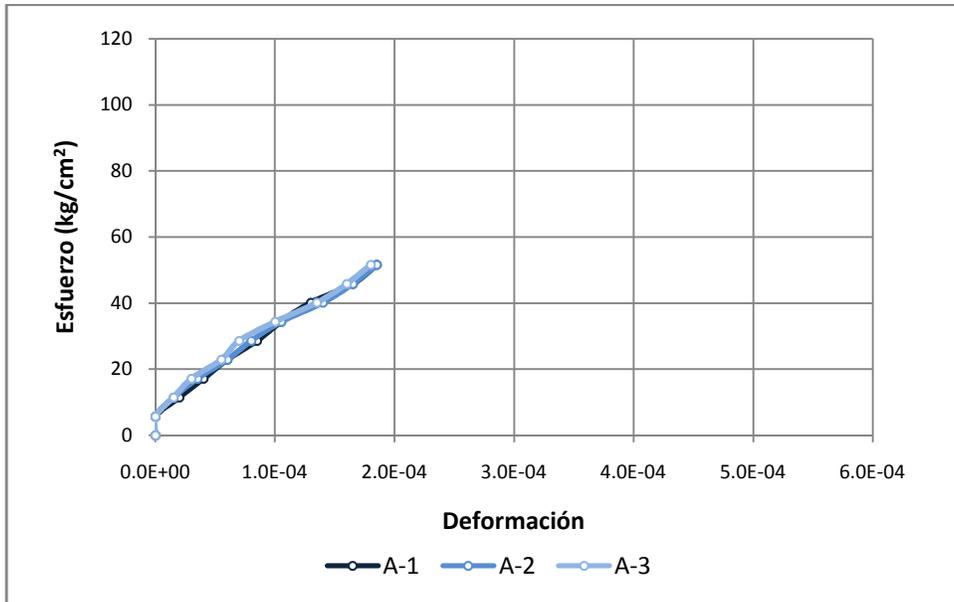


Gráfico 19: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 6.

Fecha de ensayo: 30/04/2008.

Edad: 21 días.

Dimensiones y peso de las probetas de concreto:

Probeta	Peso (kg)	Altura (cm)				Diámetro (cm)			
		1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
1	12,106	29,89	29,85	29,87	29,87	14,92	14,89	14,87	14,89
2	12,185	30,08	30,14	30,12	30,11	14,96	14,94	14,94	14,95
3	12,230	29,89	29,91	29,87	29,89	14,93	14,93	14,95	14,94
4	12,291	29,97	29,96	29,94	29,96	14,99	14,95	14,98	14,97
5	12,277	30,02	30,00	30,01	30,01	14,97	14,92	14,99	14,96
6	12,218	30,09	30,17	30,10	30,12	14,93	14,91	14,92	14,92

Tabla 44: Dimensiones y peso de las probetas de concreto, Resistencia: 180 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 21 días.

Área, Volumen y Densidad del concreto:

Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kgf/m <sup>3</sup> )
1	174	5204	2326
2	175	5284	2306
3	175	5237	2335
4	176	5275	2330
5	176	5275	2327
6	175	5266	2320

Tabla 45: Área, Volumen y Densidad del concreto, Resistencia: 180 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 21 días.

Resistencia a compresión en probetas de concreto:

Probeta	Carga (kg)			$\sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Carga	Promedio	40% Carga	
1	21800	22333	9000	125
2	24600			140
6	20600			118
Promedio			128	

Tabla 46: Resistencia promedio. R: 180 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 21 días.

Curvas del Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto:

Probeta 3:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,71	3,00E-05	2,00E-05	3,00E-05	2,70E-05	1,50E-05	1,50E-05	1,50E-05	1,50E-05	2,10E-05
11,41	7,00E-05	5,00E-05	5,50E-05	5,80E-05	5,00E-05	5,00E-05	4,50E-05	4,80E-05	5,30E-05
17,12	8,00E-05	7,50E-05	7,50E-05	7,70E-05	7,50E-05	7,50E-05	7,00E-05	7,30E-05	7,50E-05
22,83	1,10E-04	1,10E-04	1,10E-04	1,10E-04	1,00E-04	1,00E-04	1,05E-04	1,02E-04	1,06E-04
28,53	1,45E-04	1,50E-04	1,45E-04	1,47E-04	1,35E-04	1,45E-04	1,40E-04	1,40E-04	1,44E-04
34,24	1,75E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,70E-04	1,80E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,75E-04
39,95	2,15E-04	2,10E-04	2,05E-04	2,10E-04	2,05E-04	2,10E-04	2,15E-04	2,10E-04	2,10E-04
45,66	2,55E-04	2,50E-04	2,50E-04	2,52E-04	2,35E-04	2,50E-04	2,40E-04	2,42E-04	2,47E-04
51,36	2,85E-04	2,85E-04	2,75E-04	2,82E-04	2,70E-04	2,80E-04	2,70E-04	2,73E-04	2,78E-04
57,07	3,20E-04	3,20E-04	3,15E-04	3,18E-04	3,00E-04	3,05E-04	3,00E-04	3,02E-04	3,10E-04

Tabla 47: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 180 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 21 días, Probeta 3.

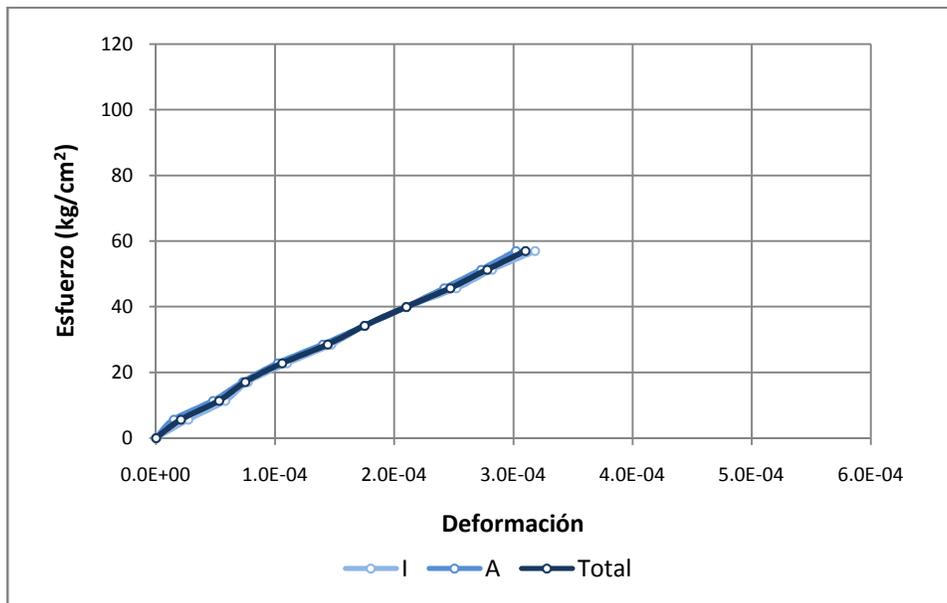


Gráfico 20: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 21 días, probeta 3.

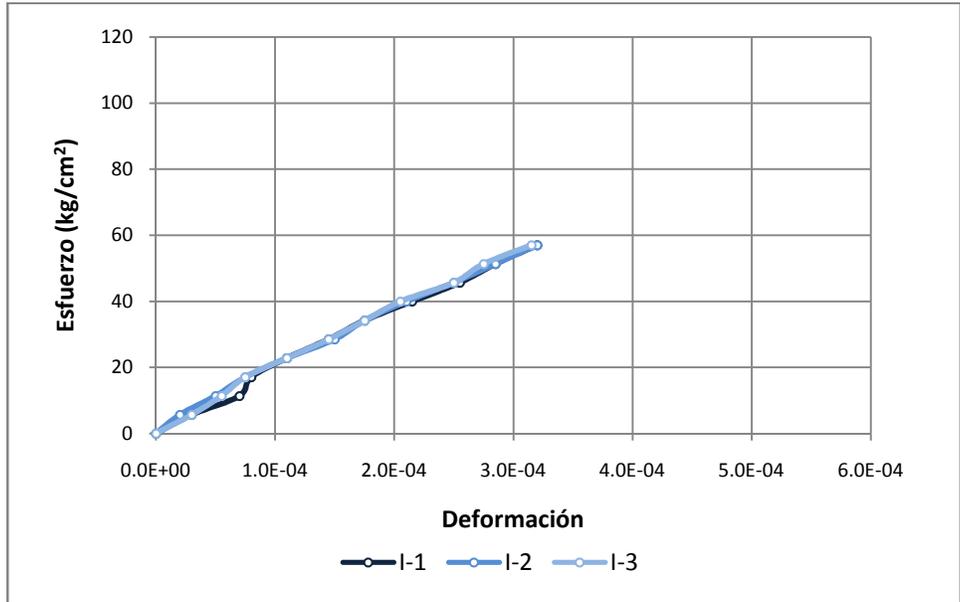


Gráfico 21: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 3.

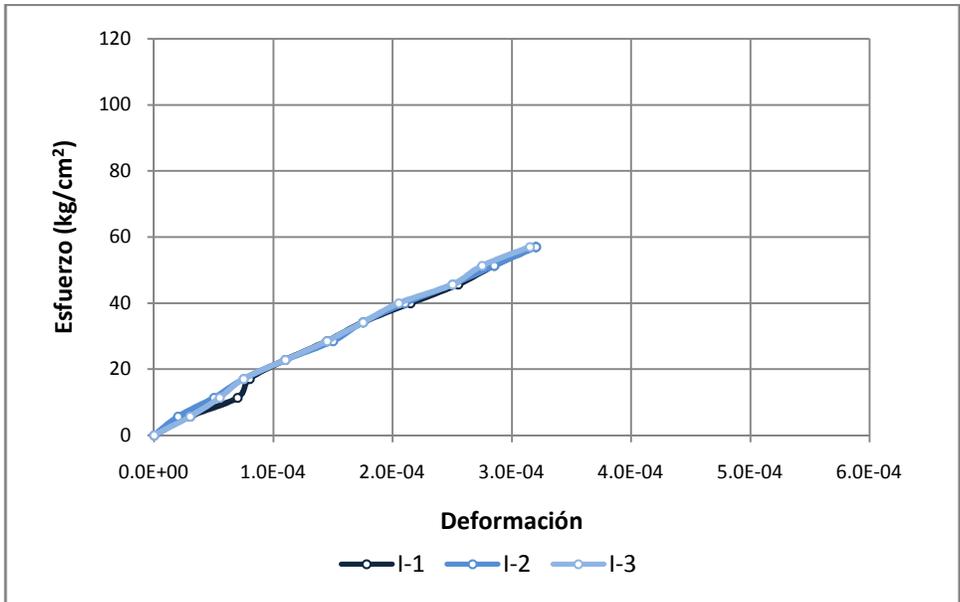


Gráfico 22: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 3.

Probeta 4:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,68	2,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	4,00E-05	4,00E-05	4,00E-05	4,00E-05	3,00E-05
11,36	5,00E-05	4,50E-05	5,50E-05	5,00E-05	7,00E-05	6,00E-05	6,00E-05	6,30E-05	5,70E-05
17,04	9,00E-05	7,50E-05	8,00E-05	8,20E-05	9,00E-05	9,50E-05	8,50E-05	9,00E-05	8,60E-05
22,72	1,15E-04	1,10E-04	1,10E-04	1,12E-04	1,15E-04	1,20E-04	1,10E-04	1,15E-04	1,14E-04
28,40	1,50E-04	1,40E-04	1,45E-04	1,45E-04	1,45E-04	1,45E-04	1,35E-04	1,42E-04	1,44E-04
34,07	1,85E-04	1,80E-04	1,80E-04	1,82E-04	1,70E-04	1,70E-04	1,60E-04	1,67E-04	1,75E-04
39,75	2,20E-04	2,20E-04	2,20E-04	2,20E-04	1,95E-04	2,05E-04	2,00E-04	2,00E-04	2,10E-04
45,43	2,50E-04	2,50E-04	2,50E-04	2,50E-04	2,30E-04	2,40E-04	2,30E-04	2,33E-04	2,42E-04
51,11	2,90E-04	2,90E-04	2,90E-04	2,90E-04	2,65E-04	2,60E-04	2,75E-04	2,67E-04	2,79E-04
56,79	3,25E-04	3,20E-04	3,25E-04	3,23E-04	2,85E-04	2,95E-04	2,95E-04	2,92E-04	3,08E-04

Tabla 48: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 180 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 21 días, Probeta 4.

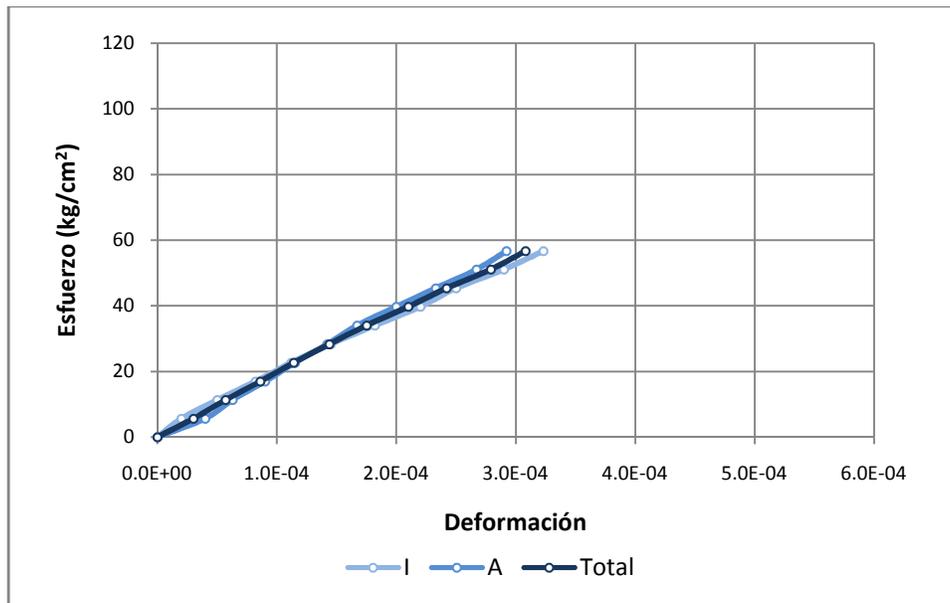


Gráfico 50: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 21 días, probeta 4.

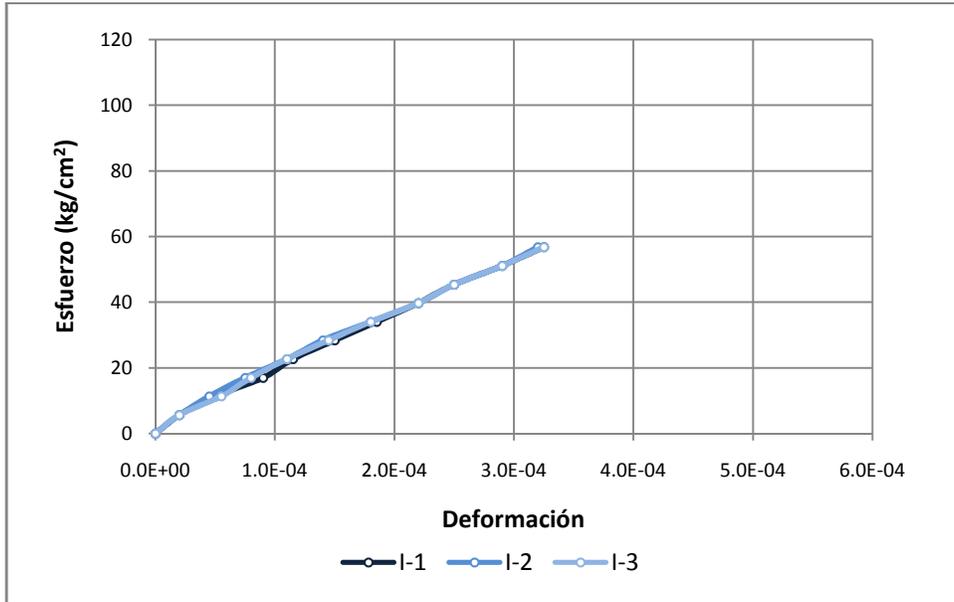


Gráfico 51: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 4.

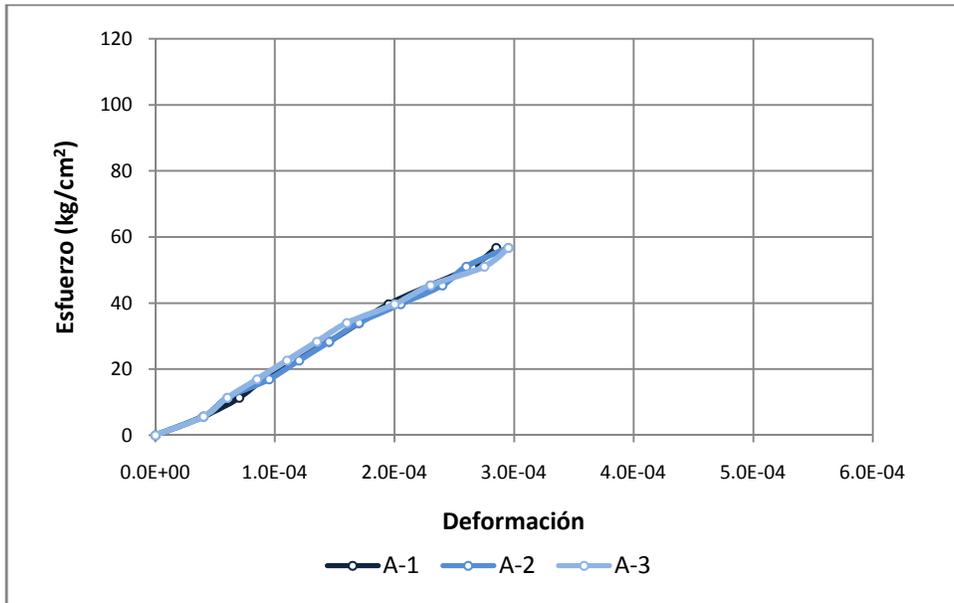


Gráfico 52: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 4.

Probeta 5:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,69	3,50E-05	2,00E-05	3,00E-05	2,80E-05	5,00E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,00E-06	1,50E-05
11,38	7,00E-05	5,00E-05	6,50E-05	6,20E-05	2,50E-05	2,00E-05	2,50E-05	2,30E-05	4,30E-05
17,07	8,00E-05	8,00E-05	9,00E-05	8,30E-05	4,50E-05	4,50E-05	4,50E-05	4,50E-05	6,40E-05
22,76	1,05E-04	1,05E-04	1,10E-04	1,07E-04	7,50E-05	7,50E-05	8,00E-05	7,70E-05	9,20E-05
28,45	1,30E-04	1,30E-04	1,40E-04	1,33E-04	1,05E-04	1,05E-04	1,10E-04	1,07E-04	1,20E-04
34,13	1,60E-04	1,65E-04	1,60E-04	1,62E-04	1,35E-04	1,35E-04	1,35E-04	1,35E-04	1,48E-04
39,82	1,85E-04	1,95E-04	1,95E-04	1,92E-04	1,70E-04	1,70E-04	1,70E-04	1,70E-04	1,81E-04
45,51	2,25E-04	2,15E-04	2,20E-04	2,20E-04	2,00E-04	1,95E-04	2,00E-04	1,98E-04	2,09E-04
51,20	2,50E-04	2,40E-04	2,60E-04	2,50E-04	2,30E-04	2,25E-04	2,25E-04	2,27E-04	2,39E-04
56,89	2,80E-04	2,75E-04	2,80E-04	2,78E-04	2,70E-04	2,65E-04	2,60E-04	2,65E-04	2,72E-04

Tabla 49: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 180 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 21 días, Probeta 5.

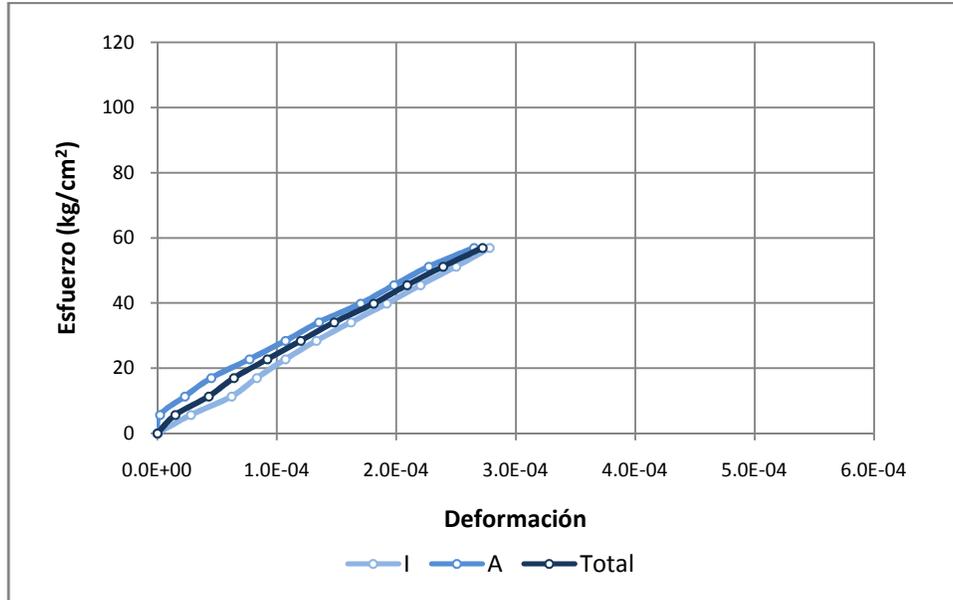


Gráfico 23: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 21 días, probeta 5.

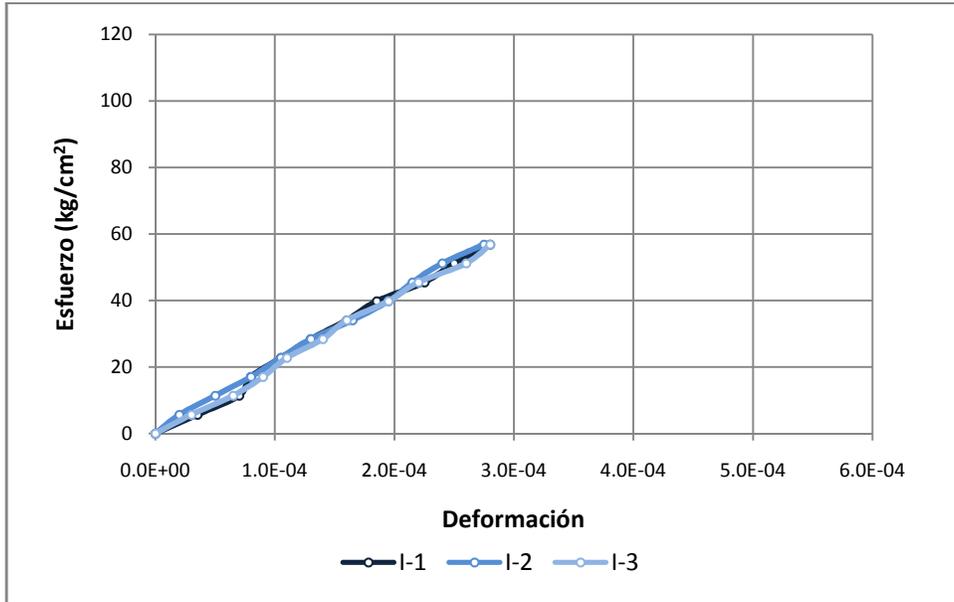


Gráfico 24: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 5.

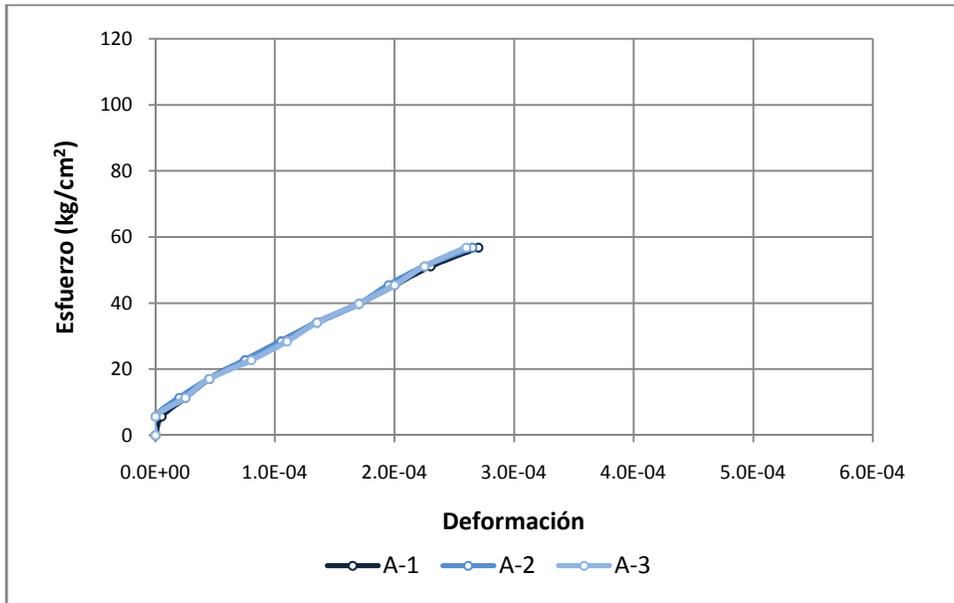


Gráfico 25: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 5.

Fecha de ensayo: 07/05/2008.

Edad: 28 días.

Dimensiones y peso de las probetas de concreto:

Probeta	Peso (kg)	Altura (cm)				Diámetro (cm)			
		1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
1	12,250	29,95	29,93	29,96	29,95	14,97	14,92	14,90	14,93
2	12,300	30,06	30,08	30,09	30,08	14,96	14,84	15,02	14,94
3	12,200	29,97	29,98	29,98	29,98	14,93	14,89	14,95	14,92
4	12,150	29,97	29,99	29,93	29,96	14,97	14,96	14,95	14,96
5	12,300	30,02	29,95	29,97	29,98	14,93	14,96	14,81	14,90
6	12,300	29,87	29,92	29,88	29,89	14,95	14,96	14,92	14,94

Tabla 50: Dimensiones y peso de las probetas de concreto, Resistencia: 180 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 28 días.

Área, Volumen y Densidad del concreto:

Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kgf/m <sup>3</sup> )
1	175	5243	2337
2	175	5273	2333
3	175	5242	2328
4	176	5267	2307
5	174	5228	2353
6	175	5239	2347

Tabla 51: Área, Volumen y Densidad del concreto, Resistencia: 180 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 28 días.

Velocidad de Propagación de Onda:

Probeta	Ultrasonido			Velocidad
	1	2	Prom.	
1	76,5	76,7	76,6	3909
2	76,6	76,6	76,6	3926
3	76,0	76,2	76,1	3545
4	77,6	77,7	77,7	3859
5	75,3	75,6	75,5	3973
6	76,3	76,5	76,4	3520

Tabla 52: Tiempo y Velocidad de propagación de Onda. R: 180 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 28 días.

Resistencia a compresión en probetas de concreto:

Probeta	Carga (kg)			$\sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Carga	Promedio	40% Carga	
4	25800	25333	10000	147
5	25000			143
6	25200			144
Promedio			145	

**Tabla 53: Resistencia promedio. R: 180 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 28 días.**

Curvas del Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto:

Probeta 1:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,71	1,50E-05	1,50E-05	1,00E-05	1,30E-05	3,00E-05	3,00E-05	3,50E-05	3,20E-05	2,30E-05
11,42	4,00E-05	3,00E-05	3,50E-05	3,50E-05	6,50E-05	6,00E-05	6,50E-05	6,30E-05	4,90E-05
17,14	7,00E-05	6,00E-05	6,00E-05	6,30E-05	8,00E-05	9,00E-05	8,50E-05	8,50E-05	7,40E-05
22,85	1,00E-04	9,00E-05	9,00E-05	9,30E-05	1,10E-04	1,20E-04	1,20E-04	1,17E-04	1,05E-04
28,56	1,30E-04	1,20E-04	1,20E-04	1,23E-04	1,45E-04	1,45E-04	1,50E-04	1,47E-04	1,35E-04
34,27	1,60E-04	1,45E-04	1,45E-04	1,50E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,80E-04	1,77E-04	1,64E-04
39,98	1,90E-04	1,80E-04	1,80E-04	1,83E-04	1,95E-04	2,00E-04	2,00E-04	1,98E-04	1,91E-04
45,70	2,20E-04	2,15E-04	2,05E-04	2,13E-04	2,20E-04	2,30E-04	2,25E-04	2,25E-04	2,19E-04
51,41	2,50E-04	2,45E-04	2,40E-04	2,45E-04	2,45E-04	2,50E-04	2,50E-04	2,48E-04	2,46E-04
57,12	2,80E-04	2,75E-04	2,75E-04	2,77E-04	2,75E-04	2,80E-04	2,75E-04	2,77E-04	2,77E-04

Tabla 54: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 180 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 28 días, Probeta 1.

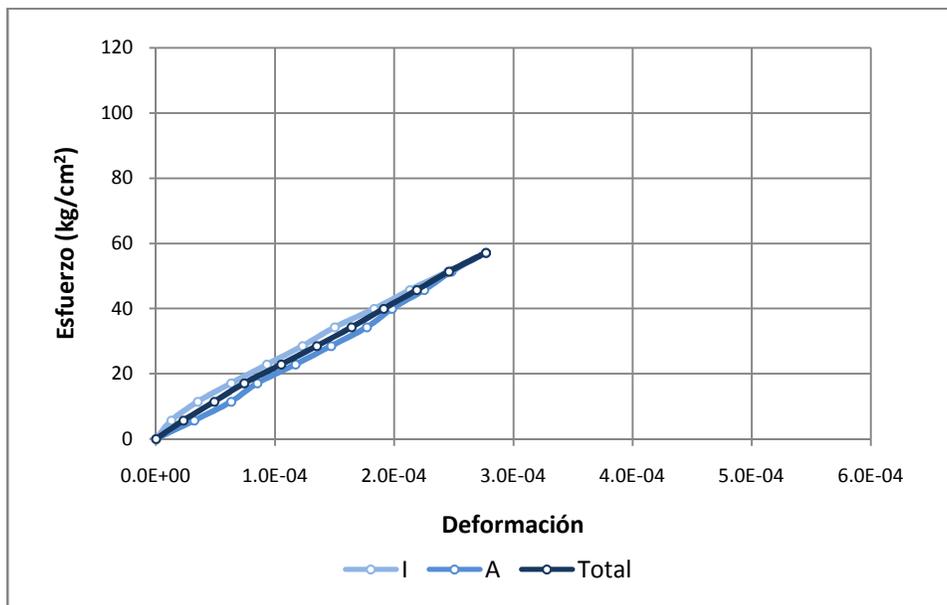


Gráfico 26: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 28 días, probeta 1.

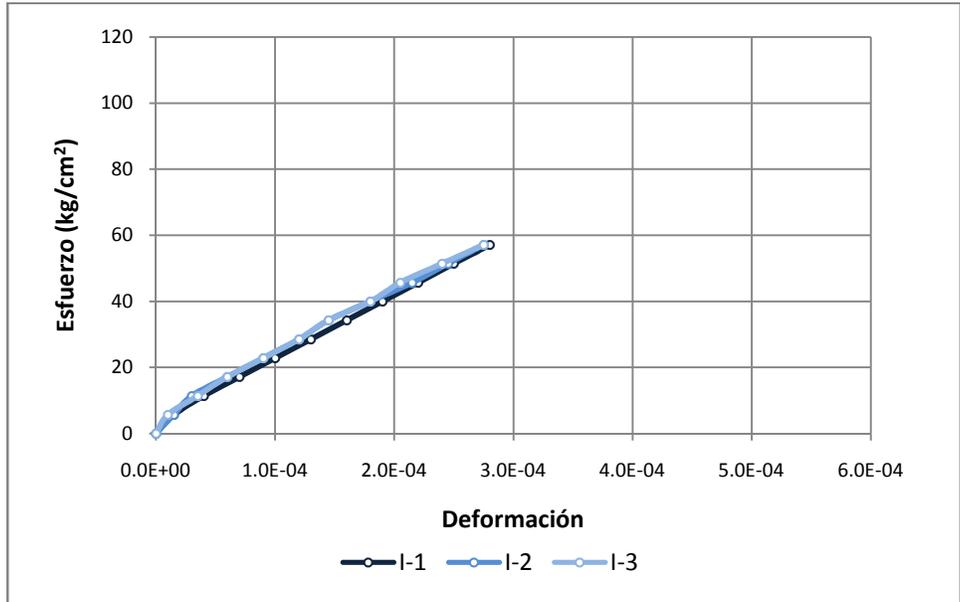


Gráfico 27: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 1.

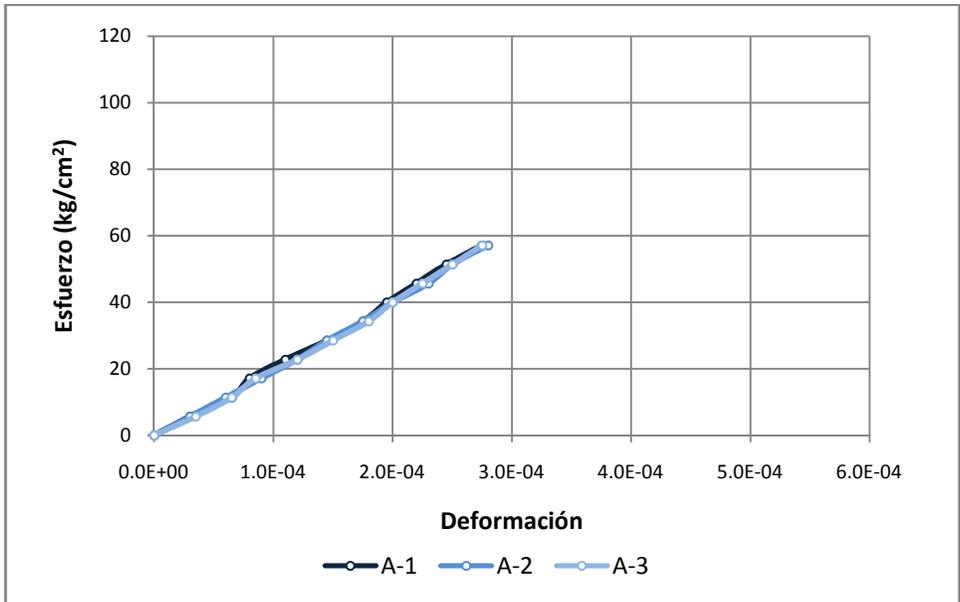


Gráfico 28: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 1.

Probeta 2:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,70	2,50E-05	2,50E-05	5,00E-05	3,30E-05	3,00E-05	2,50E-05	2,50E-05	2,70E-05	3,00E-05
11,41	5,50E-05	5,50E-05	7,00E-05	6,00E-05	6,00E-05	6,00E-05	5,50E-05	5,80E-05	5,90E-05
17,11	9,00E-05	9,50E-05	1,05E-04	9,70E-05	9,00E-05	8,00E-05	8,00E-05	8,30E-05	9,00E-05
22,82	1,40E-04	1,35E-04	1,40E-04	1,38E-04	1,35E-04	1,30E-04	1,35E-04	1,33E-04	1,36E-04
28,52	1,65E-04	1,65E-04	1,75E-04	1,68E-04	1,60E-04	1,65E-04	1,55E-04	1,60E-04	1,64E-04
34,23	2,05E-04	2,00E-04	2,05E-04	2,03E-04	1,85E-04	1,80E-04	1,75E-04	1,80E-04	1,92E-04
39,93	2,40E-04	2,30E-04	2,40E-04	2,37E-04	2,30E-04	2,30E-04	2,30E-04	2,30E-04	2,34E-04
45,64	2,65E-04	2,55E-04	2,70E-04	2,63E-04	2,55E-04	2,55E-04	2,50E-04	2,53E-04	2,58E-04
51,34	2,90E-04	2,85E-04	3,00E-04	2,92E-04	2,85E-04	2,80E-04	2,75E-04	2,80E-04	2,86E-04
57,04	3,20E-04	3,20E-04	3,25E-04	3,22E-04	3,20E-04	3,15E-04	3,10E-04	3,15E-04	3,19E-04

Tabla 55: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 180 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 28 días, Probeta 2.

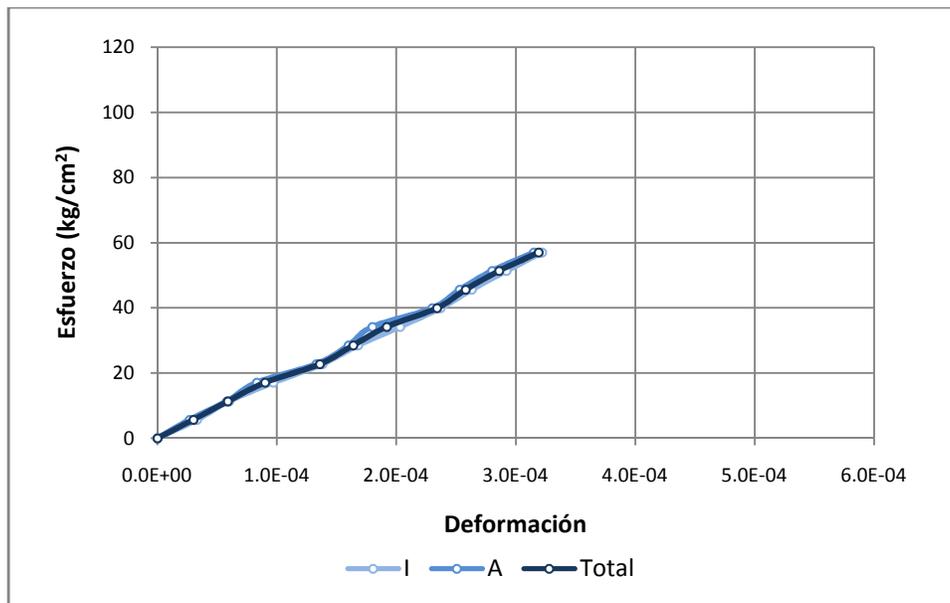


Gráfico 29: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 28 días, probeta 2.

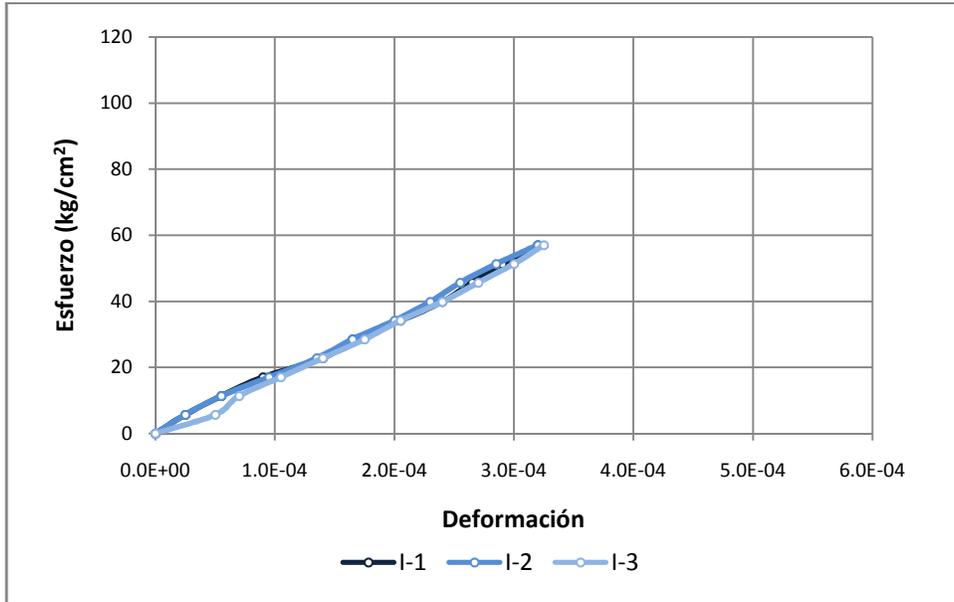


Gráfico 60: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 2.

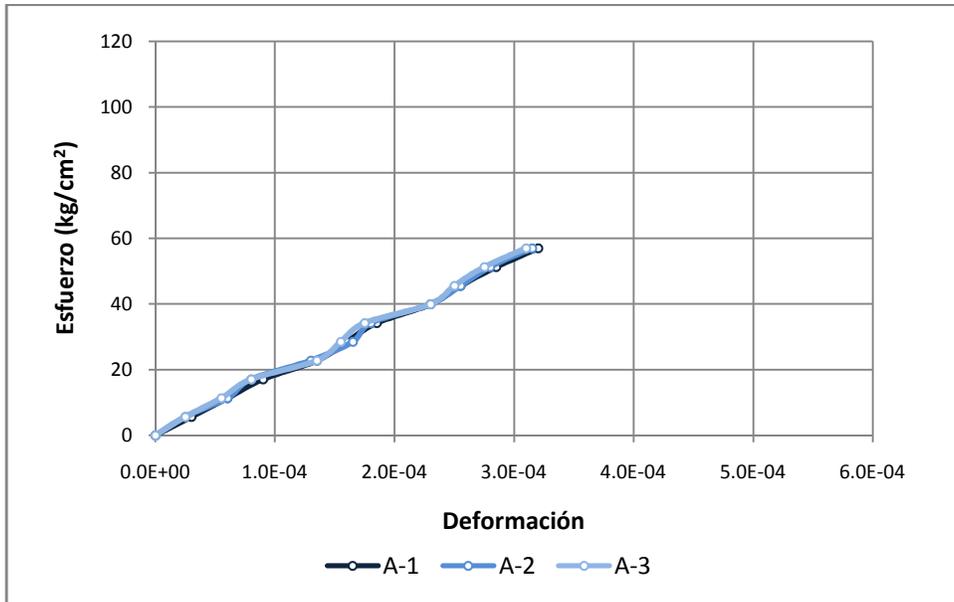


Gráfico 61: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 2.

Probeta 3:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,72	3,00E-05	5,00E-05	3,50E-05	3,80E-05	1,50E-05	1,50E-05	5,00E-06	1,20E-05	2,50E-05
11,43	6,50E-05	7,00E-05	6,50E-05	6,70E-05	4,00E-05	5,00E-05	3,00E-05	4,00E-05	5,40E-05
17,15	9,50E-05	9,50E-05	9,50E-05	9,50E-05	5,50E-05	7,00E-05	5,00E-05	5,80E-05	7,60E-05
22,87	1,15E-04	1,20E-04	1,25E-04	1,20E-04	7,00E-05	9,00E-05	7,00E-05	7,70E-05	9,90E-05
28,59	1,50E-04	1,50E-04	1,60E-04	1,53E-04	9,50E-05	1,00E-04	1,00E-04	9,80E-05	1,26E-04
34,30	1,80E-04	1,80E-04	1,85E-04	1,82E-04	1,25E-04	1,20E-04	1,20E-04	1,22E-04	1,52E-04
40,02	2,00E-04	2,00E-04	2,05E-04	2,02E-04	1,55E-04	1,50E-04	1,40E-04	1,48E-04	1,75E-04
45,74	2,25E-04	2,30E-04	2,35E-04	2,30E-04	1,90E-04	1,85E-04	1,80E-04	1,85E-04	2,08E-04
51,45	2,55E-04	2,60E-04	2,60E-04	2,58E-04	2,25E-04	2,20E-04	2,25E-04	2,23E-04	2,41E-04
57,17	2,80E-04	2,80E-04	2,85E-04	2,82E-04	2,50E-04	2,45E-04	2,50E-04	2,48E-04	2,65E-04

Tabla 56: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 180 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 28 días, Probeta 3.

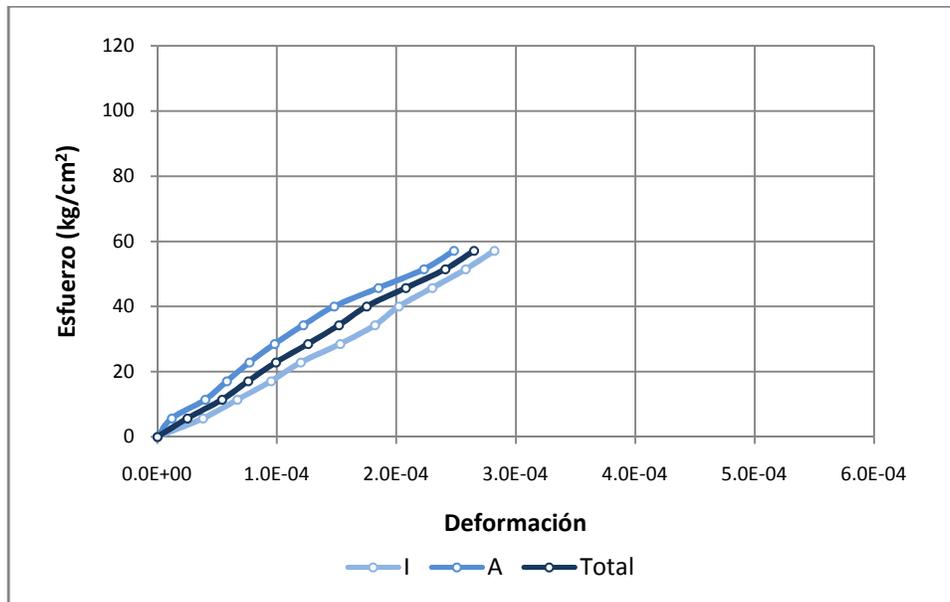


Gráfico 62: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 28 días, probeta 3.

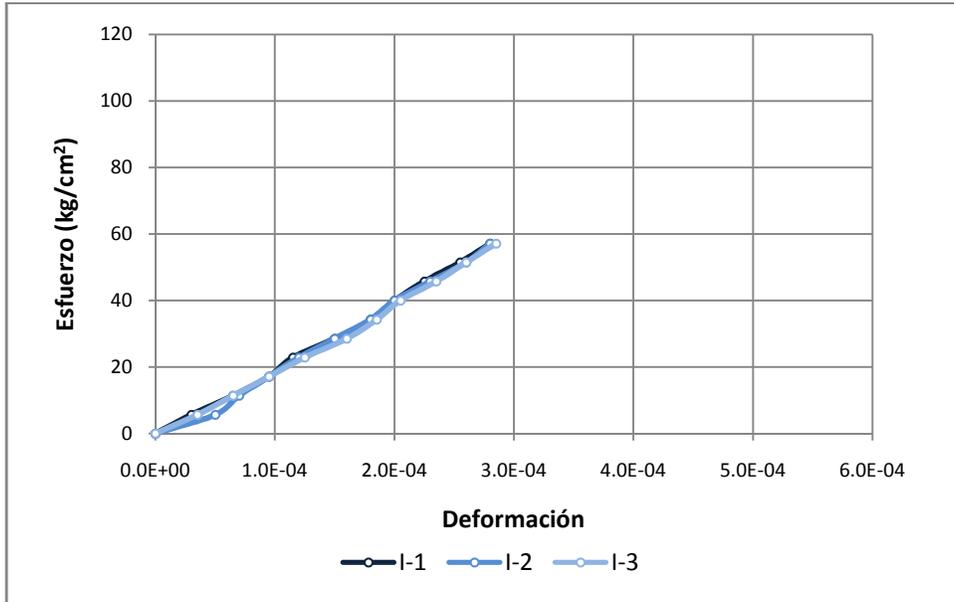


Gráfico 63: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 3.

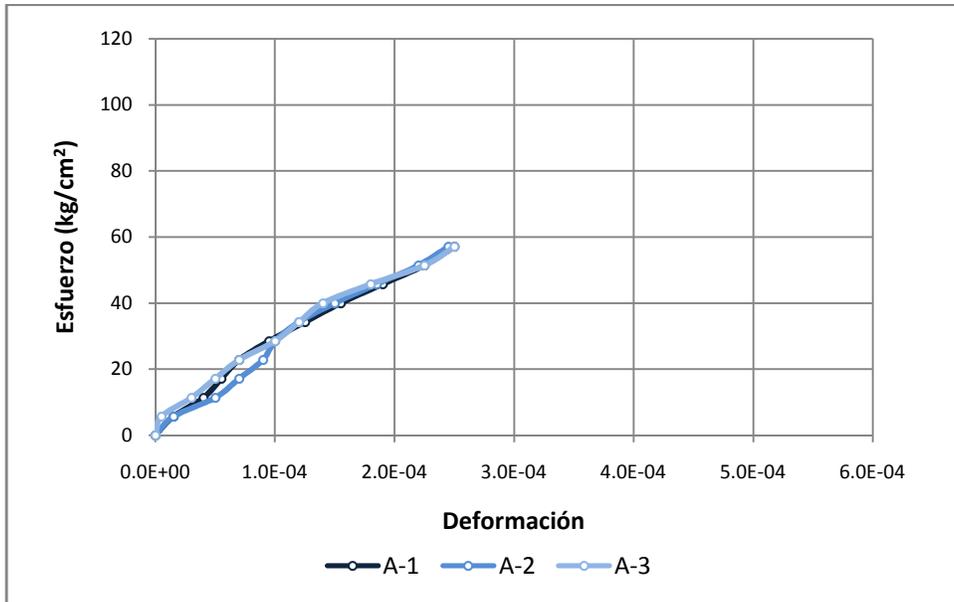


Gráfico 30: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 3.

Resultados de ensayos para determinar el Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto de resistencia 210 kgf/cm<sup>2</sup>.

Fecha de ensayo: 11/04/2008.

Edad: 8 días.

Dimensiones y peso de las probetas de concreto:

Probeta	Peso (kg)	Altura (cm)				Diámetro (cm)			
		1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
1	12,573	31,00	30,99	31,04	31,01	15,10	15,13	14,99	15,07
2	12,218	30,14	30,19	30,20	30,18	14,90	14,88	14,87	14,88
3	12,260	30,20	30,18	30,20	30,19	15,00	15,00	14,98	14,99
4	12,245	30,14	30,16	30,04	30,11	14,91	14,91	14,87	14,90
5	12,340	30,14	30,17	30,18	30,16	14,90	14,90	14,91	14,90
6	12,215	30,23	30,25	30,28	30,25	14,92	14,90	14,89	14,90

Tabla 57: Dimensiones y peso de las probetas de concreto, Resistencia: 210 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 8 días.

Área, Volumen y Densidad del concreto:

Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
1	178	5534	2272
2	174	5250	2327
3	177	5331	2300
4	174	5248	2333
5	174	5262	2345
6	174	5278	2315

Tabla 58: Área, Volumen y Densidad del concreto, Resistencia: 210 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 8 días.

Velocidad de Propagación de Onda:

Probeta	Ultrasonido			Velocidad
	1	2	Prom.	
2	78,1	78,1	78,1	3864
3	85,4	85,4	85,4	3536
5	78,6	78,6	78,6	3838

*Tabla 59: Tiempo y Velocidad de propagación de Onda. R: 210 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 8 días.*

Resistencia a compresión en probetas de concreto:

Probeta	Carga (kg)			$\sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Carga	Promedio	40% Carga	
1	30200	30200	12000	169

*Tabla 60: Resistencia promedio. R: 210 kg/cm<sup>2</sup>, Edad: 8 días.*

Curvas del Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto:

Probeta 2:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,75	0,00E+00	1,00E-05	5,00E-06	5,00E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,00E-06
11,50	2,50E-05	3,00E-05	2,50E-05	2,70E-05	5,00E-06	1,00E-05	5,00E-06	7,00E-06	1,70E-05
17,24	4,00E-05	4,50E-05	4,50E-05	4,30E-05	1,50E-05	2,50E-05	2,00E-05	2,00E-05	3,10E-05
22,99	5,00E-05	6,00E-05	6,00E-05	5,70E-05	3,50E-05	5,00E-05	4,00E-05	4,20E-05	5,00E-05
28,74	7,00E-05	8,50E-05	8,50E-05	8,00E-05	5,50E-05	6,50E-05	6,00E-05	6,00E-05	7,00E-05
34,49	9,50E-05	1,10E-04	1,05E-04	1,03E-04	7,50E-05	8,50E-05	8,50E-05	8,20E-05	9,30E-05
40,24	1,15E-04	1,30E-04	1,30E-04	1,25E-04	9,50E-05	1,00E-04	1,00E-04	9,80E-05	1,12E-04
45,98	1,35E-04	1,40E-04	1,40E-04	1,38E-04	1,10E-04	1,25E-04	1,20E-04	1,18E-04	1,28E-04
51,73	1,45E-04	1,65E-04	1,60E-04	1,57E-04	1,35E-04	1,45E-04	1,45E-04	1,42E-04	1,50E-04
57,48	1,50E-04	1,85E-04	1,90E-04	1,75E-04	1,65E-04	1,70E-04	1,65E-04	1,67E-04	1,71E-04
63,23	1,70E-04	2,10E-04	2,15E-04	1,98E-04	1,85E-04	1,90E-04	1,90E-04	1,88E-04	1,93E-04
68,97	1,95E-04	2,25E-04	2,25E-04	2,15E-04	2,10E-04	2,15E-04	2,10E-04	2,12E-04	2,14E-04

Tabla 61: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 210 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 8 días, Probeta 2.

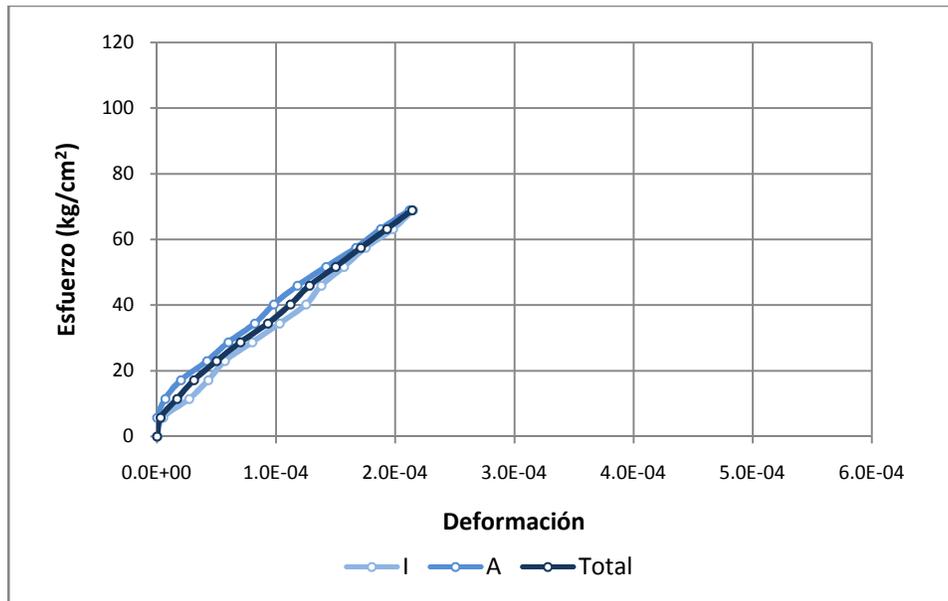


Gráfico 31: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 8 días, probeta 2.

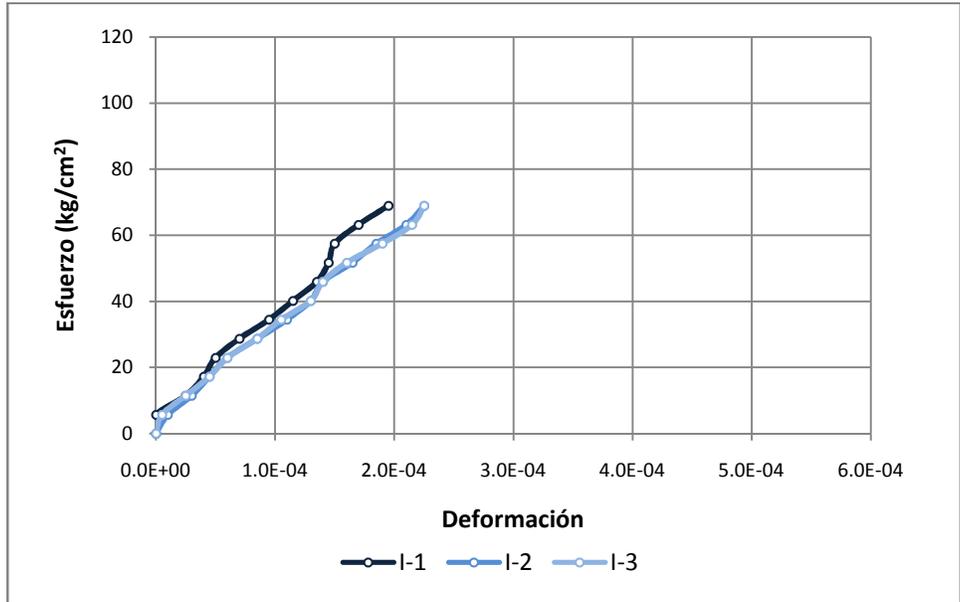


Gráfico 32: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 2.

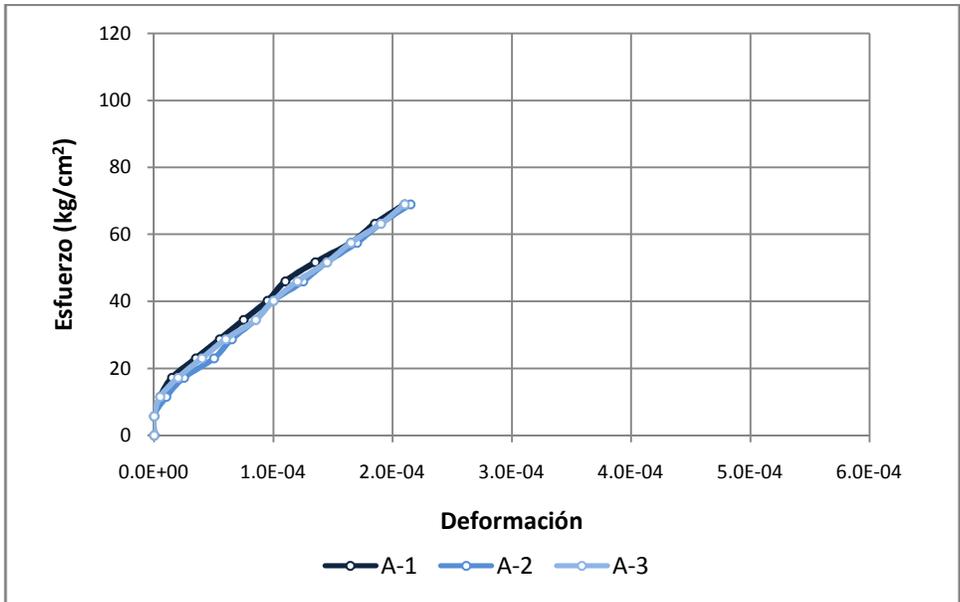


Gráfico 33: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 2.

Probeta 3:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,66	3,00E-05	2,50E-05	1,50E-05	2,30E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,20E-05
11,33	6,00E-05	5,50E-05	4,50E-05	5,30E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,70E-05
16,99	8,00E-05	8,00E-05	7,00E-05	7,70E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,90E-05
22,66	1,05E-04	9,50E-05	9,00E-05	9,70E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,90E-05
28,32	1,30E-04	1,25E-04	1,20E-04	1,25E-04	2,00E-05	1,00E-05	0,00E+00	1,00E-05	6,80E-05
33,98	1,55E-04	1,45E-04	1,40E-04	1,47E-04	7,50E-05	5,50E-05	2,50E-05	5,20E-05	1,00E-04
39,65	1,75E-04	1,70E-04	1,70E-04	1,72E-04	1,20E-04	9,50E-05	7,00E-05	9,50E-05	1,34E-04
45,31	2,00E-04	1,90E-04	1,90E-04	1,93E-04	1,65E-04	1,40E-04	1,15E-04	1,40E-04	1,67E-04
50,97	2,20E-04	2,10E-04	2,05E-04	2,12E-04	2,05E-04	1,75E-04	1,50E-04	1,77E-04	1,95E-04
56,64	2,45E-04	2,35E-04	2,30E-04	2,37E-04	2,45E-04	2,15E-04	1,90E-04	2,17E-04	2,27E-04
62,30	2,65E-04	2,60E-04	2,50E-04	2,58E-04	2,80E-04	2,50E-04	2,20E-04	2,50E-04	2,54E-04
67,97	2,95E-04	2,90E-04	2,65E-04	2,83E-04	3,15E-04	2,80E-04	2,55E-04	2,83E-04	2,83E-04

Tabla 62: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 210 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 8 días, Probeta 3.

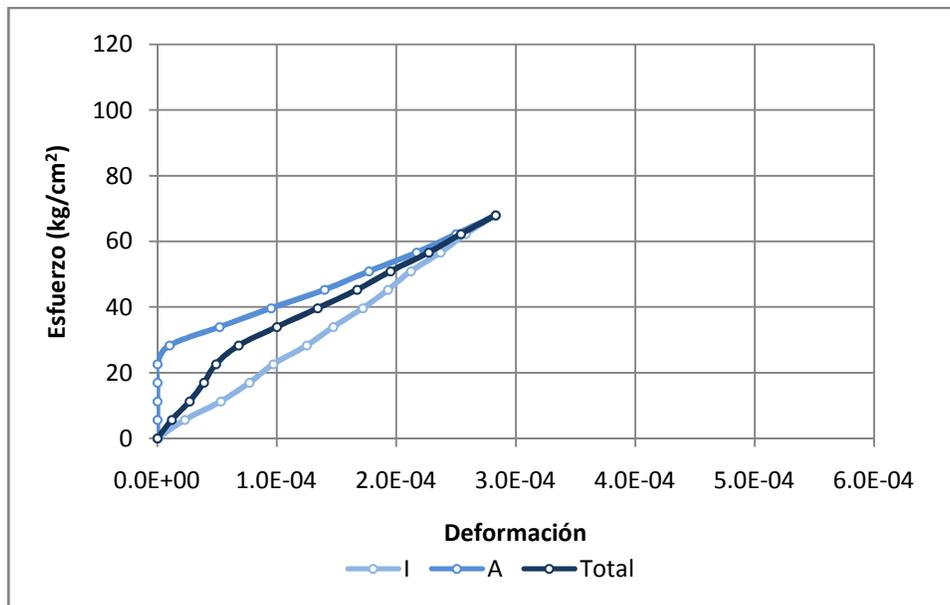


Tabla 63: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 8 días, probeta 3.

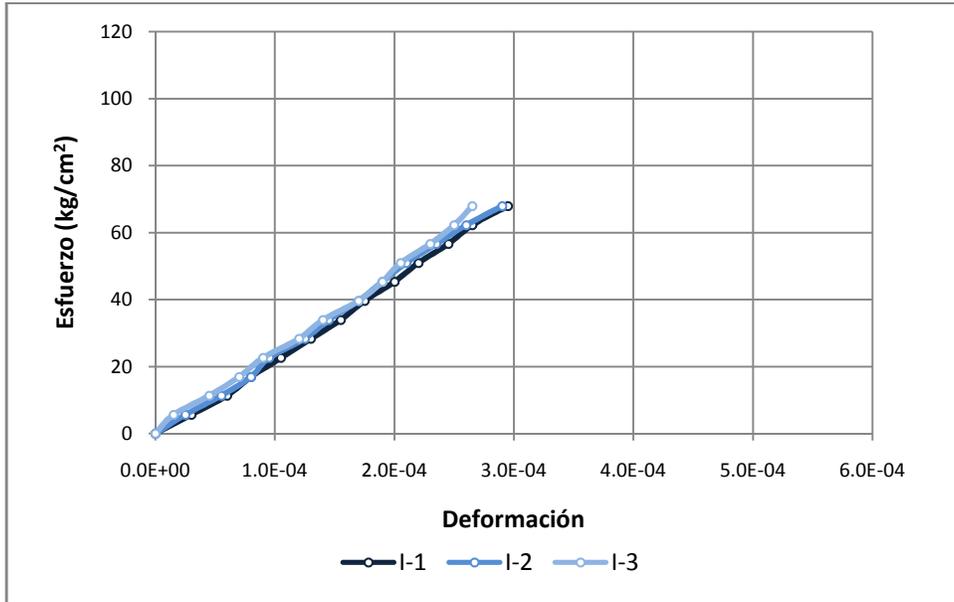


Gráfico 34: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 3.

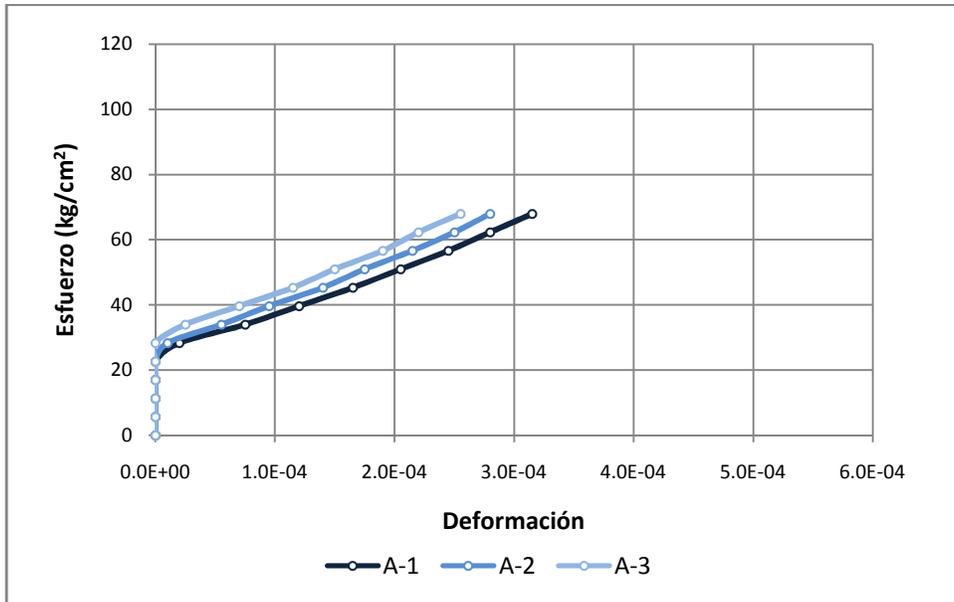


Gráfico 35: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 3.

Probeta 4:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,74	5,50E-05	3,50E-05	3,00E-05	4,00E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,00E-05
11,48	1,00E-04	7,50E-05	6,50E-05	8,00E-05	0,00E+00	5,00E-06	1,50E-05	7,00E-06	4,30E-05
17,21	1,30E-04	1,00E-04	9,50E-05	1,08E-04	1,00E-05	3,00E-05	5,00E-05	3,00E-05	6,90E-05
22,95	1,55E-04	1,25E-04	1,20E-04	1,33E-04	6,00E-05	6,50E-05	8,00E-05	6,80E-05	1,01E-04
28,69	1,85E-04	1,50E-04	1,40E-04	1,58E-04	7,00E-05	1,00E-04	1,05E-04	9,20E-05	1,25E-04
34,43	2,00E-04	1,70E-04	1,65E-04	1,78E-04	1,00E-04	1,35E-04	1,55E-04	1,30E-04	1,54E-04
40,16	2,30E-04	1,95E-04	1,90E-04	2,05E-04	1,35E-04	1,85E-04	1,95E-04	1,72E-04	1,88E-04
45,90	2,50E-04	2,20E-04	2,15E-04	2,28E-04	1,75E-04	2,10E-04	2,30E-04	2,05E-04	2,17E-04
51,64	2,75E-04	2,40E-04	2,40E-04	2,52E-04	2,10E-04	2,60E-04	2,75E-04	2,48E-04	2,50E-04
57,38	3,00E-04	2,65E-04	2,60E-04	2,75E-04	2,55E-04	2,95E-04	3,00E-04	2,83E-04	2,79E-04
63,11	3,20E-04	2,85E-04	2,80E-04	2,95E-04	2,95E-04	3,30E-04	3,40E-04	3,22E-04	3,09E-04
68,85	3,45E-04	3,10E-04	3,05E-04	3,20E-04	3,20E-04	3,60E-04	3,70E-04	3,50E-04	3,35E-04

Tabla 64: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 210 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 8 días, Probeta 4.

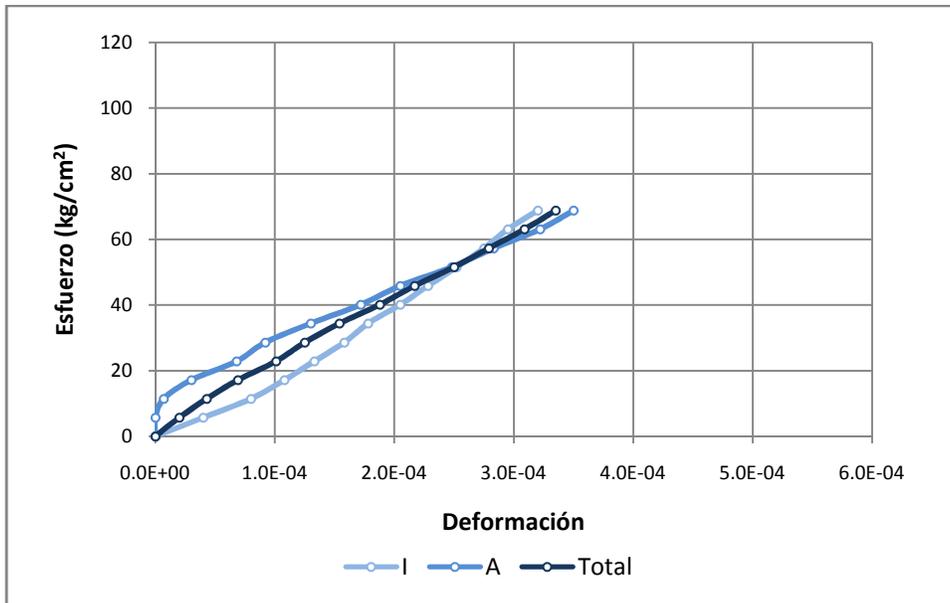


Gráfico 36: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 8 días, probeta 4.

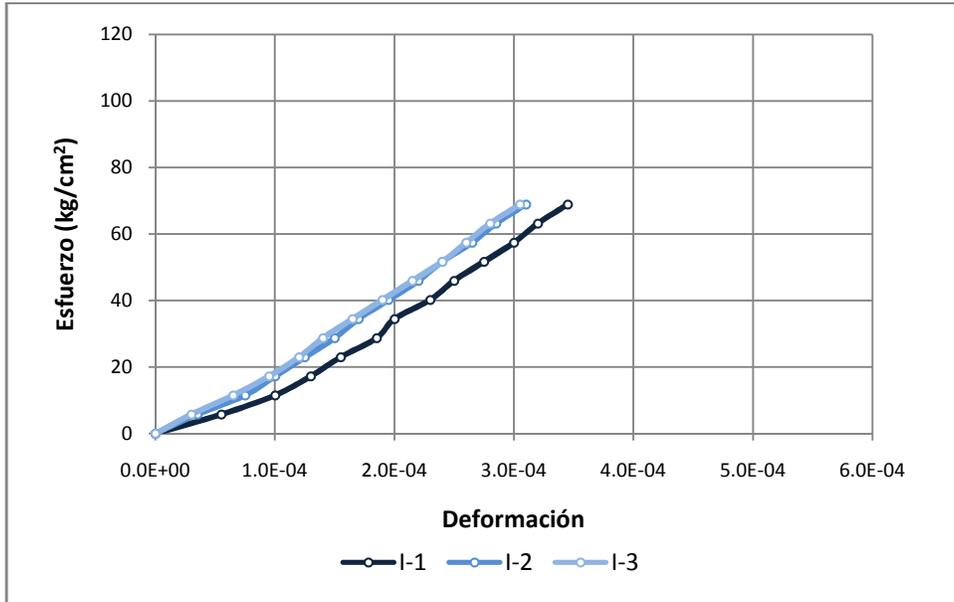


Gráfico 71: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 4.

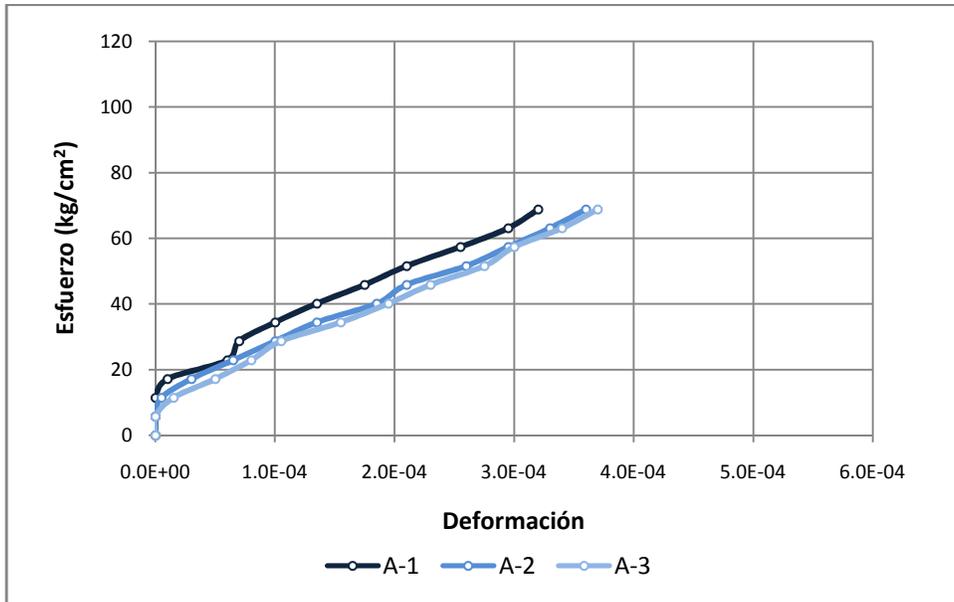


Gráfico 72: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 4.

Resultados de ensayos para determinar el Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto de resistencia 210 kgf/cm<sup>2</sup>.

Fecha de ensayo: 17/04/2008.

Edad: 14 días.

Dimensiones y peso de las probetas de concreto:

Probeta	Peso (kg)	Altura (cm)				Diámetro (cm)			
		1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
1	12,192	29,95	29,92	29,84	29,90	15,10	15,13	14,99	15,07
2	12,291	30,03	30,19	30,05	30,09	14,90	14,88	14,87	14,88
3	12,607	30,10	30,14	30,20	30,15	15,00	15,00	14,98	14,99
4	12,472	30,06	29,98	30,05	30,03	14,91	14,91	14,87	14,90
5	12,268	30,04	30,09	30,10	30,08	14,90	14,90	14,91	14,90
6	12,319	30,25	30,25	30,21	30,24	14,92	14,90	14,89	14,90

*Tabla 65: Dimensiones y peso de las probetas de concreto, Resistencia: 210 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 14 días.*

Área, Volumen y Densidad del concreto:

Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
1	178	5336	2285
2	174	5235	2348
3	177	5323	2369
4	174	5234	2383
5	174	5247	2338
6	174	5275	2336

*Tabla 66: Área, Volumen y Densidad del concreto, Resistencia: 210 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 14 días.*

Velocidad de Propagación de Onda:

Probeta	Ultrasonido			Velocidad
	1	2	Prom.	
1	71,4	72	71,7	4171
2	74,2	74,4	74,3	4050
3	74,2	73,8	74,0	4074
4	77,6	77,1	77,4	3882
5	73,8	73,1	73,5	4095
6	72,5	73,1	72,8	4153

*Tabla 67: Tiempo y Velocidad de propagación de Onda. R: 210 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 14 días.*

Resistencia a compresión en probetas de concreto:

Probeta	Carga (kg)			$\sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Carga	Promedio	40% Carga	
1	33400	34467	13787	187
2	36000			207
3	34000			193

*Tabla 68: Resistencia promedio. R: 210 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 14 días.*

Curvas del Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto:

Probeta 4:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,74	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,00E-06	5,00E-06	0,00E+00	3,00E-06	2,00E-06
11,48	5,00E-06	5,00E-06	1,00E-05	7,00E-06	2,50E-05	3,00E-05	5,00E-06	2,00E-05	1,40E-05
17,21	2,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	4,00E-05	6,00E-05	2,50E-05	4,20E-05	3,10E-05
22,95	3,50E-05	3,50E-05	3,50E-05	3,50E-05	7,00E-05	8,00E-05	4,50E-05	6,50E-05	5,00E-05
28,69	5,50E-05	5,00E-05	5,50E-05	5,30E-05	1,00E-04	1,00E-04	6,50E-05	8,80E-05	7,10E-05
34,43	7,50E-05	7,00E-05	6,50E-05	7,00E-05	1,20E-04	1,25E-04	9,50E-05	1,13E-04	9,20E-05
40,16	9,00E-05	8,50E-05	8,00E-05	8,50E-05	1,40E-04	1,55E-04	1,15E-04	1,37E-04	1,11E-04
45,90	1,05E-04	1,00E-04	1,00E-04	1,02E-04	1,70E-04	1,80E-04	1,35E-04	1,62E-04	1,32E-04
51,64	1,25E-04	1,20E-04	1,25E-04	1,23E-04	1,90E-04	1,95E-04	1,50E-04	1,78E-04	1,50E-04
57,38	1,45E-04	1,40E-04	1,45E-04	1,43E-04	2,15E-04	2,20E-04	1,75E-04	2,03E-04	1,73E-04
63,11	1,70E-04	1,65E-04	1,60E-04	1,65E-04	2,35E-04	2,45E-04	2,05E-04	2,28E-04	1,97E-04
68,85	1,90E-04	1,90E-04	1,85E-04	1,88E-04	2,60E-04	2,70E-04	2,25E-04	2,52E-04	2,20E-04
74,59	2,10E-04	2,00E-04	2,05E-04	2,05E-04	2,80E-04	2,90E-04	2,45E-04	2,72E-04	2,39E-04
80,33	2,30E-04	2,25E-04	2,30E-04	2,28E-04	3,05E-04	3,10E-04	2,75E-04	2,97E-04	2,63E-04

Tabla 69: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 210 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 14 días, Probeta 4.

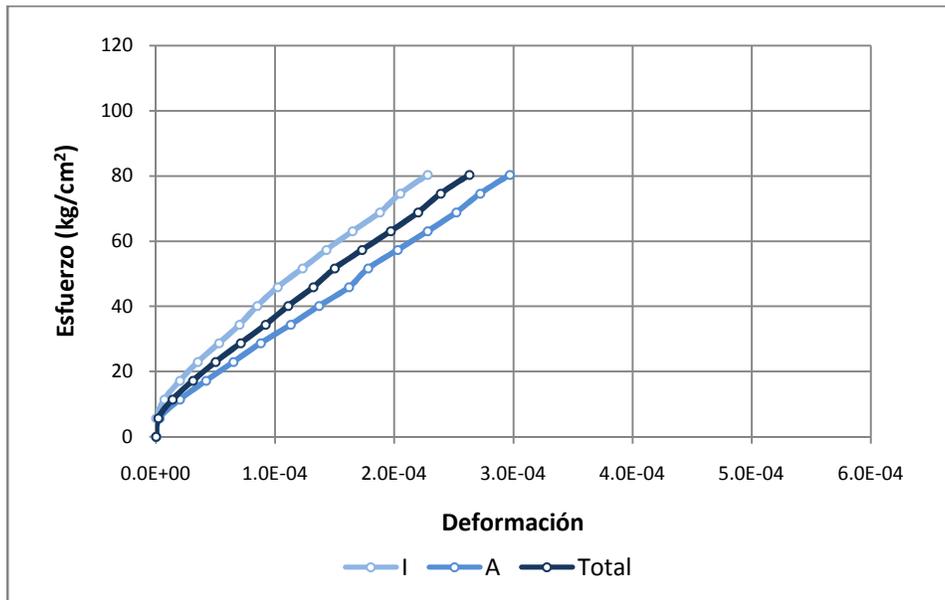


Gráfico 73: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 14 días, probeta 4.

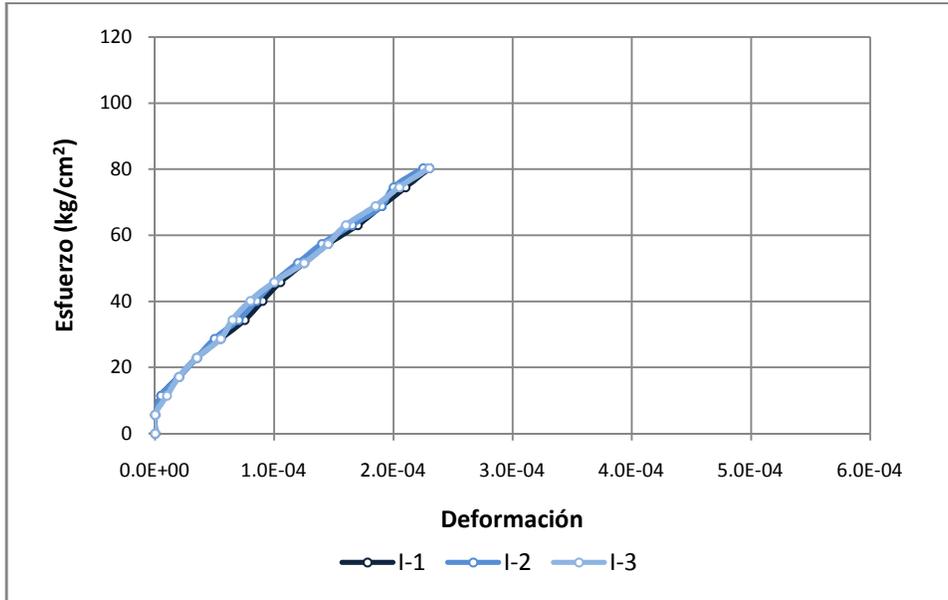


Gráfico 37: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 4.

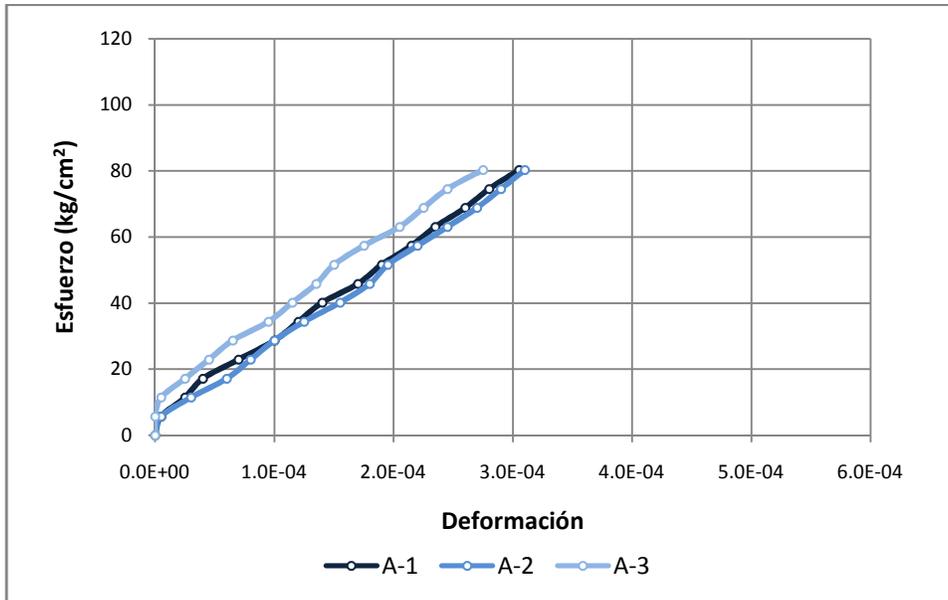


Gráfico 38: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 4.

Probeta 5:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,73	1,00E-05	1,50E-05	1,00E-05	1,20E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,00E-06
11,46	3,50E-05	4,00E-05	4,00E-05	3,80E-05	1,00E-05	1,00E-05	5,00E-06	8,00E-06	2,30E-05
17,20	6,00E-05	6,00E-05	6,00E-05	6,00E-05	2,00E-05	2,50E-05	2,00E-05	2,20E-05	4,10E-05
22,93	7,50E-05	9,00E-05	9,00E-05	8,50E-05	4,50E-05	5,00E-05	4,50E-05	4,70E-05	6,60E-05
28,66	1,10E-04	1,15E-04	1,15E-04	1,13E-04	7,00E-05	7,50E-05	7,00E-05	7,20E-05	9,30E-05
34,39	1,35E-04	1,40E-04	1,40E-04	1,38E-04	9,50E-05	9,50E-05	9,00E-05	9,30E-05	1,16E-04
40,13	1,60E-04	1,55E-04	1,65E-04	1,60E-04	1,10E-04	1,05E-04	1,05E-04	1,07E-04	1,34E-04
45,86	1,80E-04	1,85E-04	1,85E-04	1,83E-04	1,40E-04	1,45E-04	1,45E-04	1,43E-04	1,63E-04
51,59	2,10E-04	2,10E-04	2,15E-04	2,12E-04	1,70E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,73E-04	1,93E-04
57,32	2,30E-04	2,35E-04	2,35E-04	2,33E-04	1,95E-04	1,85E-04	1,90E-04	1,90E-04	2,12E-04
63,06	2,60E-04	2,50E-04	2,50E-04	2,53E-04	2,10E-04	2,15E-04	2,05E-04	2,10E-04	2,32E-04
68,79	2,75E-04	2,75E-04	2,75E-04	2,75E-04	2,40E-04	2,50E-04	2,45E-04	2,45E-04	2,60E-04
74,52	3,00E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,00E-04	2,75E-04	2,80E-04	2,80E-04	2,78E-04	2,89E-04
80,25	3,30E-04	3,25E-04	3,25E-04	3,27E-04	3,05E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,02E-04	3,15E-04

Tabla 70: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 210 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 14 días, Probeta 5.

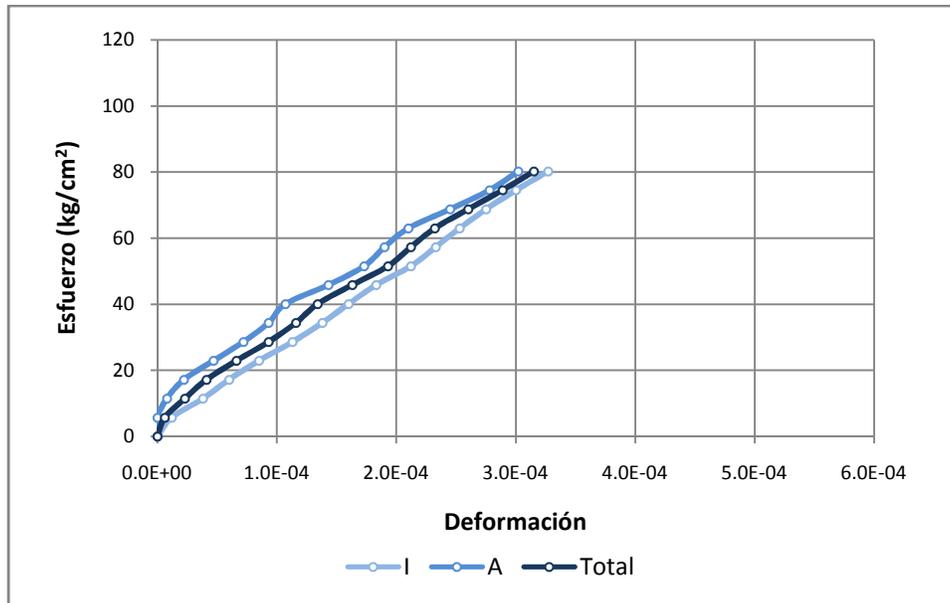


Gráfico 39: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 14 días, probeta 5.

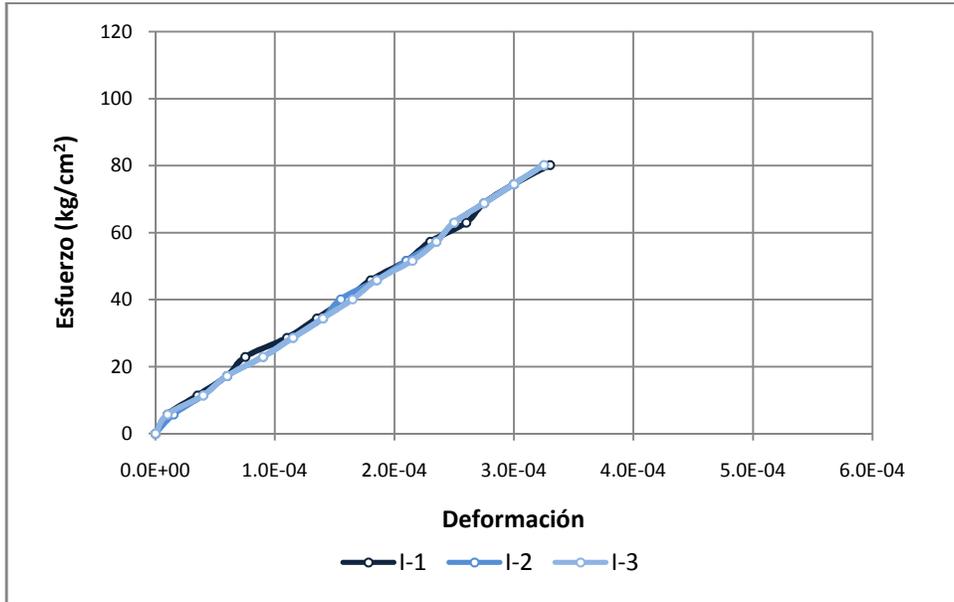


Gráfico 40: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 5.

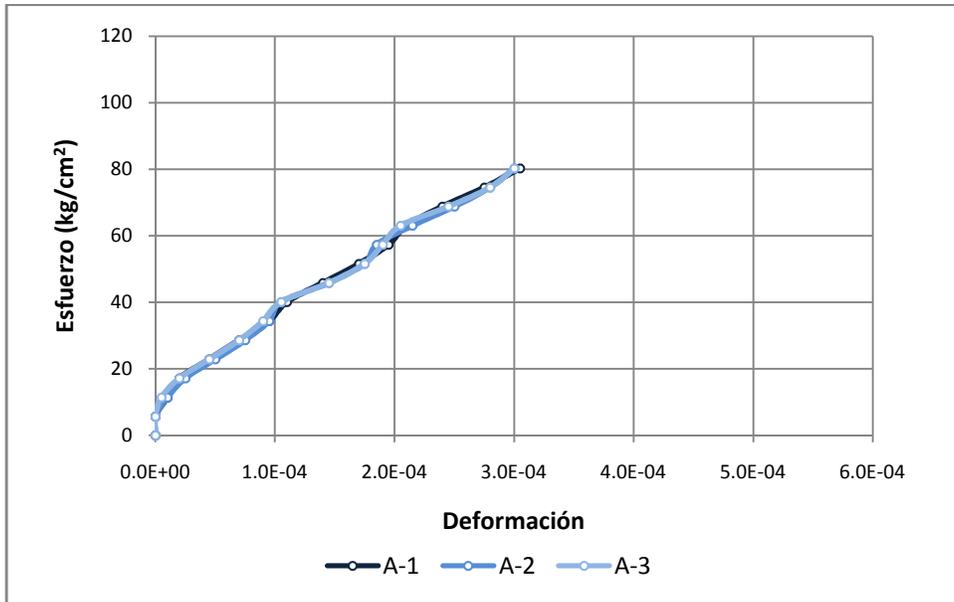


Gráfico 41: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 5.

Probeta 6:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,73	3,00E-05	1,50E-05	1,50E-05	2,00E-05	0,00E+00	5,00E-06	0,00E+00	2,00E-06	1,10E-05
11,46	6,50E-05	4,50E-05	4,50E-05	5,20E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	3,10E-05
17,20	9,50E-05	8,00E-05	7,50E-05	8,30E-05	2,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	5,20E-05
22,93	1,15E-04	1,05E-04	1,05E-04	1,08E-04	3,00E-05	4,00E-05	3,50E-05	3,50E-05	7,20E-05
28,66	1,35E-04	1,25E-04	1,30E-04	1,30E-04	5,00E-05	5,50E-05	5,50E-05	5,30E-05	9,20E-05
34,39	1,55E-04	1,50E-04	1,55E-04	1,53E-04	7,00E-05	8,00E-05	7,50E-05	7,50E-05	1,14E-04
40,13	1,80E-04	1,75E-04	1,85E-04	1,80E-04	9,00E-05	1,00E-04	9,00E-05	9,30E-05	1,37E-04
45,86	2,05E-04	2,00E-04	2,05E-04	2,03E-04	1,10E-04	1,20E-04	1,10E-04	1,13E-04	1,58E-04
51,59	2,25E-04	2,15E-04	2,20E-04	2,20E-04	1,45E-04	1,60E-04	1,50E-04	1,52E-04	1,86E-04
57,32	2,40E-04	2,35E-04	2,45E-04	2,40E-04	1,75E-04	1,85E-04	1,80E-04	1,80E-04	2,10E-04
63,06	2,65E-04	2,60E-04	2,70E-04	2,65E-04	2,00E-04	2,10E-04	2,05E-04	2,05E-04	2,35E-04
68,79	2,85E-04	2,80E-04	2,90E-04	2,85E-04	2,25E-04	2,50E-04	2,35E-04	2,37E-04	2,61E-04
74,52	3,05E-04	3,00E-04	3,10E-04	3,05E-04	2,60E-04	2,75E-04	2,65E-04	2,67E-04	2,86E-04
80,25	3,30E-04	3,15E-04	3,25E-04	3,23E-04	2,85E-04	2,95E-04	2,90E-04	2,90E-04	3,07E-04

Tabla 71: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 210 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 14 días, Probeta 6.

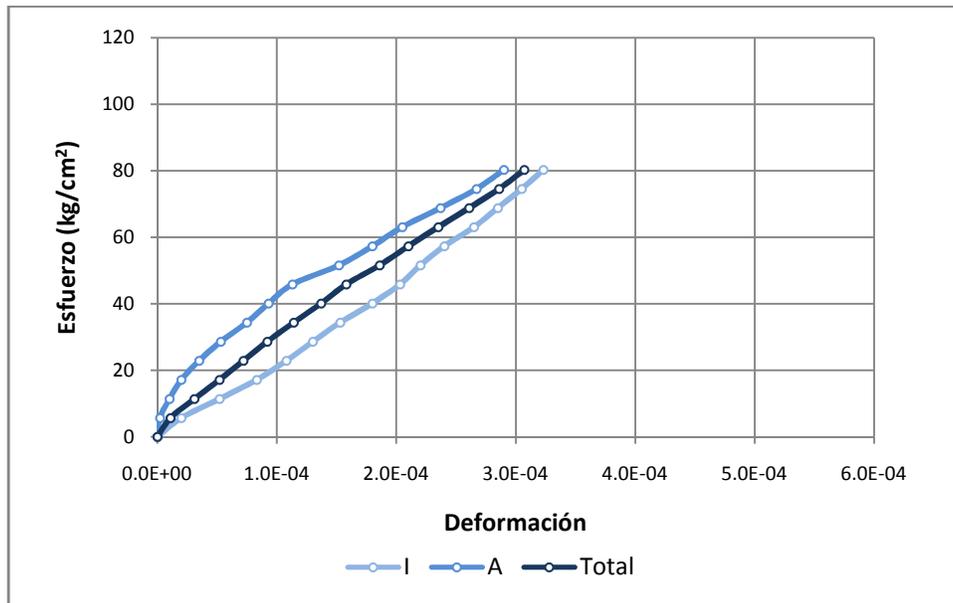


Gráfico 42: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 14 días, probeta 6.

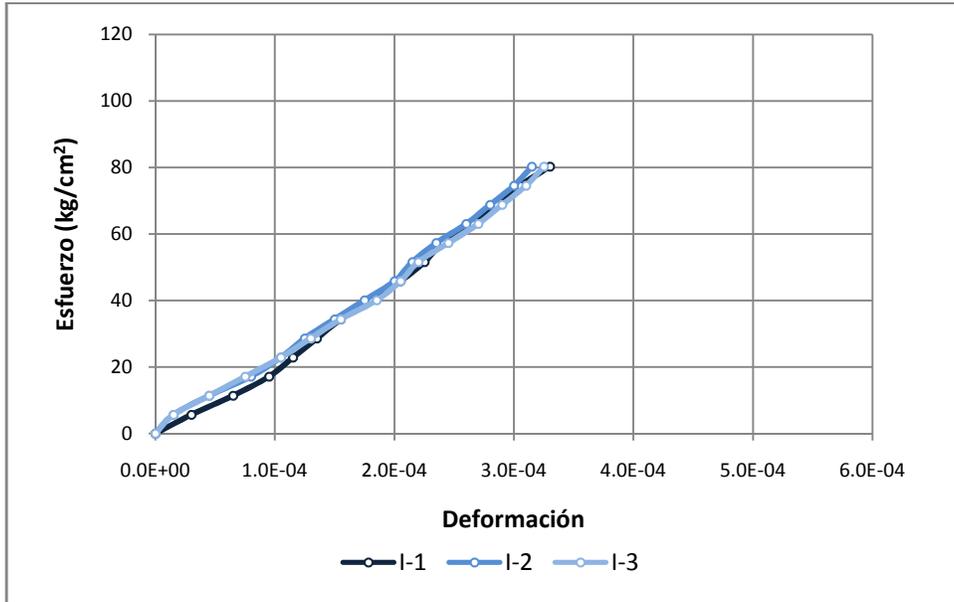


Gráfico 80: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 6.

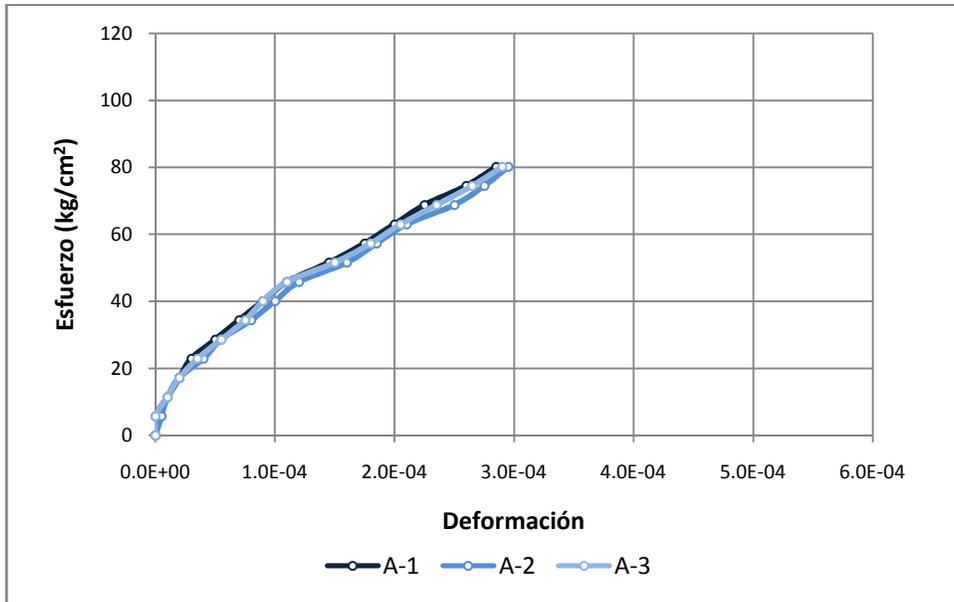


Gráfico 81: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 6.

Resultados de ensayos para determinar el Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto de resistencia 210 kgf/cm<sup>2</sup>.

Fecha de ensayo: 24/04/2008.

Edad: 21 días.

Dimensiones y peso de las probetas de concreto:

Probeta	Peso (kg)	Altura (cm)				Diámetro (cm)			
		1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
1	12,300	30,18	30,17	30,10	30,15	14,94	14,87	14,87	14,89
2	12,400	30,18	30,07	30,03	30,09	14,90	14,93	14,93	14,92
3	12,400	30,06	30,15	30,10	30,10	15,00	14,99	14,98	14,99
4	12,400	30,29	30,25	30,17	30,24	14,90	14,90	14,87	14,89
5	12,400	30,15	30,18	30,14	30,16	14,93	14,90	14,91	14,91
6	12,400	30,05	30,04	30,01	30,03	14,95	14,96	14,89	14,93

Tabla 72: Dimensiones y peso de las probetas de concreto, Resistencia: 210 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 21 días.

Área y Volumen de probetas, y Densidad del concreto:

Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
1	174	5252	2342
2	175	5261	2357
3	176	5313	2334
4	174	5265	2355
5	175	5268	2354
6	175	5260	2357

Tabla 73: Área, Volumen y Densidad del concreto, Resistencia: 210 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 21 días.

Velocidad de Propagación de Onda:

Probeta	Ultrasonido			Velocidad
	1	2	Prom.	
1	71,0	71,6	71,3	4229
2	76,0	75,8	75,9	3965
3	73,0	73,2	73,1	4118
4	74,8	75,2	75,0	4032
5	75,0	74,9	75,0	4024
6	75,0	74,9	75,0	4007

Tabla 74: Tiempo y Velocidad de propagación de Onda. R: 210 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 21 días.

Resistencia a compresión en probetas de concreto:

Probeta	Carga (kg)			$\sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Carga	Promedio	40% Carga	
2	33200	35133	14053	190
3	36600			207
4	35600			204

Tabla 75: Resistencia promedio. R: 210 kg/cm<sup>2</sup>, Edad: 21 días.

Curvas del Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto:

Probeta 1:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,74	0,00E+00	5,00E-06	0,00E+00	2,00E-06	2,50E-05	3,00E-05	3,50E-05	3,00E-05	1,60E-05
11,48	5,00E-06	2,00E-05	2,00E-05	1,50E-05	4,50E-05	5,50E-05	6,00E-05	5,30E-05	3,40E-05
17,22	5,50E-05	5,00E-05	5,00E-05	5,20E-05	7,00E-05	9,00E-05	9,00E-05	8,30E-05	6,80E-05
22,96	9,50E-05	8,50E-05	8,50E-05	8,80E-05	8,50E-05	1,15E-04	1,05E-04	1,02E-04	9,50E-05
28,70	1,20E-04	1,10E-04	1,00E-04	1,10E-04	1,20E-04	1,40E-04	1,35E-04	1,32E-04	1,21E-04
34,44	1,50E-04	1,40E-04	1,35E-04	1,42E-04	1,30E-04	1,60E-04	1,60E-04	1,50E-04	1,46E-04
40,18	1,80E-04	1,70E-04	1,65E-04	1,72E-04	1,65E-04	1,85E-04	1,80E-04	1,77E-04	1,75E-04
45,92	2,05E-04	2,00E-04	1,85E-04	1,97E-04	1,80E-04	2,10E-04	2,05E-04	1,98E-04	1,97E-04
51,66	2,35E-04	2,20E-04	2,15E-04	2,23E-04	2,10E-04	2,30E-04	2,25E-04	2,22E-04	2,23E-04
57,40	2,65E-04	2,45E-04	2,40E-04	2,50E-04	2,35E-04	2,50E-04	2,40E-04	2,42E-04	2,46E-04
63,14	2,85E-04	2,75E-04	2,65E-04	2,75E-04	2,60E-04	2,65E-04	2,65E-04	2,63E-04	2,69E-04
68,88	3,05E-04	3,00E-04	2,85E-04	2,97E-04	2,85E-04	2,90E-04	2,85E-04	2,87E-04	2,92E-04
74,62	3,35E-04	3,20E-04	3,10E-04	3,22E-04	3,00E-04	3,10E-04	3,05E-04	3,05E-04	3,14E-04
80,36	3,65E-04	3,50E-04	3,40E-04	3,52E-04	3,30E-04	3,30E-04	3,30E-04	3,30E-04	3,41E-04

Tabla 76: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 210 kg/cm<sup>2</sup> Edad: 21 días, Probeta 1.

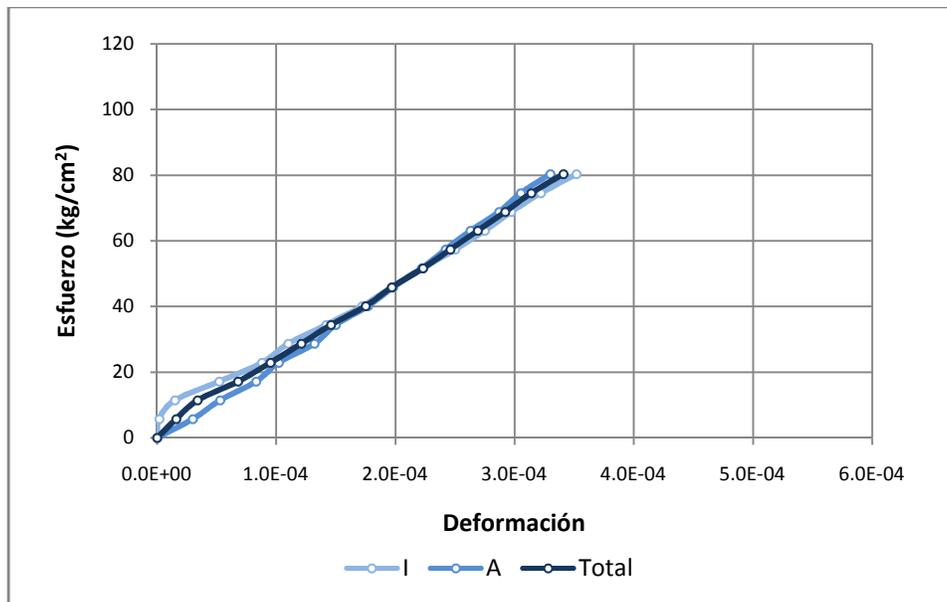


Gráfico 82: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 21 días, probeta 1.

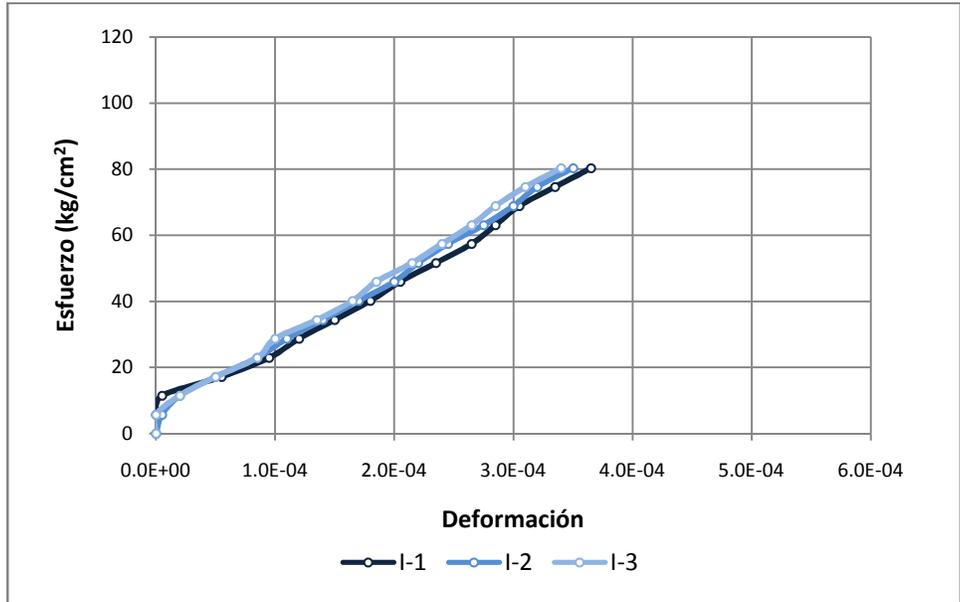


Gráfico 83: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 1.

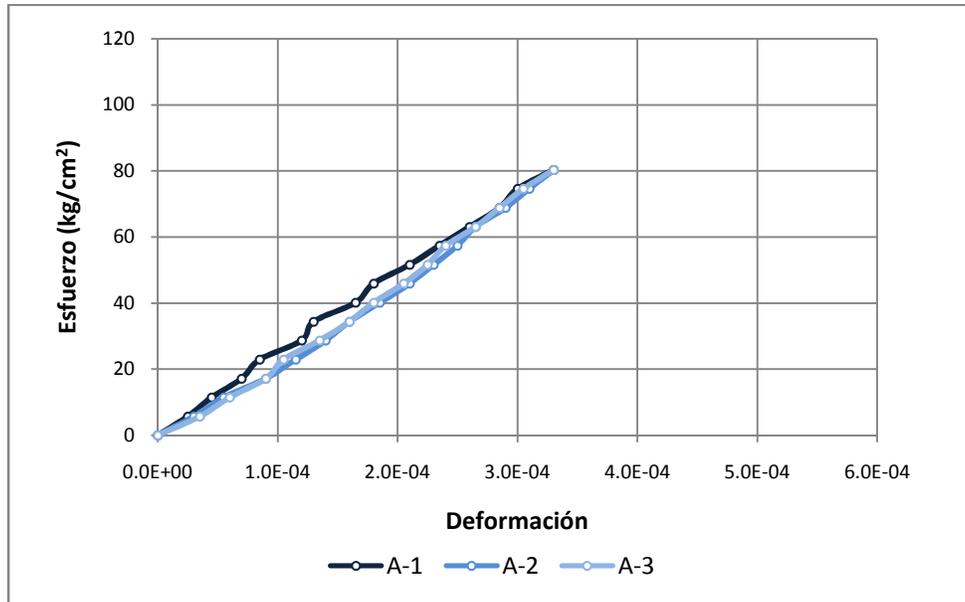


Gráfico 43: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 1.

Probeta 5:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,72	1,50E-05	1,00E-05	1,50E-05	1,30E-05	1,50E-05	1,50E-05	2,00E-05	1,70E-05	1,50E-05
11,45	3,50E-05	3,50E-05	4,50E-05	3,80E-05	2,50E-05	3,50E-05	5,00E-05	3,70E-05	3,80E-05
17,17	6,50E-05	6,50E-05	7,00E-05	6,70E-05	5,00E-05	5,50E-05	7,00E-05	5,80E-05	6,30E-05
22,90	9,50E-05	9,00E-05	9,50E-05	9,30E-05	7,00E-05	7,00E-05	8,50E-05	7,50E-05	8,40E-05
28,62	1,15E-04	1,10E-04	1,15E-04	1,13E-04	8,00E-05	9,50E-05	1,10E-04	9,50E-05	1,04E-04
34,35	1,20E-04	1,40E-04	1,45E-04	1,35E-04	1,20E-04	1,25E-04	1,35E-04	1,27E-04	1,31E-04
40,07	1,70E-04	1,70E-04	1,75E-04	1,72E-04	1,50E-04	1,45E-04	1,60E-04	1,52E-04	1,62E-04
45,80	2,00E-04	1,95E-04	2,00E-04	1,98E-04	1,70E-04	1,70E-04	1,75E-04	1,72E-04	1,85E-04
51,52	2,20E-04	2,15E-04	2,20E-04	2,18E-04	1,95E-04	1,85E-04	1,95E-04	1,92E-04	2,05E-04
57,25	2,45E-04	2,45E-04	2,50E-04	2,47E-04	2,30E-04	2,15E-04	2,15E-04	2,20E-04	2,34E-04
62,97	2,75E-04	2,70E-04	2,75E-04	2,73E-04	2,45E-04	2,35E-04	2,35E-04	2,38E-04	2,56E-04
68,70	3,00E-04	2,95E-04	3,00E-04	2,98E-04	2,50E-04	2,55E-04	2,55E-04	2,53E-04	2,76E-04
74,42	3,20E-04	3,15E-04	3,15E-04	3,17E-04	2,75E-04	2,75E-04	2,75E-04	2,75E-04	2,96E-04
80,15	3,55E-04	3,50E-04	3,55E-04	3,53E-04	2,95E-04	3,00E-04	3,00E-04	2,98E-04	3,25E-04

Tabla 77: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 210 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 21 días, Probeta 5.

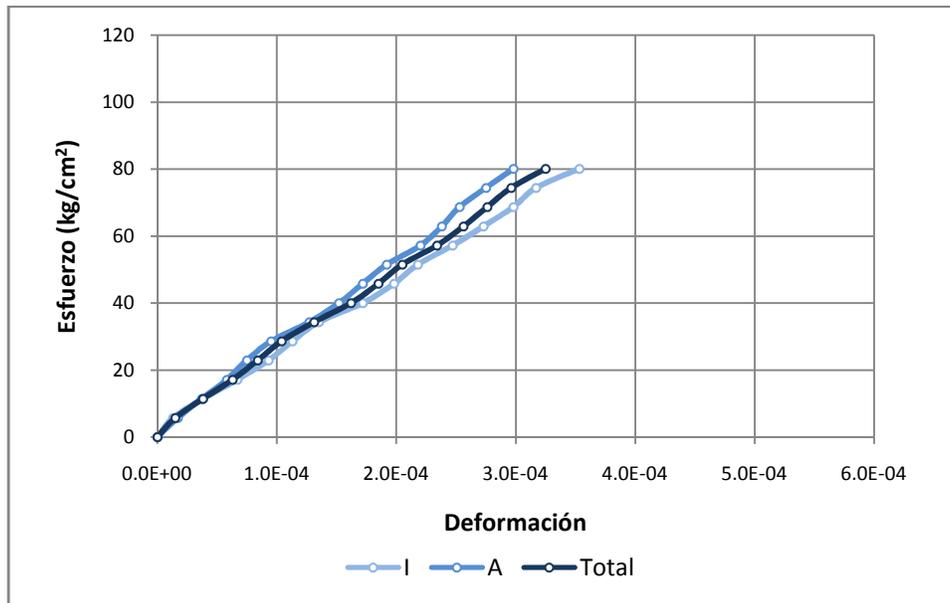


Gráfico 44: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 21 días, probeta 5.

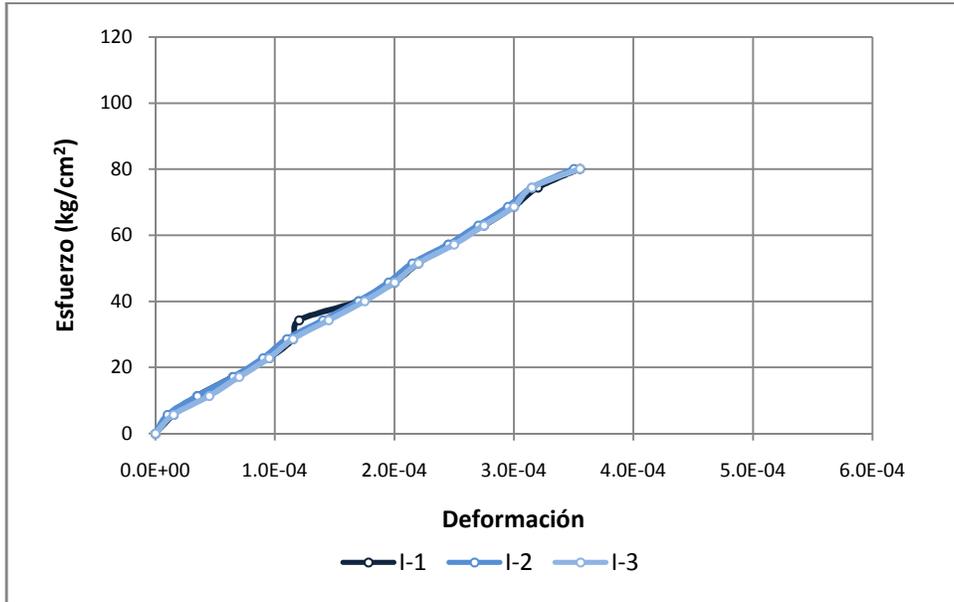


Gráfico 45: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 5.

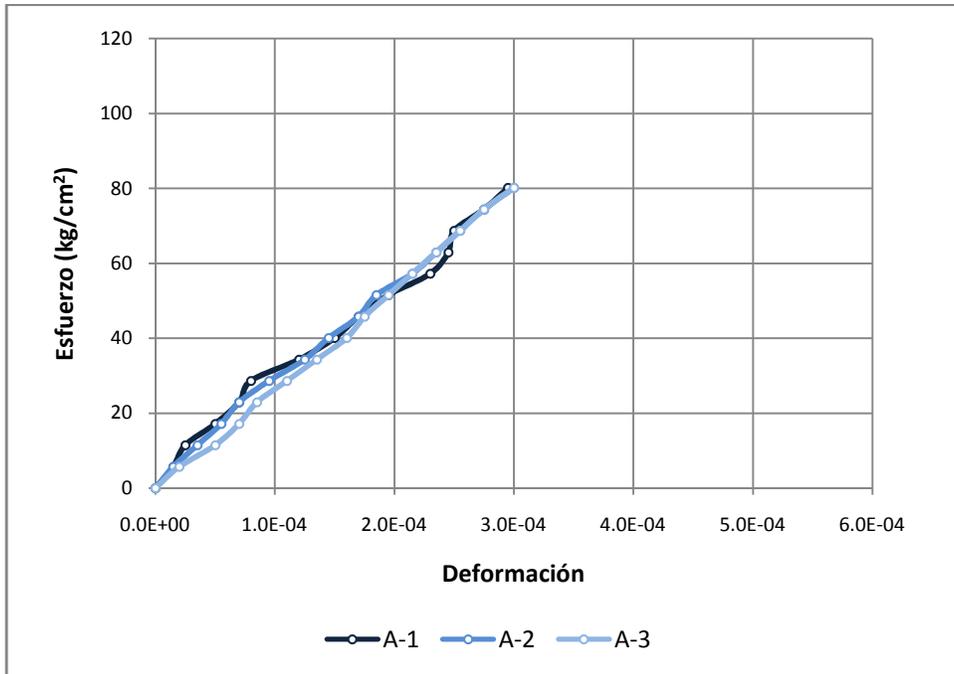


Gráfico 46: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 5.

Probeta 6:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,71	2,50E-05	2,00E-05	2,00E-05	2,20E-05	2,50E-05	2,00E-05	1,00E-05	1,80E-05	2,00E-05
11,42	5,50E-05	4,50E-05	5,00E-05	5,00E-05	3,50E-05	4,00E-05	3,00E-05	3,50E-05	4,30E-05
17,13	8,50E-05	7,00E-05	7,00E-05	7,50E-05	6,00E-05	6,50E-05	5,50E-05	6,00E-05	6,70E-05
22,84	1,05E-04	9,50E-05	9,50E-05	9,80E-05	9,00E-05	9,00E-05	7,50E-05	8,50E-05	9,20E-05
28,55	1,30E-04	1,15E-04	1,15E-04	1,20E-04	1,15E-04	1,15E-04	1,00E-04	1,10E-04	1,15E-04
34,26	1,65E-04	1,45E-04	1,50E-04	1,53E-04	1,35E-04	1,30E-04	1,25E-04	1,30E-04	1,42E-04
39,97	1,95E-04	1,55E-04	1,80E-04	1,77E-04	1,50E-04	1,55E-04	1,50E-04	1,52E-04	1,65E-04
45,68	2,25E-04	2,05E-04	2,10E-04	2,13E-04	1,75E-04	1,85E-04	1,80E-04	1,80E-04	1,97E-04
51,39	2,50E-04	2,30E-04	2,30E-04	2,37E-04	2,00E-04	2,15E-04	2,05E-04	2,07E-04	2,22E-04
57,09	2,75E-04	2,60E-04	2,60E-04	2,65E-04	2,25E-04	2,35E-04	2,40E-04	2,33E-04	2,49E-04
62,80	3,05E-04	2,85E-04	2,90E-04	2,93E-04	2,40E-04	2,75E-04	2,55E-04	2,57E-04	2,75E-04
68,51	3,30E-04	3,10E-04	3,10E-04	3,17E-04	2,75E-04	2,90E-04	2,85E-04	2,83E-04	3,00E-04
74,22	3,55E-04	3,40E-04	3,40E-04	3,45E-04	3,00E-04	3,35E-04	3,10E-04	3,15E-04	3,30E-04
79,93	3,85E-04	3,70E-04	3,70E-04	3,75E-04	3,35E-04	3,50E-04	3,50E-04	3,45E-04	3,60E-04

Tabla 78: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 210 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 21 días, Probeta 6.

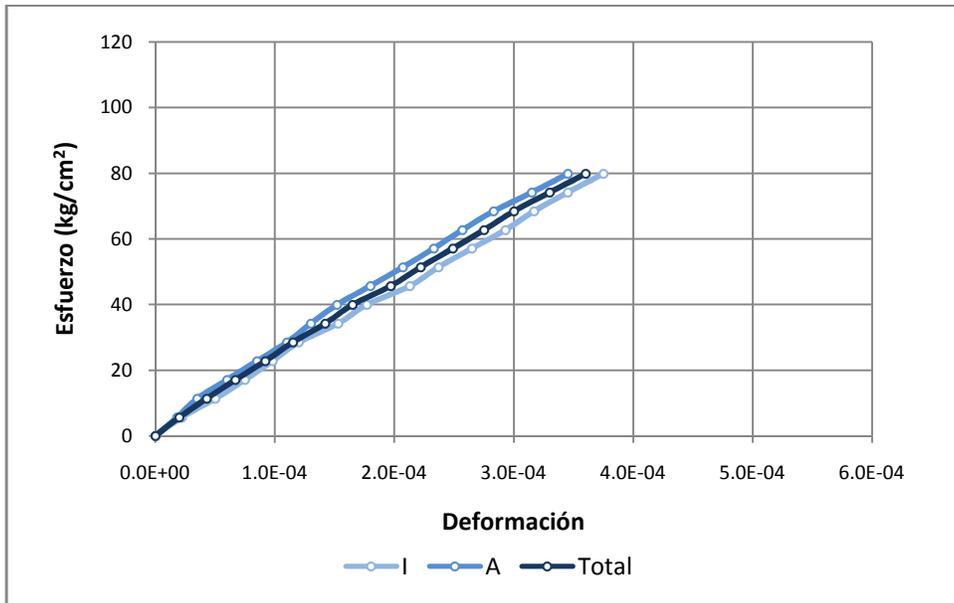


Gráfico 47: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 21 días, probeta 6.

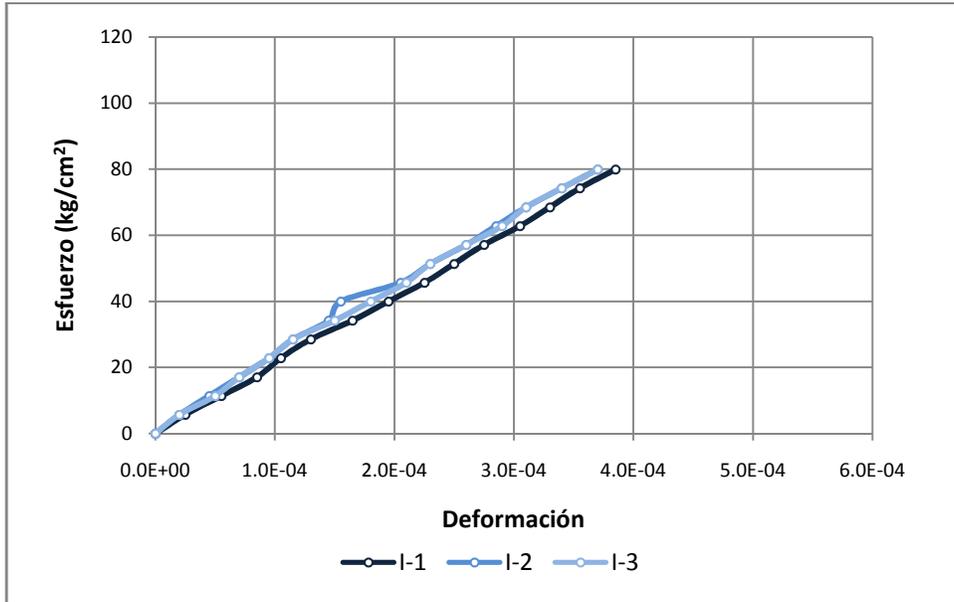


Gráfico 48: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 6.

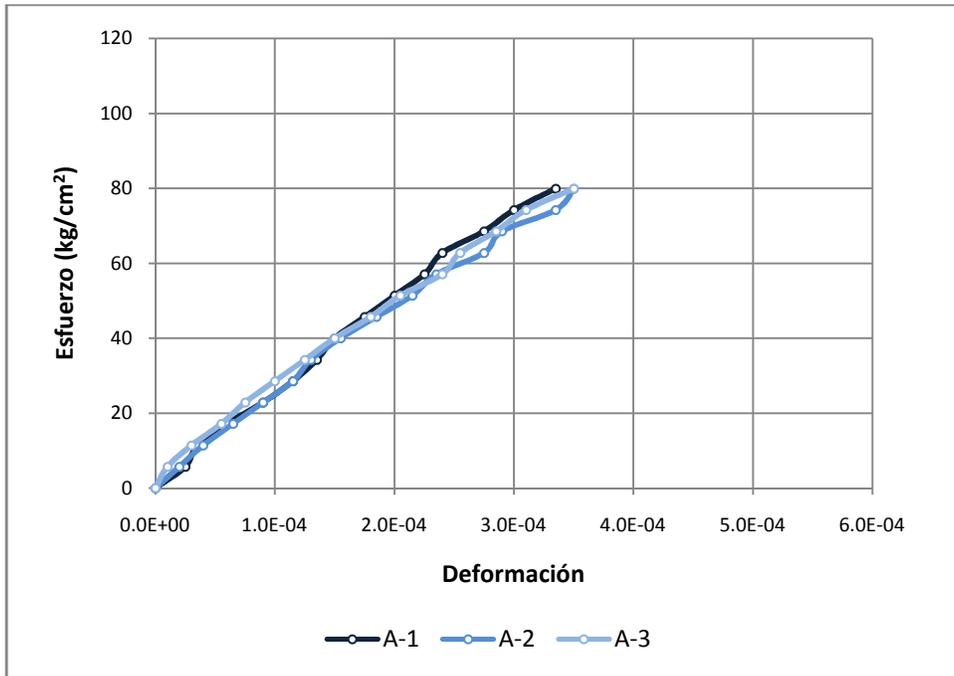


Gráfico 90: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 6.

Resultados de ensayos para determinar el Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto de resistencia 210 kgf/cm<sup>2</sup>.

Fecha de ensayo: 02/05/2008.

Edad: 29 días.

Dimensiones y peso de las probetas de concreto:

Probeta	Peso (kg)	Altura (cm)				Diámetro (cm)			
		1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
1	12,193	30,16	30,20	30,13	30,16	15,02	15,02	15,04	15,03
2	12,469	30,00	30,04	30,02	30,02	15,05	15,07	15,01	15,04
3	12,491	30,17	30,13	30,19	30,16	15,08	15,15	15,05	15,09
4	12,349	30,12	30,10	30,17	30,13	15,07	15,06	15,02	15,05
5	12,309	30,24	30,24	30,22	30,23	14,97	14,97	14,94	14,96
6	12,284	30,18	30,16	30,13	30,16	15,02	15,01	14,92	14,98

*Tabla 79: Dimensiones y peso de las probetas de concreto, Resistencia: 210 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 29 días.*

Área y Volumen de probetas, y Densidad del concreto:

Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
1	177	5349	2279
2	178	5336	2337
3	179	5397	2315
4	178	5360	2304
5	176	5314	2316
6	176	5317	2310

*Tabla 80: Área, Volumen y Densidad del concreto, Resistencia: 210 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 29 días.*

Resistencia a compresión en probetas de concreto:

Probeta	Carga (kg)			$\sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Carga	Promedio	40% Carga	
1	39000	37800	15120	220
3	36800			206
4	37600			211
			Promedio	212

*Tabla 81: Resistencia promedio. R: 210 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 29 días.*

Curvas del Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto:

Probeta 2:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,63	0,00E+00	0,00E+00	5,00E-06	2,00E-06	3,50E-05	3,50E-05	3,50E-05	3,50E-05	1,90E-05
11,25	1,50E-05	1,00E-05	2,50E-05	1,70E-05	6,50E-05	6,50E-05	6,00E-05	6,30E-05	4,00E-05
16,88	3,00E-05	2,50E-05	3,50E-05	3,00E-05	9,00E-05	9,00E-05	8,50E-05	8,80E-05	5,90E-05
22,51	4,50E-05	4,50E-05	5,00E-05	4,70E-05	1,15E-04	1,15E-04	1,10E-04	1,13E-04	8,00E-05
28,13	6,00E-05	5,50E-05	6,50E-05	6,00E-05	1,40E-04	1,40E-04	1,30E-04	1,37E-04	9,90E-05
33,76	7,50E-05	7,00E-05	8,00E-05	7,50E-05	1,65E-04	1,65E-04	1,50E-04	1,60E-04	1,17E-04
39,38	1,00E-04	9,50E-05	1,00E-04	9,80E-05	1,80E-04	1,80E-04	1,70E-04	1,77E-04	1,38E-04
45,01	1,25E-04	1,15E-04	1,25E-04	1,22E-04	2,00E-04	2,00E-04	1,90E-04	1,97E-04	1,60E-04
50,64	1,40E-04	1,35E-04	1,50E-04	1,42E-04	2,20E-04	2,20E-04	2,05E-04	2,15E-04	1,79E-04
56,26	1,85E-04	1,70E-04	1,70E-04	1,75E-04	2,35E-04	2,40E-04	2,25E-04	2,33E-04	2,04E-04
61,89	2,05E-04	2,00E-04	2,00E-04	2,02E-04	2,60E-04	2,60E-04	2,45E-04	2,55E-04	2,28E-04
67,52	2,30E-04	2,20E-04	2,25E-04	2,25E-04	2,75E-04	2,75E-04	2,65E-04	2,72E-04	2,49E-04
73,14	2,50E-04	2,55E-04	2,50E-04	2,52E-04	2,95E-04	2,95E-04	2,80E-04	2,90E-04	2,71E-04
78,77	2,75E-04	2,85E-04	2,75E-04	2,78E-04	3,15E-04	3,20E-04	3,00E-04	3,12E-04	2,95E-04
84,39	3,00E-04	3,15E-04	3,05E-04	3,07E-04	3,35E-04	3,35E-04	3,25E-04	3,32E-04	3,20E-04

Tabla 82: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 210 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 29 días, Probeta 2.

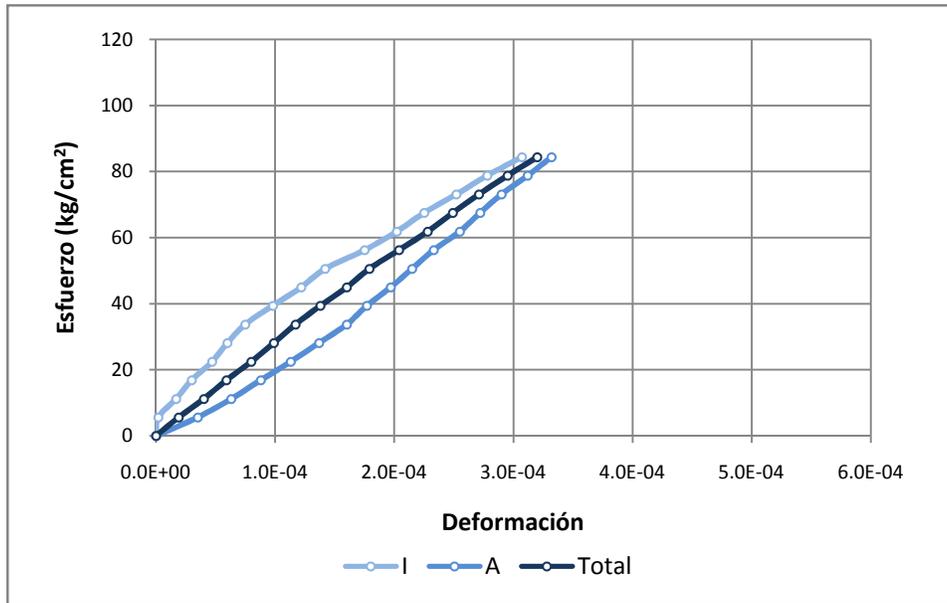


Gráfico 91: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 29 días, probeta 2.

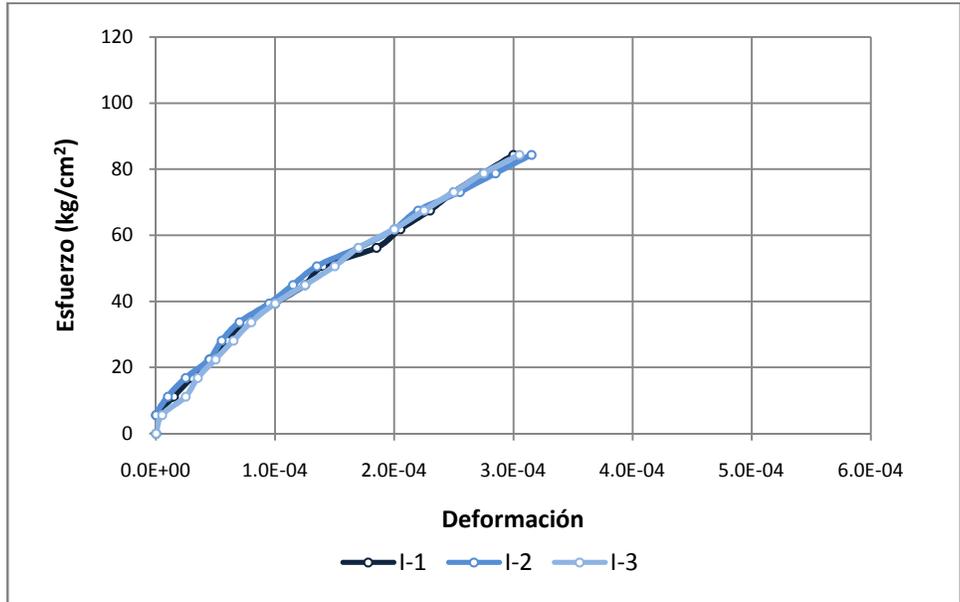


Gráfico 92: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 2.

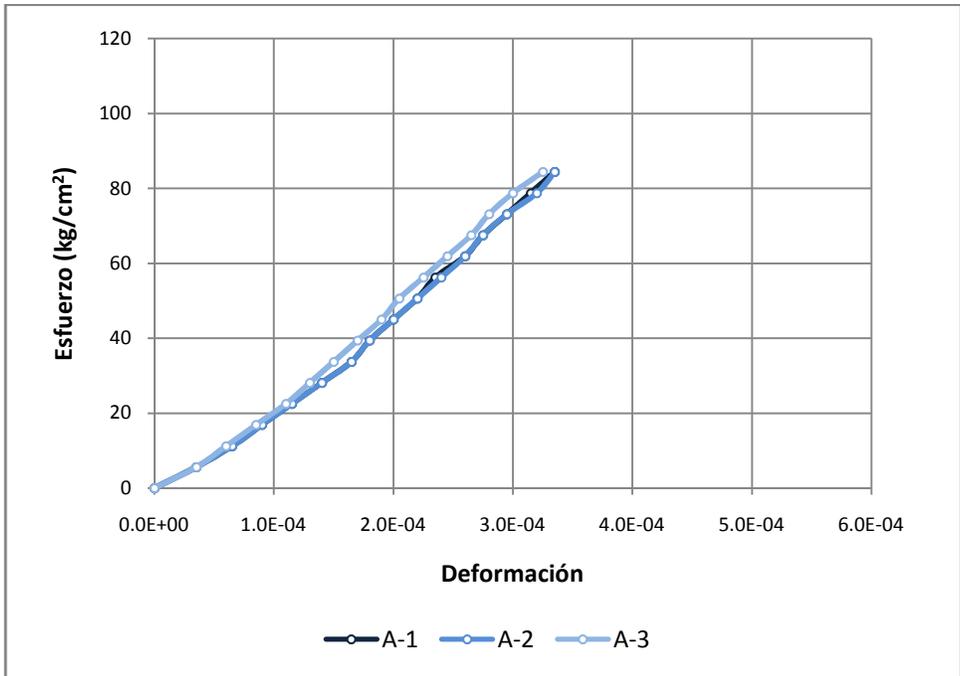


Gráfico 93: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 2.

Probeta 5:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,69	1,50E-05	2,00E-05	1,50E-05	1,70E-05	2,50E-05	2,50E-05	2,50E-05	2,50E-05	2,10E-05
11,38	3,50E-05	4,00E-05	3,50E-05	3,70E-05	5,00E-05	5,00E-05	4,00E-05	4,70E-05	4,20E-05
17,07	5,50E-05	6,00E-05	6,00E-05	5,80E-05	7,00E-05	7,00E-05	5,50E-05	6,50E-05	6,20E-05
22,76	8,00E-05	8,00E-05	8,50E-05	8,20E-05	8,00E-05	8,50E-05	7,50E-05	8,00E-05	8,10E-05
28,45	1,05E-04	1,05E-04	1,05E-04	1,05E-04	1,00E-04	1,00E-04	9,50E-05	9,80E-05	1,02E-04
34,13	1,25E-04	1,15E-04	1,25E-04	1,22E-04	1,25E-04	1,40E-04	1,20E-04	1,28E-04	1,25E-04
39,82	1,45E-04	1,45E-04	1,50E-04	1,47E-04	1,50E-04	1,65E-04	1,40E-04	1,52E-04	1,50E-04
45,51	1,70E-04	1,70E-04	1,75E-04	1,72E-04	1,75E-04	1,80E-04	1,55E-04	1,70E-04	1,71E-04
51,20	1,95E-04	1,90E-04	1,95E-04	1,93E-04	2,00E-04	2,00E-04	1,90E-04	1,97E-04	1,95E-04
56,89	2,15E-04	2,10E-04	2,15E-04	2,13E-04	2,25E-04	2,25E-04	2,10E-04	2,20E-04	2,17E-04
62,58	2,25E-04	2,30E-04	2,35E-04	2,30E-04	2,50E-04	2,50E-04	2,40E-04	2,47E-04	2,39E-04
68,27	2,50E-04	2,55E-04	2,55E-04	2,53E-04	2,90E-04	2,70E-04	2,60E-04	2,73E-04	2,63E-04
73,96	2,75E-04	2,75E-04	2,80E-04	2,77E-04	3,05E-04	2,95E-04	2,85E-04	2,95E-04	2,86E-04
79,65	3,00E-04	3,00E-04	3,10E-04	3,03E-04	3,35E-04	3,20E-04	3,15E-04	3,23E-04	3,13E-04
85,34	3,20E-04	3,20E-04	3,20E-04	3,20E-04	3,50E-04	3,50E-04	3,45E-04	3,48E-04	3,34E-04

Tabla 83: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 210 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 29 días, Probeta 5.

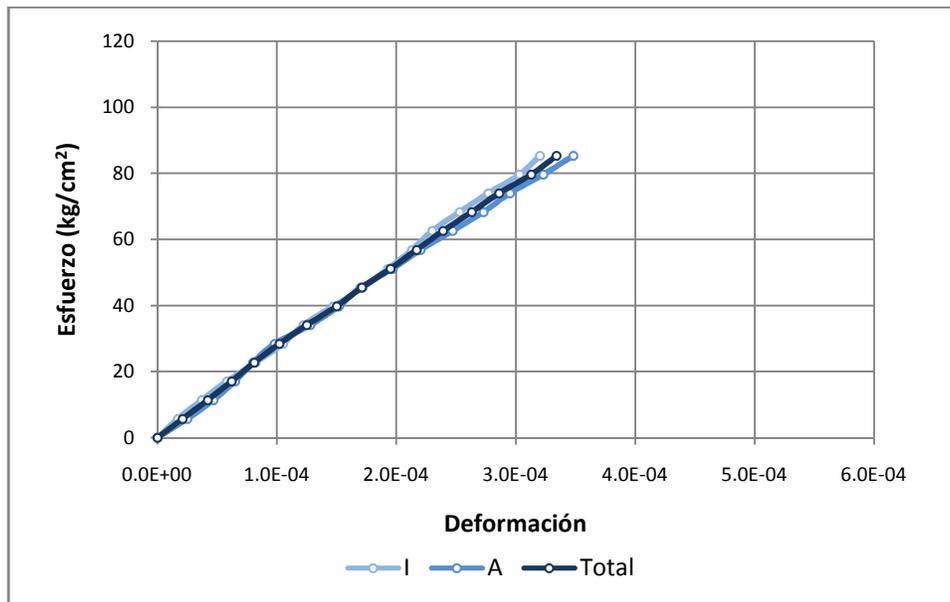


Gráfico 49: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 29 días, probeta 5.

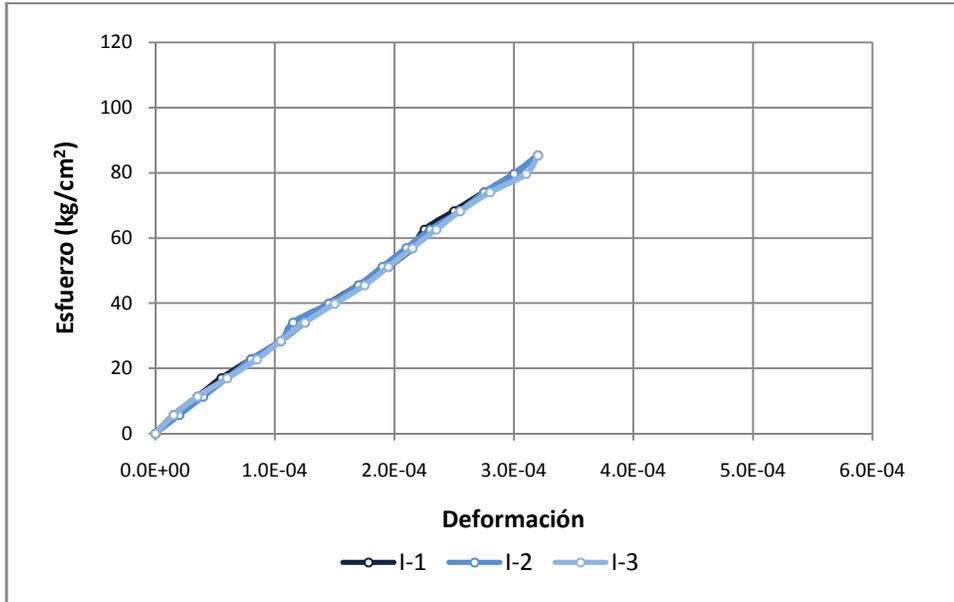


Gráfico 50: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 5.

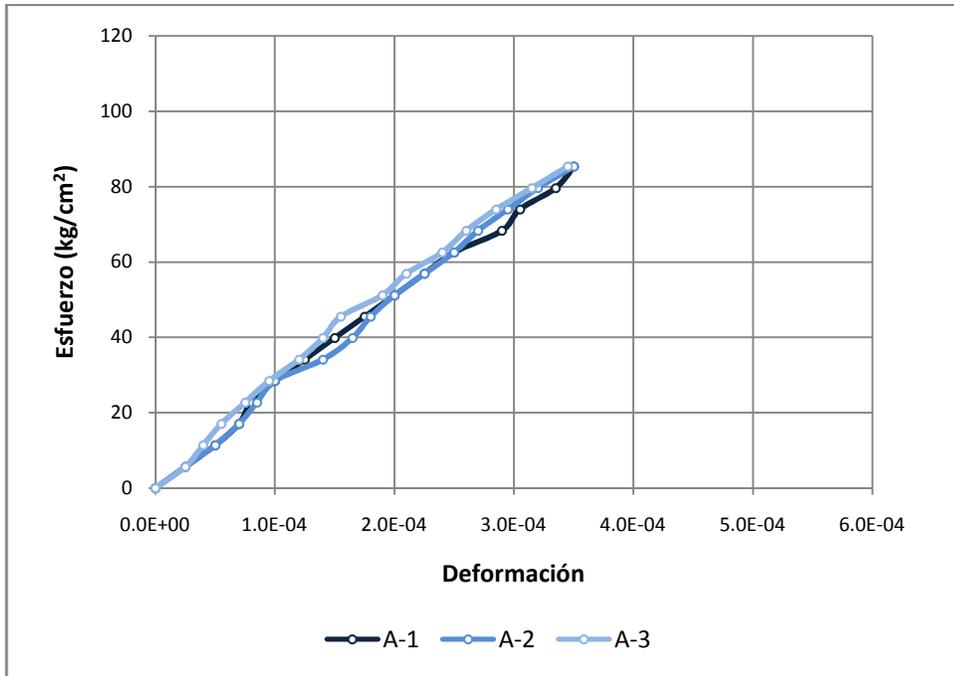


Gráfico 51: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 5.

Probeta 6:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,67	2,00E-05	2,50E-05	1,50E-05	2,00E-05	5,00E-06	3,00E-05	2,50E-05	2,00E-05	2,00E-05
11,34	5,00E-05	5,50E-05	5,00E-05	5,20E-05	1,00E-05	5,00E-05	4,00E-05	3,30E-05	4,30E-05
17,01	7,00E-05	8,00E-05	7,50E-05	7,50E-05	2,50E-05	6,00E-05	5,00E-05	4,50E-05	6,00E-05
22,69	1,00E-04	1,20E-04	1,05E-04	1,08E-04	4,00E-05	7,50E-05	7,50E-05	6,30E-05	8,60E-05
28,36	1,25E-04	1,45E-04	1,35E-04	1,35E-04	5,00E-05	9,00E-05	9,00E-05	7,70E-05	1,06E-04
34,03	1,55E-04	1,75E-04	1,60E-04	1,63E-04	6,00E-05	1,00E-04	1,05E-04	8,80E-05	1,26E-04
39,70	1,80E-04	2,10E-04	2,00E-04	1,97E-04	7,50E-05	1,25E-04	1,25E-04	1,08E-04	1,53E-04
45,37	2,15E-04	2,45E-04	2,25E-04	2,28E-04	1,00E-04	1,40E-04	1,40E-04	1,27E-04	1,77E-04
51,04	2,40E-04	2,60E-04	2,55E-04	2,52E-04	1,25E-04	1,55E-04	1,50E-04	1,43E-04	1,98E-04
56,71	2,65E-04	2,95E-04	2,85E-04	2,82E-04	1,50E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,67E-04	2,25E-04
62,39	3,00E-04	3,20E-04	3,10E-04	3,10E-04	1,85E-04	1,90E-04	1,95E-04	1,90E-04	2,50E-04
68,06	3,25E-04	3,50E-04	3,40E-04	3,38E-04	2,15E-04	2,25E-04	2,25E-04	2,22E-04	2,80E-04
73,73	3,60E-04	3,70E-04	3,60E-04	3,63E-04	2,40E-04	2,50E-04	2,50E-04	2,47E-04	3,05E-04
79,40	3,80E-04	4,10E-04	4,00E-04	3,97E-04	2,50E-04	2,70E-04	2,75E-04	2,65E-04	3,31E-04
85,07	4,20E-04	4,30E-04	4,25E-04	4,25E-04	2,90E-04	3,00E-04	2,95E-04	2,95E-04	3,60E-04

Tabla 84: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 210 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 29 días, Probeta 6.

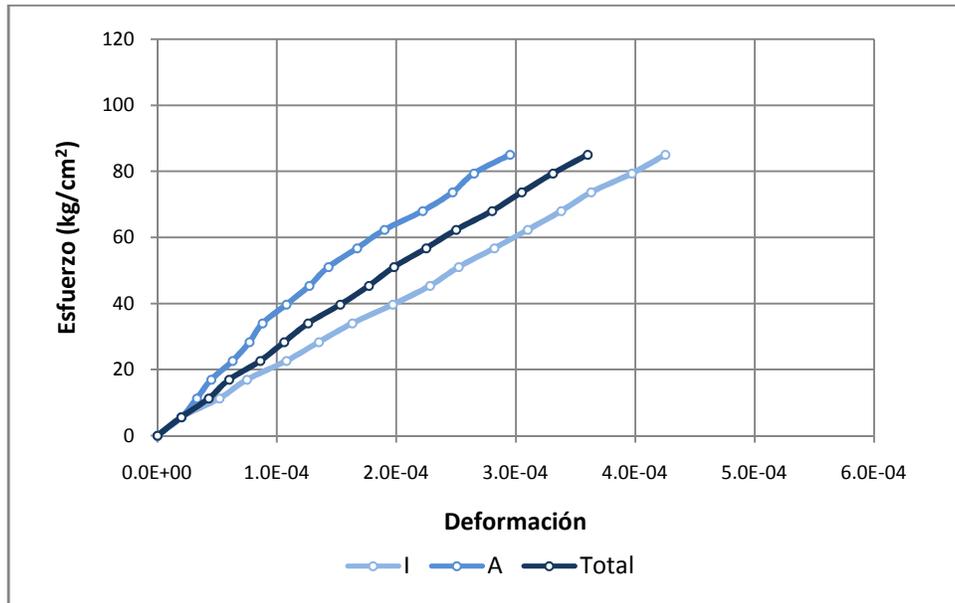


Gráfico 52: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 29 días, probeta 6.

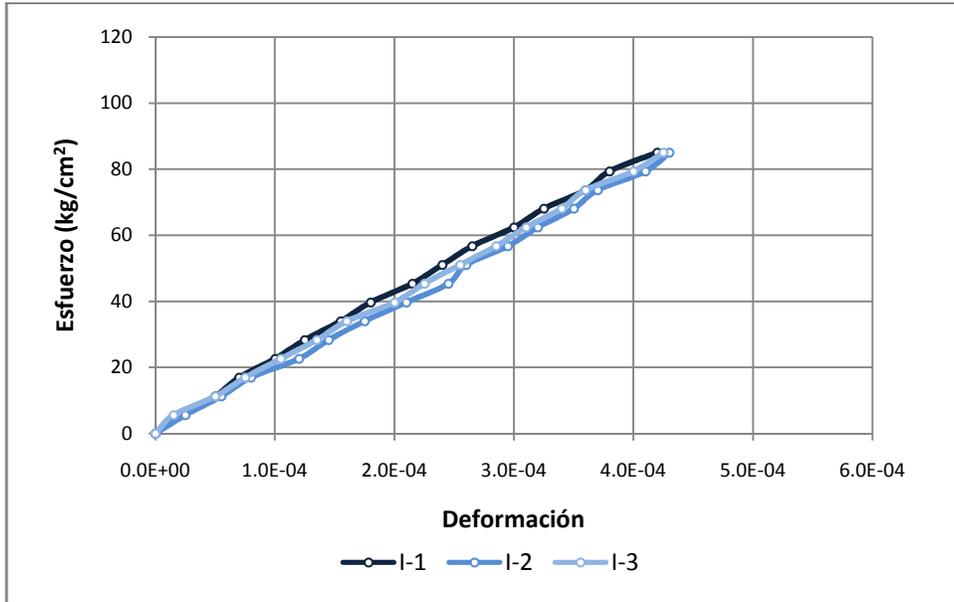


Gráfico 53: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 6.

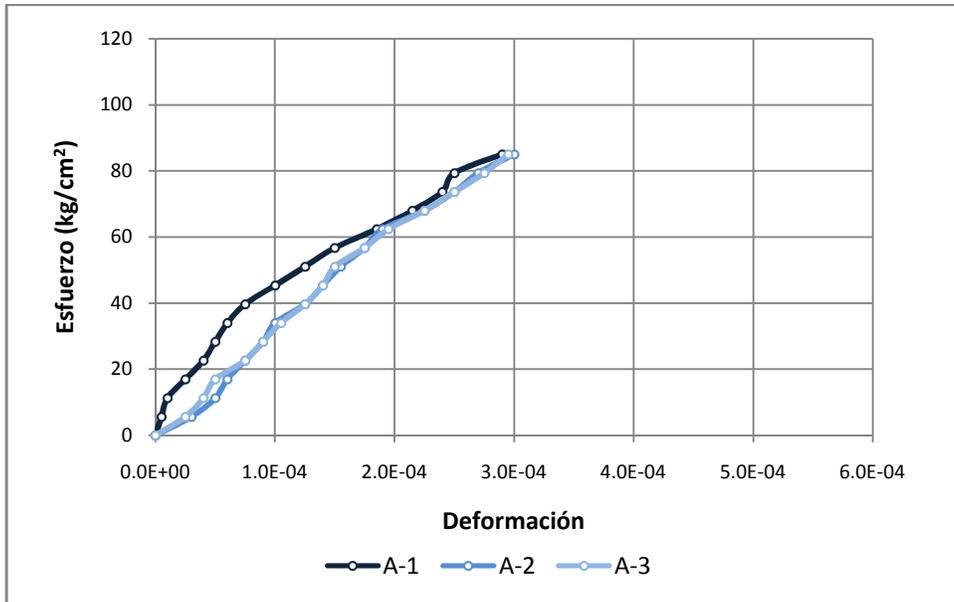


Gráfico 54: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 6.

Resultados de ensayos para determinar el Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto de resistencia 250 kgf/cm<sup>2</sup>.

Fecha de ensayo: 14/04/2008.

Edad: 7 días.

Dimensiones y peso de las probetas de concreto:

Probeta	Peso (kg)	Altura (cm)				Diámetro (cm)			
		1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
1	12,278	29,84	30,08	29,94	29,95	15,12	14,95	14,91	14,99
2	12,285	30,03	30,09	29,93	30,02	14,92	14,95	14,87	14,91
3	12,150	30,04	30,01	29,99	30,01	14,93	14,93	14,87	14,91
4	12,310	30,09	30,09	30,14	30,11	15,10	14,97	14,97	15,01
5	12,148	30,04	30,03	30,02	30,03	14,90	14,92	14,86	14,89
6	12,310	30,03	29,94	30,00	29,99	15,03	15,00	15,03	15,02

*Tabla 85: Dimensiones y peso de las probetas de concreto, Resistencia: 250 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 7 días.*

Área y Volumen de probetas, y Densidad del concreto:

Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
1	177	5288	2322
2	175	5243	2343
3	175	5240	2319
4	177	5328	2310
5	174	5232	2322
6	177	5314	2317

*Tabla 86: Área, Volumen y Densidad del concreto, Resistencia: 250 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 7 días.*

Velocidad de Propagación de Onda:

Probeta	Ultrasonido			Velocidad
	1	2	Prom.	
1	77,5	78,0	77,8	3853
2	76,8	76,3	76,6	3921
3	77,0	76,5	76,8	3911
4	79,8	79,4	79,6	4159
5	77,3	79,0	78,2	3843
6	80,0	79,9	80,0	3751

*Tabla 87: Tiempo y Velocidad de propagación de Onda. R: 250 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 7 días.*

Resistencia a compresión en probetas de concreto:

Probeta	Carga (kg)			$\sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Carga	Promedio	40% Carga	
2	33600	33067	13000	192
3	32600			187
6	33000			186
Promedio				188

*Tabla 88: Resistencia promedio. R: 250 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 7 días.*

Curvas del Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto:

Probeta 1:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,66	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,50E-05	3,00E-05	2,50E-05	2,70E-05	1,40E-05
11,33	1,50E-05	0,00E+00	1,50E-05	1,00E-05	5,00E-05	6,50E-05	5,00E-05	5,50E-05	3,30E-05
16,99	3,00E-05	1,50E-05	2,50E-05	2,30E-05	8,00E-05	8,50E-05	7,50E-05	8,00E-05	5,20E-05
22,66	4,50E-05	3,00E-05	3,00E-05	3,50E-05	1,05E-04	1,15E-04	1,05E-04	1,08E-04	7,20E-05
28,32	6,00E-05	4,50E-05	6,50E-05	5,70E-05	1,30E-04	1,45E-04	1,35E-04	1,37E-04	9,70E-05
33,98	8,00E-05	6,50E-05	8,50E-05	7,70E-05	1,60E-04	1,75E-04	1,65E-04	1,67E-04	1,22E-04
39,65	1,00E-04	8,50E-05	1,10E-04	9,80E-05	1,90E-04	1,95E-04	1,95E-04	1,93E-04	1,46E-04
45,31	1,20E-04	1,10E-04	1,25E-04	1,18E-04	2,20E-04	2,35E-04	2,30E-04	2,28E-04	1,73E-04
50,97	1,35E-04	1,25E-04	1,45E-04	1,35E-04	2,50E-04	2,60E-04	2,60E-04	2,57E-04	1,96E-04
56,64	1,55E-04	1,40E-04	1,60E-04	1,52E-04	2,85E-04	2,90E-04	2,85E-04	2,87E-04	2,19E-04
62,30	1,80E-04	1,60E-04	1,85E-04	1,75E-04	3,15E-04	3,20E-04	3,20E-04	3,18E-04	2,46E-04
67,97	2,05E-04	1,85E-04	2,15E-04	2,02E-04	3,50E-04	3,60E-04	3,55E-04	3,55E-04	2,79E-04
73,63	2,30E-04	2,10E-04	2,30E-04	2,23E-04	3,90E-04	3,90E-04	3,85E-04	3,88E-04	3,06E-04

Tabla 89: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 250 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 7 días, Probeta 1.

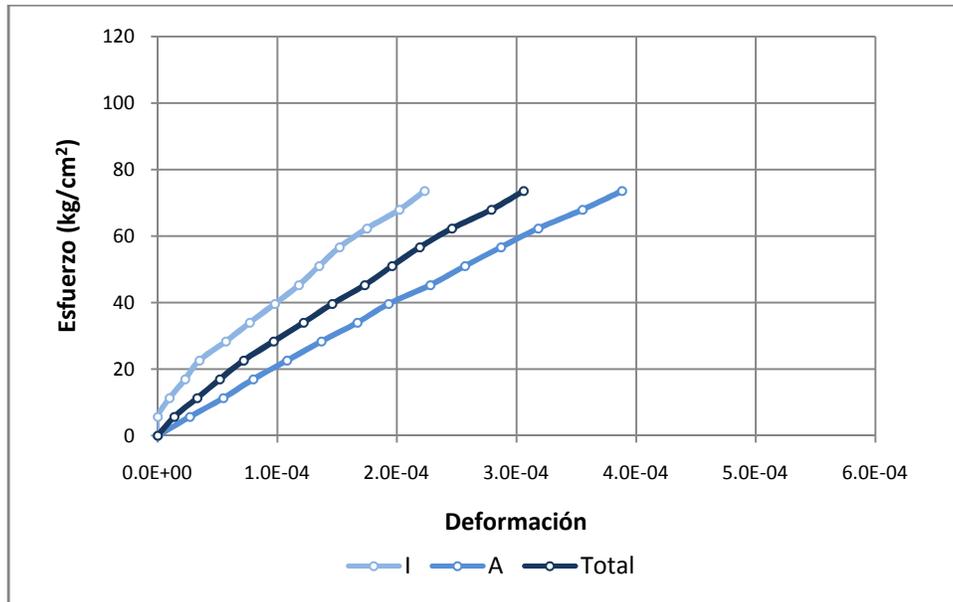


Gráfico 100: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 7 días, probeta 1.

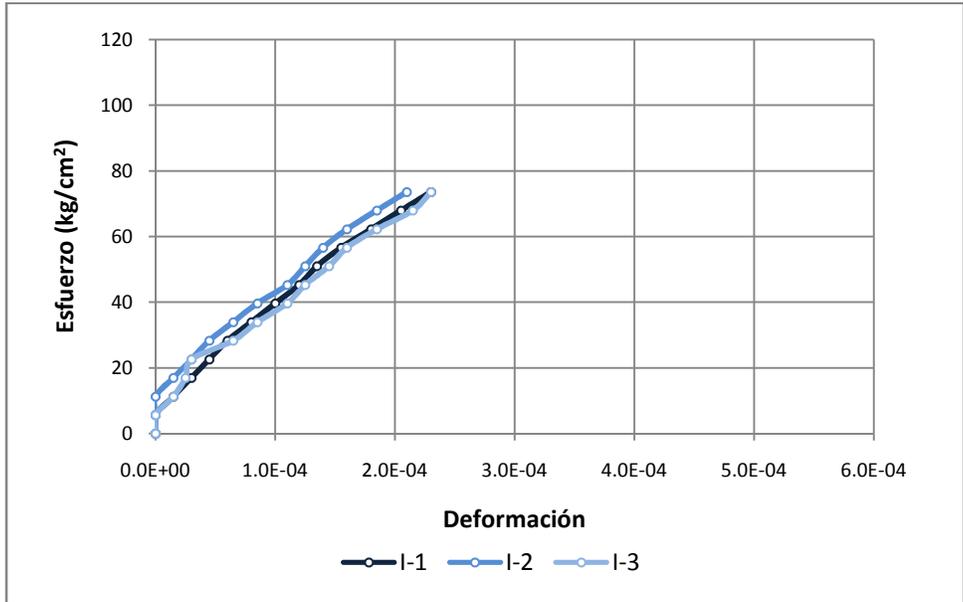


Gráfico 55: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 1.

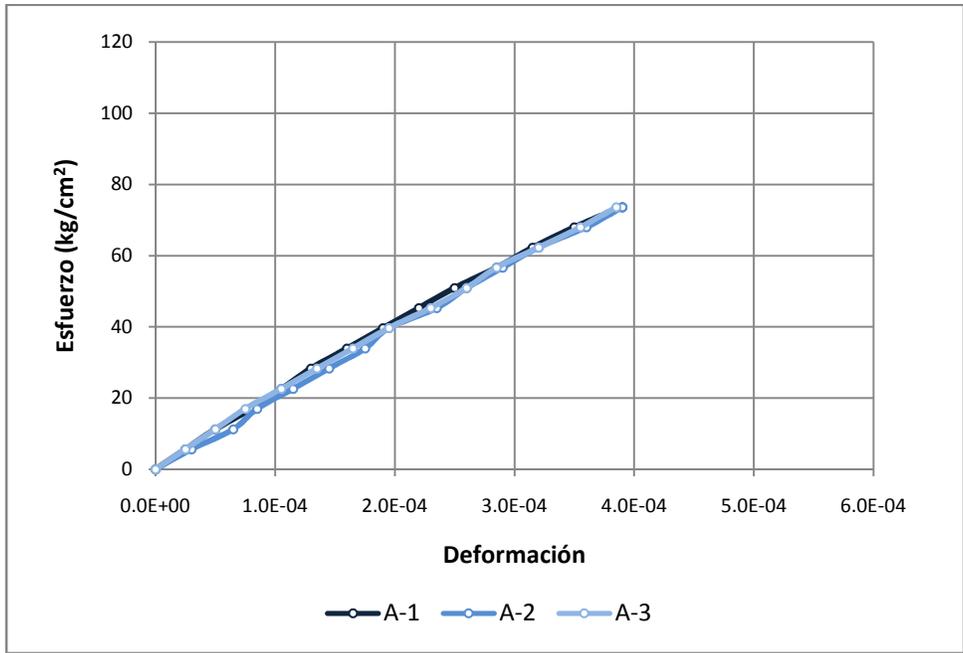


Gráfico 102: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 1.

Probeta 4:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,65	1,50E-05	0,00E+00	1,50E-05	1,00E-05	1,50E-05	1,00E-05	1,50E-05	1,30E-05	1,20E-05
11,30	3,50E-05	1,50E-05	4,00E-05	3,00E-05	4,00E-05	3,00E-05	3,50E-05	3,50E-05	3,30E-05
16,95	6,50E-05	3,00E-05	6,50E-05	5,30E-05	6,50E-05	5,00E-05	6,00E-05	5,80E-05	5,60E-05
22,60	8,50E-05	6,50E-05	9,00E-05	8,00E-05	9,50E-05	9,00E-05	9,00E-05	9,20E-05	8,60E-05
28,24	1,10E-04	9,50E-05	1,15E-04	1,07E-04	1,25E-04	1,20E-04	1,20E-04	1,22E-04	1,15E-04
33,89	1,40E-04	1,10E-04	1,45E-04	1,32E-04	1,55E-04	1,45E-04	1,45E-04	1,48E-04	1,40E-04
39,54	1,65E-04	1,45E-04	1,65E-04	1,58E-04	1,85E-04	1,75E-04	1,80E-04	1,80E-04	1,69E-04
45,19	1,85E-04	1,55E-04	1,95E-04	1,78E-04	2,20E-04	2,05E-04	2,10E-04	2,12E-04	1,95E-04
50,84	2,15E-04	1,85E-04	2,30E-04	2,10E-04	2,45E-04	2,35E-04	2,40E-04	2,40E-04	2,25E-04
56,49	2,45E-04	2,10E-04	2,55E-04	2,37E-04	2,75E-04	2,65E-04	2,70E-04	2,70E-04	2,54E-04
62,14	2,70E-04	2,30E-04	2,75E-04	2,58E-04	3,10E-04	2,95E-04	3,00E-04	3,02E-04	2,80E-04
67,79	3,00E-04	2,65E-04	3,05E-04	2,90E-04	3,40E-04	3,30E-04	3,30E-04	3,33E-04	3,12E-04
73,43	3,30E-04	2,90E-04	3,35E-04	3,18E-04	3,70E-04	3,55E-04	3,60E-04	3,62E-04	3,40E-04

Tabla 90: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 250 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 7 días, Probeta 4.

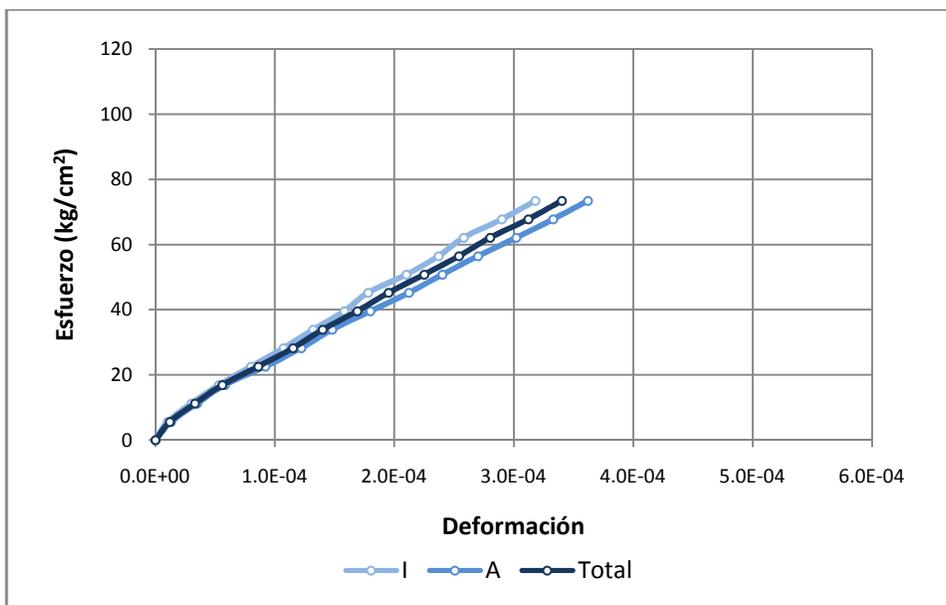


Gráfico 103: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 7 días, probeta 4.

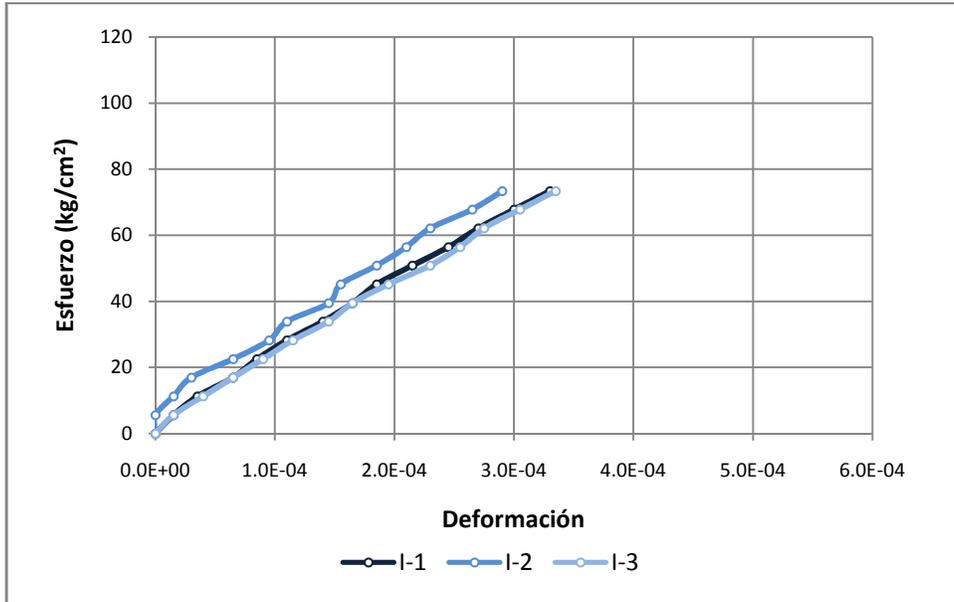


Gráfico 56: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 4.

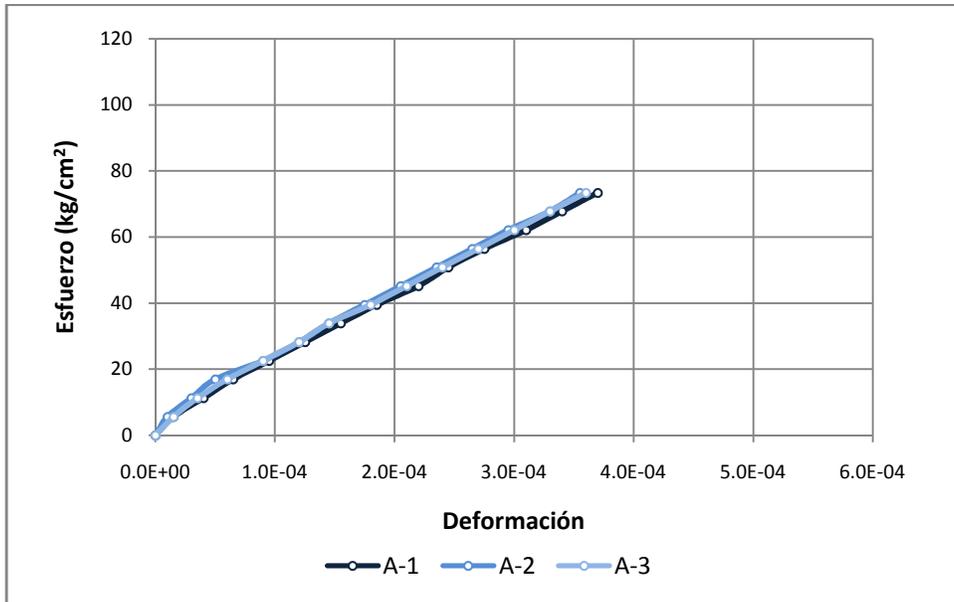


Gráfico 57: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 4.

Probeta 5:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,74	0,00E+00	1,50E-05	1,50E-05	1,00E-05	1,00E-05	2,50E-05	2,50E-05	2,00E-05	1,50E-05
11,48	1,50E-05	4,00E-05	4,00E-05	3,20E-05	3,50E-05	5,50E-05	5,50E-05	4,80E-05	4,00E-05
17,22	4,00E-05	6,00E-05	7,00E-05	5,70E-05	6,50E-05	7,50E-05	7,50E-05	7,20E-05	6,50E-05
22,96	7,00E-05	9,50E-05	1,05E-04	9,00E-05	8,50E-05	1,00E-04	1,05E-04	9,70E-05	9,40E-05
28,70	1,05E-04	1,30E-04	1,45E-04	1,27E-04	1,05E-04	1,25E-04	1,25E-04	1,18E-04	1,23E-04
34,44	1,40E-04	1,65E-04	1,75E-04	1,60E-04	1,30E-04	1,45E-04	1,45E-04	1,40E-04	1,50E-04
40,18	1,75E-04	2,00E-04	2,15E-04	1,97E-04	1,55E-04	1,65E-04	1,65E-04	1,62E-04	1,79E-04
45,92	2,10E-04	2,35E-04	2,50E-04	2,32E-04	1,75E-04	1,80E-04	1,80E-04	1,78E-04	2,05E-04
51,66	2,50E-04	2,70E-04	2,80E-04	2,67E-04	1,85E-04	2,05E-04	2,05E-04	1,98E-04	2,33E-04
57,40	2,80E-04	3,00E-04	3,15E-04	2,98E-04	2,10E-04	2,25E-04	2,25E-04	2,20E-04	2,59E-04
63,14	3,05E-04	3,30E-04	3,50E-04	3,28E-04	2,45E-04	2,50E-04	2,50E-04	2,48E-04	2,88E-04
68,88	3,40E-04	3,60E-04	3,80E-04	3,60E-04	2,75E-04	2,70E-04	2,65E-04	2,70E-04	3,15E-04
74,62	3,75E-04	3,95E-04	4,00E-04	3,90E-04	2,90E-04	2,90E-04	2,90E-04	2,90E-04	3,40E-04

Tabla 91: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 250 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 7 días, Probeta 5.

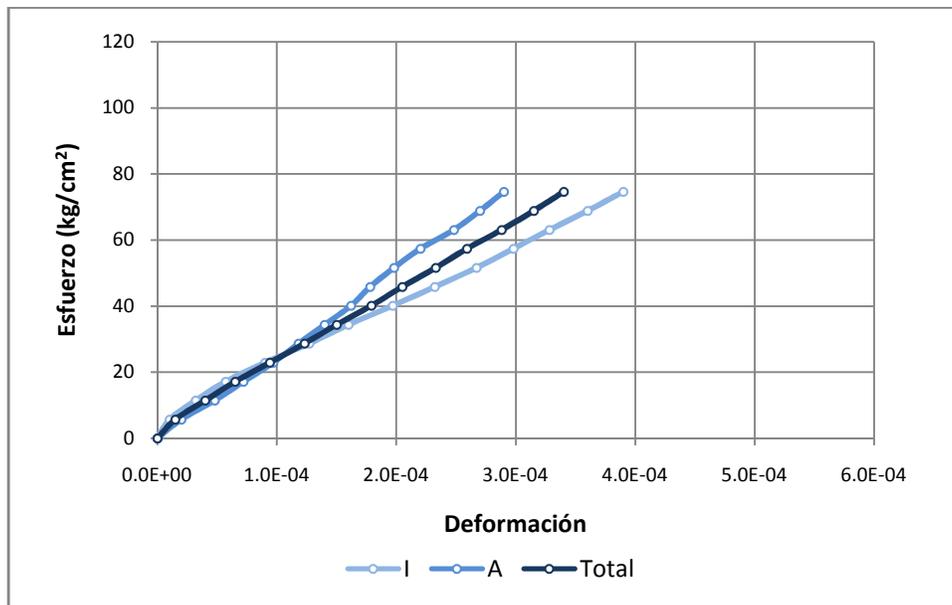


Gráfico 58: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 7 días, probeta 5.

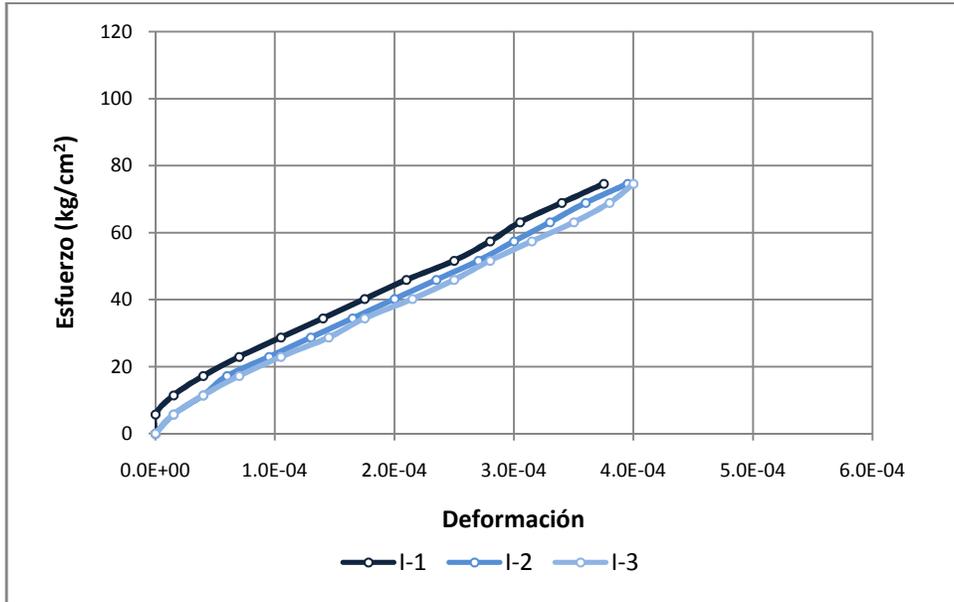


Gráfico 59: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 5.

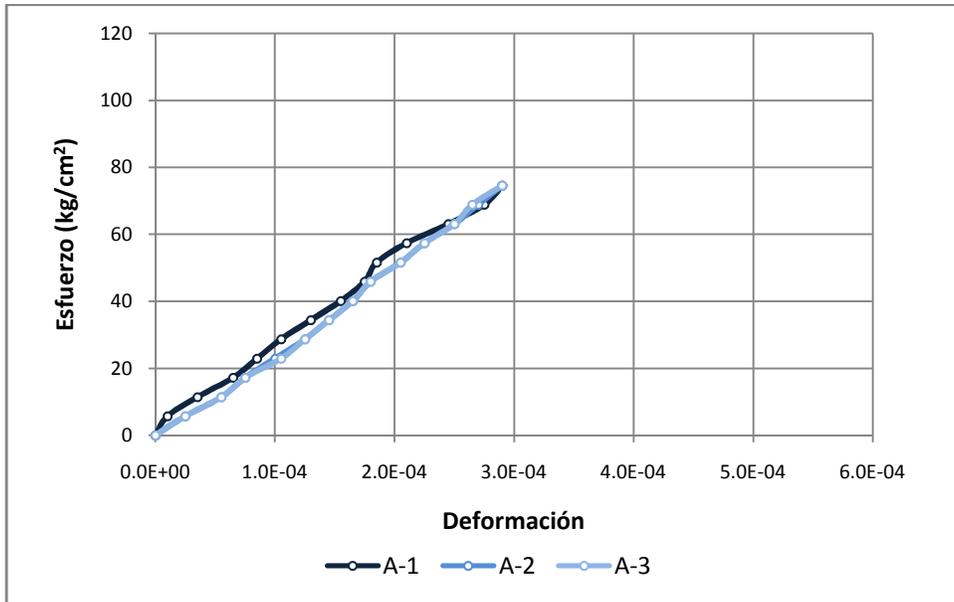


Gráfico 60: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 5.

Resultados de ensayos para determinar el Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto de resistencia 250 kgf/cm<sup>2</sup>.

Fecha de ensayo 2104/2008.

Edad: 14 días.

Dimensiones y peso de las probetas de concreto:

Probeta	Peso (kg)	Altura (cm)				Diámetro (cm)			
		1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
1	12,337	30,18	30,24	30,26	30,23	14,95	14,90	14,88	14,91
2	12,333	30,23	30,28	30,24	30,25	14,93	14,95	14,90	14,93
3	12,309	30,17	30,30	30,23	30,23	15,04	15,05	14,87	14,99
4	12,196	30,05	30,08	30,07	30,07	14,94	14,94	14,90	14,93
5	12,206	29,98	30,00	30,00	29,99	14,93	14,94	14,90	14,92
6	12,200	30,00	29,95	29,90	29,95	14,98	14,97	14,88	14,94

*Tabla 92: Dimensiones y peso de las probetas de concreto, Resistencia: 250 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 14 días.*

Área y Volumen de probetas, y Densidad del concreto:

Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
1	175	5278	2338
2	175	5293	2330
3	176	5333	2308
4	175	5261	2318
5	175	5246	2327
6	175	5253	2323

*Tabla 93: Área, Volumen y Densidad del concreto, Resistencia: 250 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 14 días.*

Velocidad de Propagación de Onda:

Probeta	Ultrasonido			Velocidad
	1	2	Prom.	
1	72,5	72,9	72,7	4158
2	73,5	72,9	73,2	4133
3	75,4	75,6	75,5	4004
4	74,7	74,8	74,8	4022
5	74,4	74,3	74,4	4034
6	74,3	74,7	74,5	4020

**Tabla 94: Tiempo y Velocidad de propagación de Onda. R: 250 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 14 días.**

Resistencia a compresión en probetas de concreto:

Probeta	Carga (kg)			$\sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Carga	Promedio	40% Carga	
1	37600	37933	15000	215
2	38400			219
3	37800			214
Promedio				216

**Tabla 95: Resistencia promedio. R: 250 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 14 días.**

Curvas del Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto:

Probeta 4:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,71	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,00E-05	1,50E-05	1,50E-05	2,00E-05	1,00E-05
11,43	2,50E-05	2,50E-05	3,00E-05	2,70E-05	4,50E-05	3,50E-05	2,50E-05	3,50E-05	3,10E-05
17,14	6,50E-05	5,50E-05	6,00E-05	6,00E-05	6,00E-05	5,00E-05	4,00E-05	5,00E-05	5,50E-05
22,86	9,00E-05	8,50E-05	8,50E-05	8,70E-05	7,50E-05	6,50E-05	5,50E-05	6,50E-05	7,60E-05
28,57	1,20E-04	1,15E-04	1,15E-04	1,17E-04	9,50E-05	9,00E-05	8,50E-05	9,00E-05	1,04E-04
34,29	1,55E-04	1,45E-04	1,50E-04	1,50E-04	1,10E-04	1,25E-04	1,20E-04	1,18E-04	1,34E-04
40,00	1,80E-04	1,70E-04	1,70E-04	1,73E-04	1,45E-04	1,50E-04	1,35E-04	1,43E-04	1,58E-04
45,72	2,05E-04	1,95E-04	2,00E-04	2,00E-04	1,75E-04	1,65E-04	1,55E-04	1,65E-04	1,83E-04
51,43	2,35E-04	2,30E-04	2,30E-04	2,32E-04	1,95E-04	1,90E-04	1,85E-04	1,90E-04	2,11E-04
57,15	2,70E-04	2,60E-04	2,60E-04	2,63E-04	2,15E-04	2,20E-04	2,10E-04	2,15E-04	2,39E-04
62,86	2,95E-04	2,80E-04	2,90E-04	2,88E-04	2,45E-04	2,40E-04	2,30E-04	2,38E-04	2,63E-04
68,57	3,25E-04	3,10E-04	3,20E-04	3,18E-04	2,65E-04	2,60E-04	2,45E-04	2,57E-04	2,88E-04
74,29	3,55E-04	3,45E-04	3,50E-04	3,50E-04	2,85E-04	2,75E-04	2,65E-04	2,75E-04	3,12E-04
80,00	3,85E-04	3,75E-04	3,75E-04	3,78E-04	3,05E-04	2,95E-04	2,85E-04	2,95E-04	3,37E-04
85,72	4,15E-04	4,10E-04	4,15E-04	4,13E-04	3,25E-04	3,15E-04	3,10E-04	3,17E-04	3,65E-04

Tabla 96: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 250 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 14 días, Probeta 4.

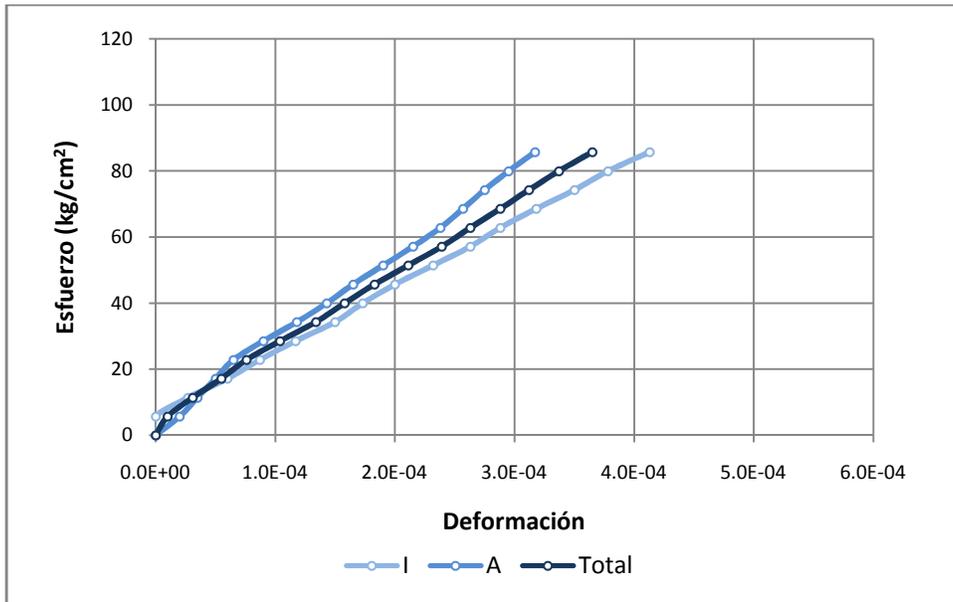


Gráfico 61: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 14 días, probeta 4.

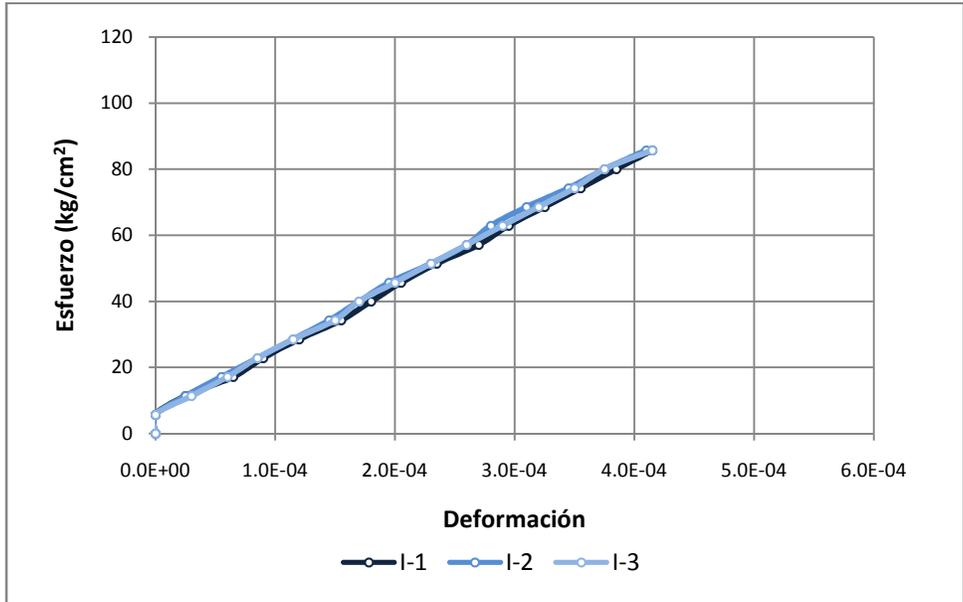


Gráfico 62: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 4.

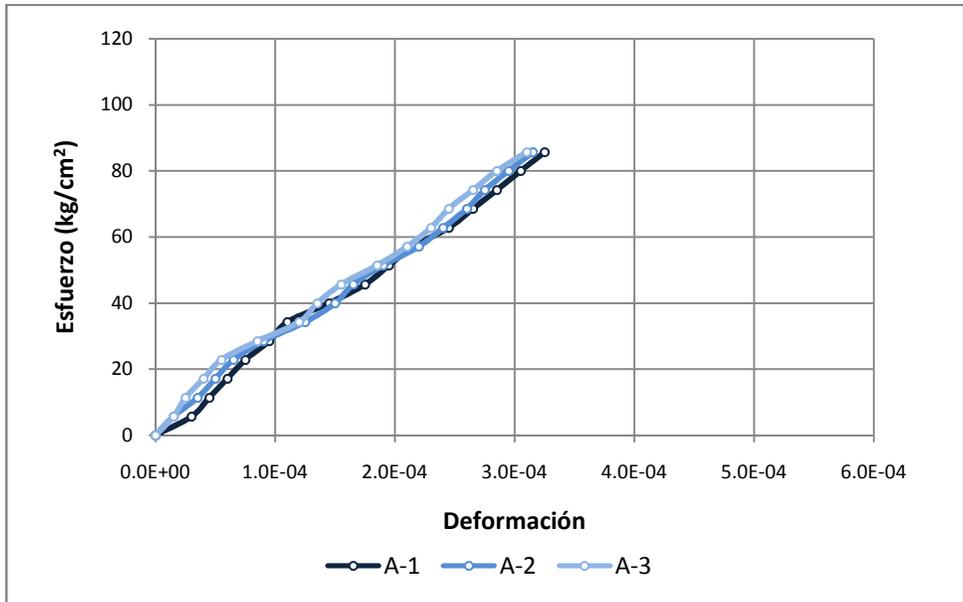


Gráfico 63: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 4.

Probeta 5:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,72	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,50E-05	4,50E-05	1,00E-05	3,30E-05	1,70E-05
11,43	5,00E-06	2,00E-05	2,00E-05	1,50E-05	8,00E-05	7,50E-05	3,50E-05	6,30E-05	3,90E-05
17,15	2,50E-05	5,00E-05	4,50E-05	4,00E-05	1,05E-04	9,50E-05	5,50E-05	8,50E-05	6,30E-05
22,87	5,50E-05	7,50E-05	7,50E-05	6,80E-05	1,30E-04	1,20E-04	7,50E-05	1,08E-04	8,80E-05
28,59	8,00E-05	1,05E-04	1,05E-04	9,70E-05	1,55E-04	1,50E-04	1,05E-04	1,37E-04	1,17E-04
34,30	1,15E-04	1,35E-04	1,45E-04	1,32E-04	1,85E-04	1,75E-04	1,15E-04	1,58E-04	1,45E-04
40,02	1,55E-04	1,70E-04	1,80E-04	1,68E-04	2,10E-04	2,00E-04	1,50E-04	1,87E-04	1,77E-04
45,74	1,85E-04	2,10E-04	2,15E-04	2,03E-04	2,30E-04	2,25E-04	1,80E-04	2,12E-04	2,08E-04
51,45	2,25E-04	2,45E-04	2,55E-04	2,42E-04	2,50E-04	2,45E-04	2,05E-04	2,33E-04	2,38E-04
57,17	2,60E-04	2,70E-04	2,90E-04	2,73E-04	2,75E-04	2,70E-04	2,25E-04	2,57E-04	2,65E-04
62,89	2,95E-04	3,10E-04	3,30E-04	3,12E-04	2,95E-04	2,90E-04	2,65E-04	2,83E-04	2,98E-04
68,61	3,35E-04	3,50E-04	3,65E-04	3,50E-04	3,15E-04	3,05E-04	2,90E-04	3,03E-04	3,27E-04
74,32	3,65E-04	3,75E-04	3,90E-04	3,77E-04	3,40E-04	3,30E-04	3,05E-04	3,25E-04	3,51E-04
80,04	4,00E-04	4,10E-04	4,10E-04	4,07E-04	3,60E-04	3,50E-04	3,20E-04	3,43E-04	3,75E-04
85,76	4,40E-04	4,45E-04	4,40E-04	4,42E-04	3,85E-04	3,75E-04	3,50E-04	3,70E-04	4,06E-04

Tabla 97: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 250 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 14 días, Probeta 5.

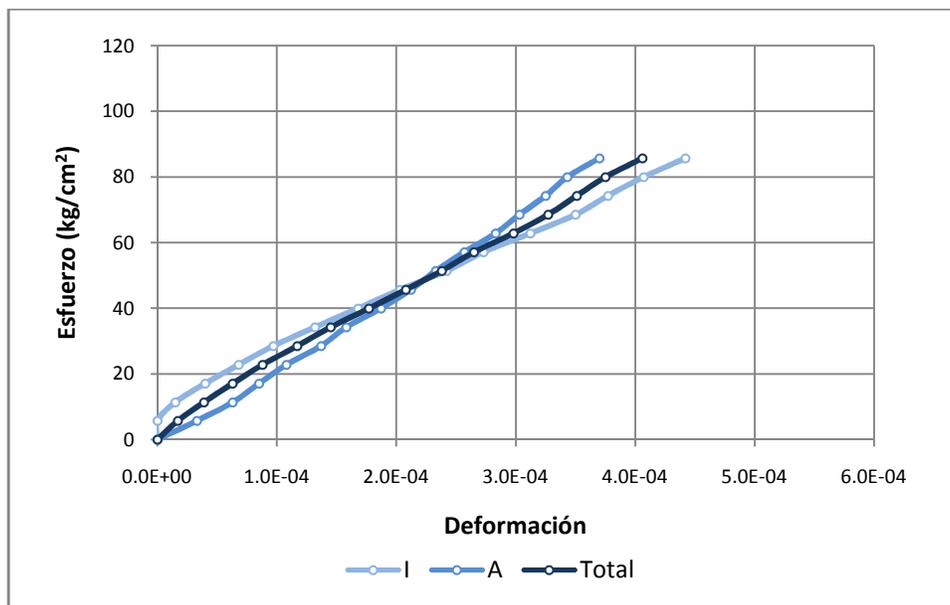


Gráfico 64: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 7 días, probeta 5.

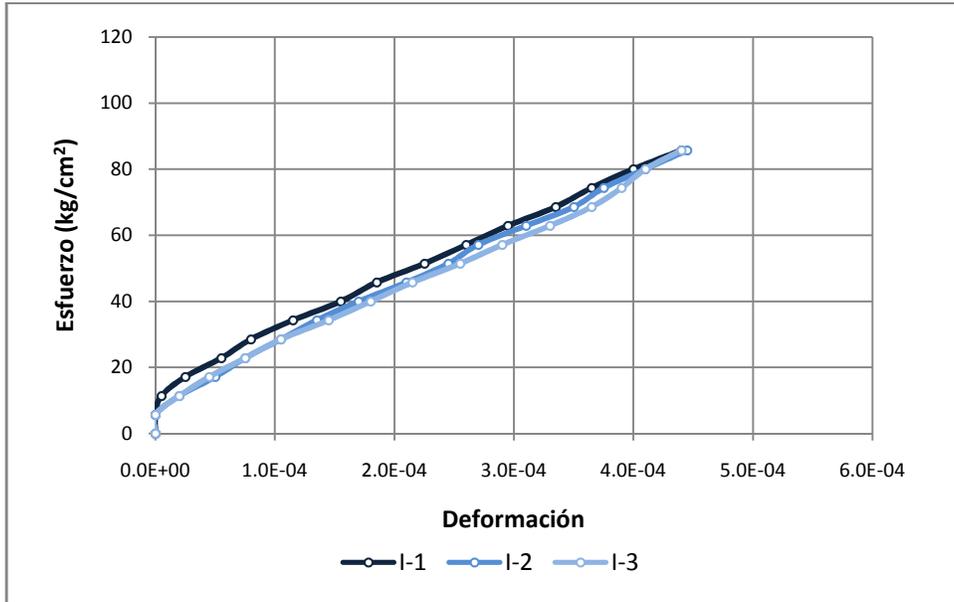


Gráfico 65: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 5.

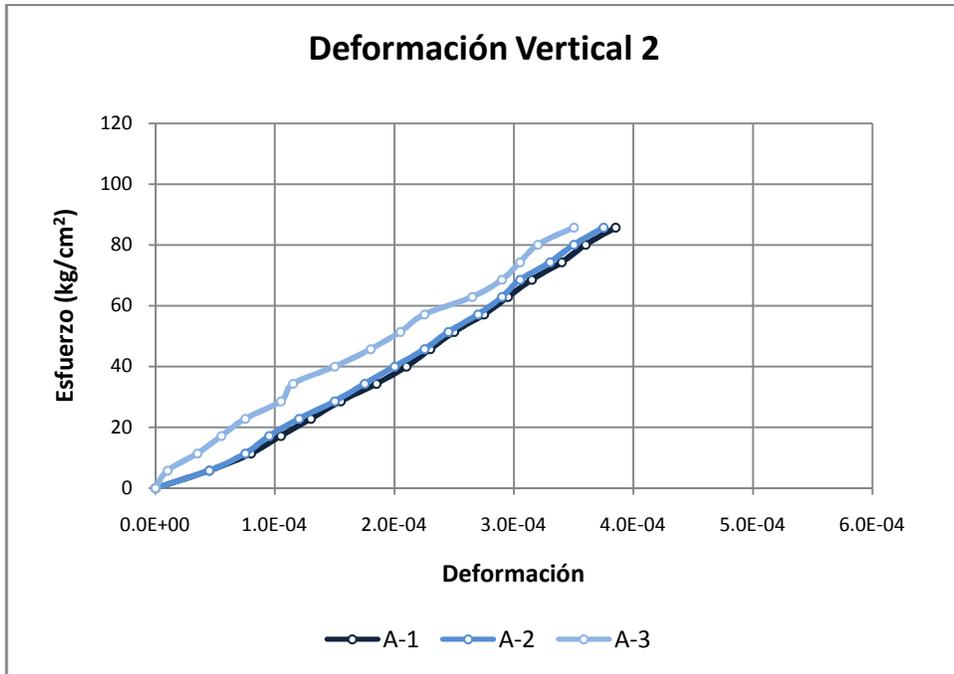


Gráfico 66: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 5.

Probeta 6:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,70	2,00E-05	1,50E-05	1,50E-05	1,70E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,00E-06
11,40	4,50E-05	3,50E-05	3,50E-05	3,80E-05	5,00E-06	1,00E-05	1,00E-05	8,00E-06	2,30E-05
17,11	6,50E-05	5,50E-05	5,50E-05	5,80E-05	1,50E-05	3,00E-05	4,00E-05	2,80E-05	4,30E-05
22,81	8,50E-05	8,00E-05	7,50E-05	8,00E-05	4,00E-05	5,50E-05	6,00E-05	5,20E-05	6,60E-05
28,51	1,05E-04	1,00E-04	1,00E-04	1,02E-04	6,00E-05	7,50E-05	9,00E-05	7,50E-05	8,90E-05
34,21	1,25E-04	1,20E-04	1,20E-04	1,22E-04	8,00E-05	1,10E-04	1,20E-04	1,03E-04	1,13E-04
39,91	1,50E-04	1,50E-04	1,40E-04	1,47E-04	1,20E-04	1,40E-04	1,55E-04	1,38E-04	1,43E-04
45,61	1,75E-04	1,65E-04	1,60E-04	1,67E-04	1,50E-04	1,65E-04	1,75E-04	1,63E-04	1,65E-04
51,32	2,00E-04	1,90E-04	1,85E-04	1,92E-04	1,75E-04	2,00E-04	2,10E-04	1,95E-04	1,94E-04
57,02	2,20E-04	2,10E-04	2,10E-04	2,13E-04	2,05E-04	2,35E-04	2,40E-04	2,27E-04	2,20E-04
62,72	2,35E-04	2,25E-04	2,20E-04	2,27E-04	2,40E-04	2,60E-04	2,65E-04	2,55E-04	2,41E-04
68,42	2,60E-04	2,50E-04	2,50E-04	2,53E-04	2,70E-04	2,90E-04	3,00E-04	2,87E-04	2,70E-04
74,12	2,80E-04	2,75E-04	2,75E-04	2,77E-04	3,00E-04	3,20E-04	3,30E-04	3,17E-04	2,97E-04
79,83	3,00E-04	2,95E-04	2,95E-04	2,97E-04	3,35E-04	3,50E-04	3,60E-04	3,48E-04	3,23E-04
85,53	3,15E-04	3,15E-04	3,15E-04	3,15E-04	3,65E-04	3,80E-04	3,90E-04	3,78E-04	3,47E-04

Tabla 98: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 250 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 14 días, Probeta 6.

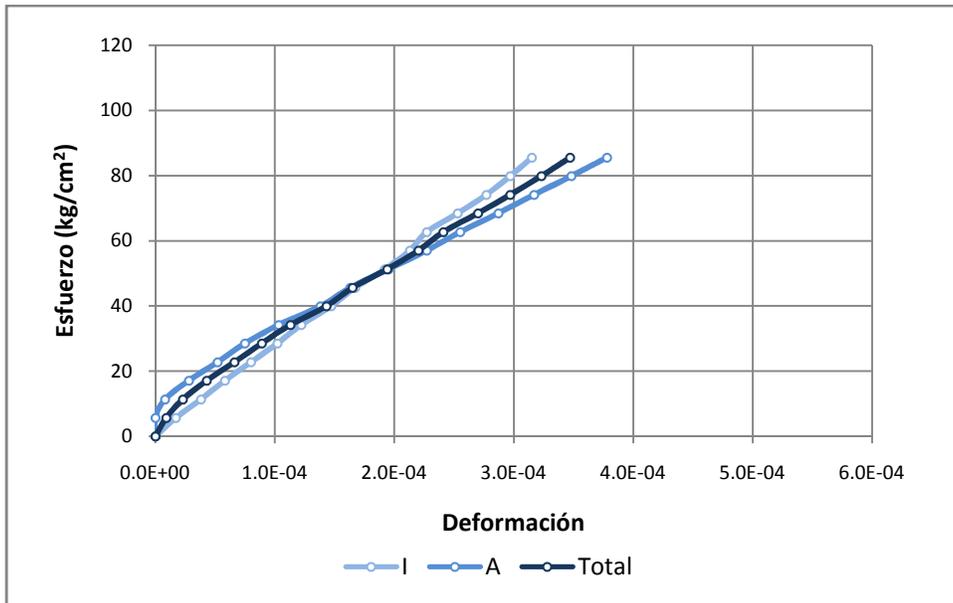


Gráfico 67: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 14 días, probeta 6.

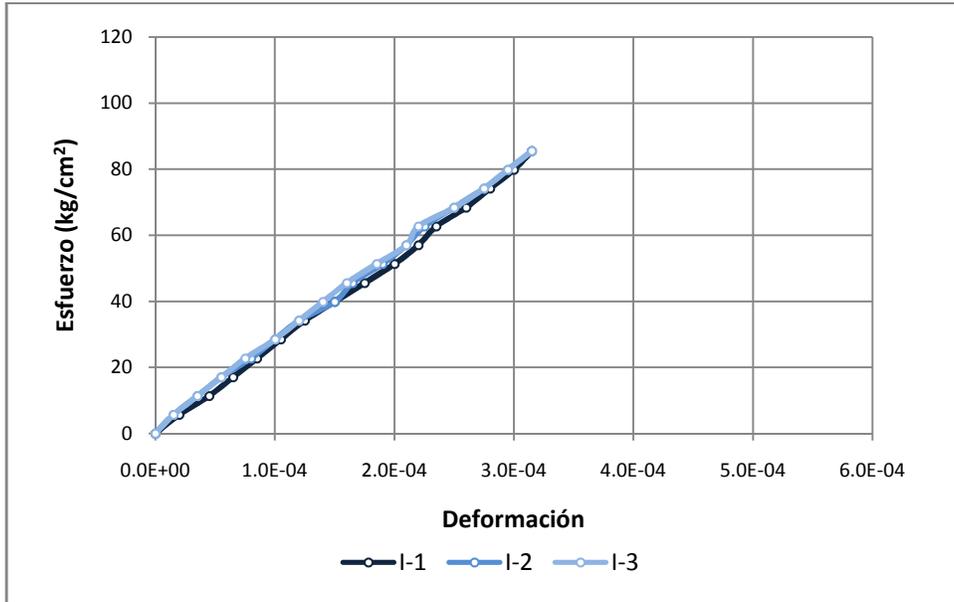


Gráfico 68: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 6.

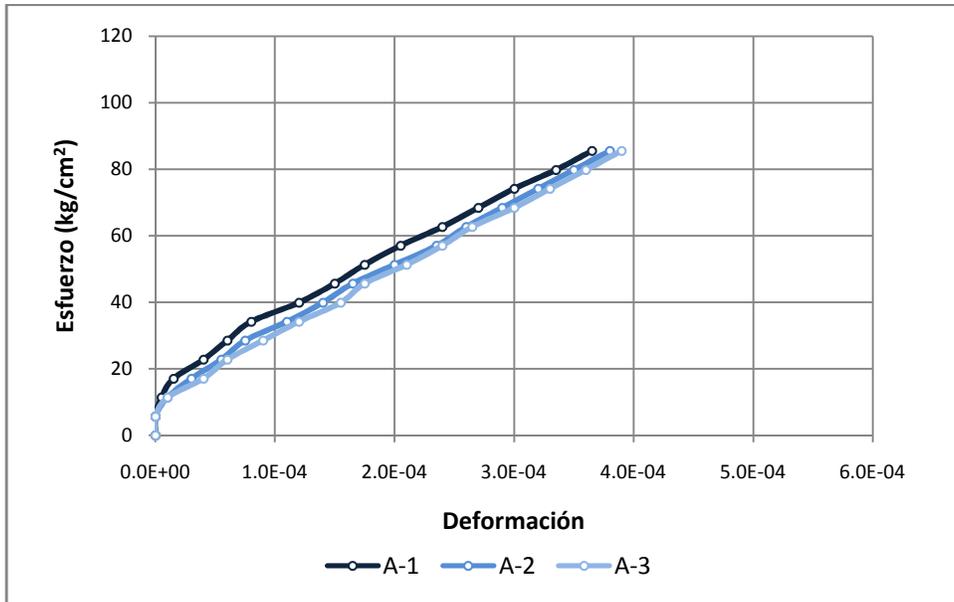


Gráfico 69: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 6.

Resultados de ensayos para determinar el Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto de resistencia 250 kgf/cm<sup>2</sup>.

Fecha de ensayo: 28/04/2008.

Edad: 21 días.

Dimensiones y peso de las probetas de concreto:

Probeta	Peso (kg)	Altura (cm)				Diámetro (cm)			
		1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
1	12,100	30,14	30,20	30,25	30,20	14,85	14,83	14,93	14,87
2	12,200	30,00	30,05	30,00	30,02	15,00	14,96	14,98	14,98
3	12,200	30,10	30,10	30,17	30,12	14,97	14,99	14,95	14,97
4	12,200	30,20	30,18	30,14	30,17	14,90	14,98	14,94	14,94
5	12,200	30,20	30,18	30,10	30,16	14,89	14,90	14,90	14,90
6	12,200	30,00	30,00	30,05	30,02	14,85	15,10	15,00	14,98

Tabla 99: Dimensiones y peso de las probetas de concreto, Resistencia: 250 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 21 días.

Área y Volumen de probetas, y Densidad del concreto:

Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
1	174	5244	2307
2	176	5290	2306
3	176	5302	2301
4	175	5289	2306
5	174	5257	2321
6	176	5293	2305

Tabla 100: Área, Volumen y Densidad del concreto, Resistencia: 250 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 21 días.

Velocidad de Propagación de Onda:

Probeta	Ultrasonido			Velocidad
	1	2	Prom.	
1	77,8	77,8	77,8	3881
2	76,1	76,3	76,2	3939
3	75,3	75,6	75,5	3992
4	75,4	75,8	75,6	3991
5	78,0	77,6	77,8	3877
6	75,2	75,3	75,3	3989

**Tabla 101: Tiempo y Velocidad de propagación de Onda. R: 250 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 21 días.**

Resistencia a compresión en probetas de concreto:

Probeta	Carga (kg)			$\sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Carga	Promedio	40% Carga	
6	42400	42400	17000	240
5	41600			239
1	43200			249
Promedio			243	

**Tabla 102: Resistencia promedio. R: 250 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 21 días.**

Curvas del Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto:

Probeta 2:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,67	2,50E-05	1,50E-05	2,50E-05	2,20E-05	4,50E-05	1,50E-05	1,00E-05	2,30E-05	2,30E-05
11,35	4,00E-05	3,00E-05	4,00E-05	3,70E-05	7,00E-05	3,00E-05	2,50E-05	4,20E-05	4,00E-05
17,02	5,50E-05	5,00E-05	5,00E-05	5,20E-05	8,00E-05	5,00E-05	5,00E-05	6,00E-05	5,60E-05
22,70	7,00E-05	6,50E-05	6,50E-05	6,70E-05	9,00E-05	6,50E-05	6,50E-05	7,30E-05	7,00E-05
28,37	9,50E-05	8,50E-05	9,00E-05	9,00E-05	1,15E-04	1,00E-04	9,50E-05	1,03E-04	9,60E-05
34,04	1,05E-04	1,10E-04	1,10E-04	1,08E-04	1,40E-04	1,20E-04	1,20E-04	1,27E-04	1,18E-04
39,72	1,25E-04	1,35E-04	1,35E-04	1,32E-04	1,65E-04	1,45E-04	1,45E-04	1,52E-04	1,42E-04
45,39	1,50E-04	1,55E-04	1,50E-04	1,52E-04	1,85E-04	1,65E-04	1,60E-04	1,70E-04	1,61E-04
51,07	1,75E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,75E-04	2,00E-04	1,80E-04	1,80E-04	1,87E-04	1,81E-04
56,74	1,95E-04	2,00E-04	2,00E-04	1,98E-04	2,30E-04	2,10E-04	2,00E-04	2,13E-04	2,06E-04
62,41	2,15E-04	2,25E-04	2,20E-04	2,20E-04	2,50E-04	2,25E-04	2,25E-04	2,33E-04	2,27E-04
68,09	2,35E-04	2,50E-04	2,45E-04	2,43E-04	2,75E-04	2,50E-04	2,45E-04	2,57E-04	2,50E-04
73,76	2,65E-04	2,70E-04	2,75E-04	2,70E-04	2,85E-04	2,65E-04	2,60E-04	2,70E-04	2,70E-04
79,44	2,85E-04	3,00E-04	3,05E-04	2,97E-04	3,05E-04	2,90E-04	2,75E-04	2,90E-04	2,94E-04
85,11	3,15E-04	3,25E-04	3,30E-04	3,23E-04	3,20E-04	3,10E-04	2,90E-04	3,07E-04	3,15E-04
90,78	3,65E-04	3,55E-04	3,55E-04	3,58E-04	3,40E-04	3,40E-04	3,10E-04	3,30E-04	3,44E-04
96,46	3,70E-04	3,90E-04	3,95E-04	3,85E-04	3,60E-04	3,60E-04	3,40E-04	3,53E-04	3,69E-04

Tabla 103: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 250 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 21 días, Probeta 2.

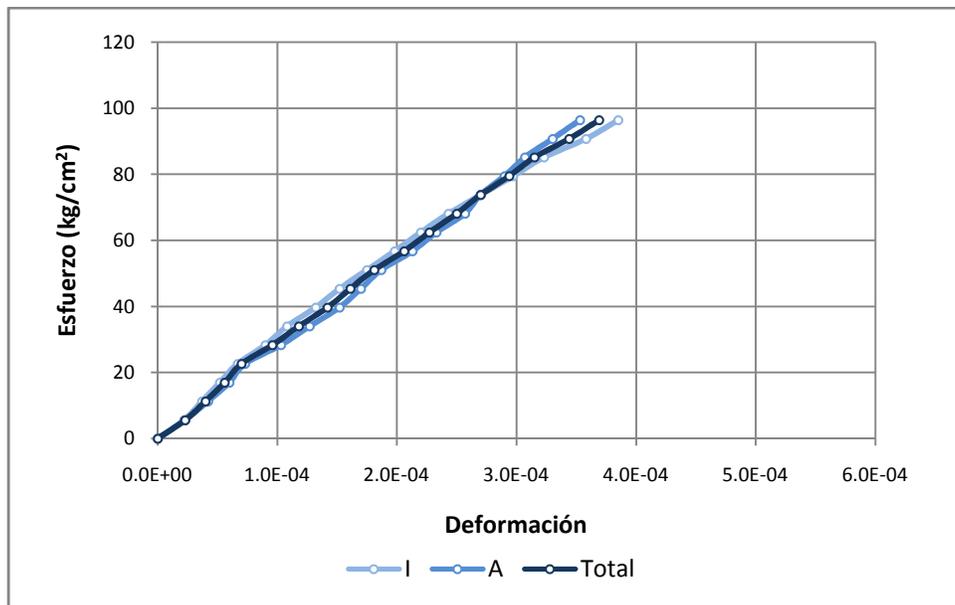


Gráfico 70: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 21 días, probeta 2

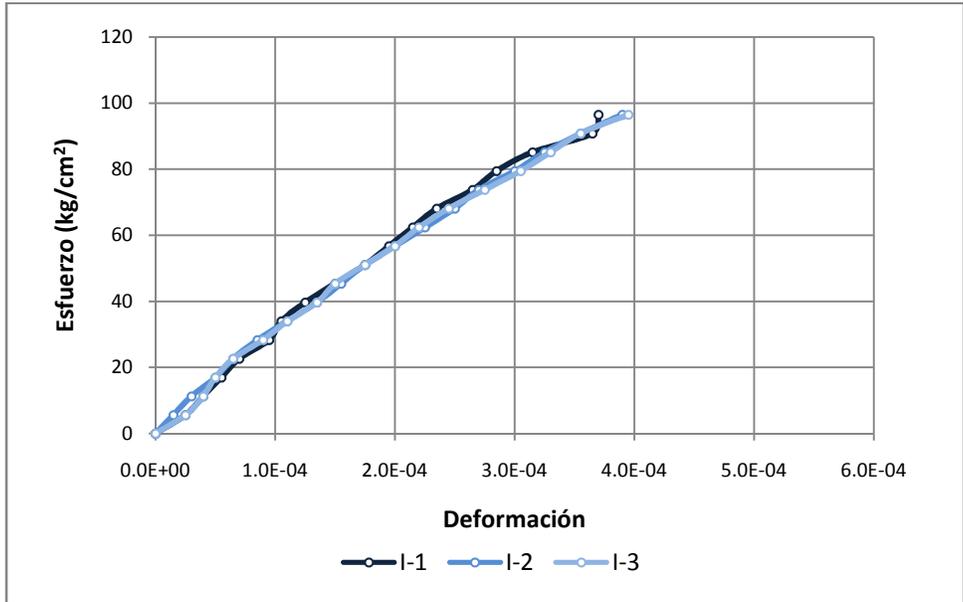


Gráfico 71: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 2.

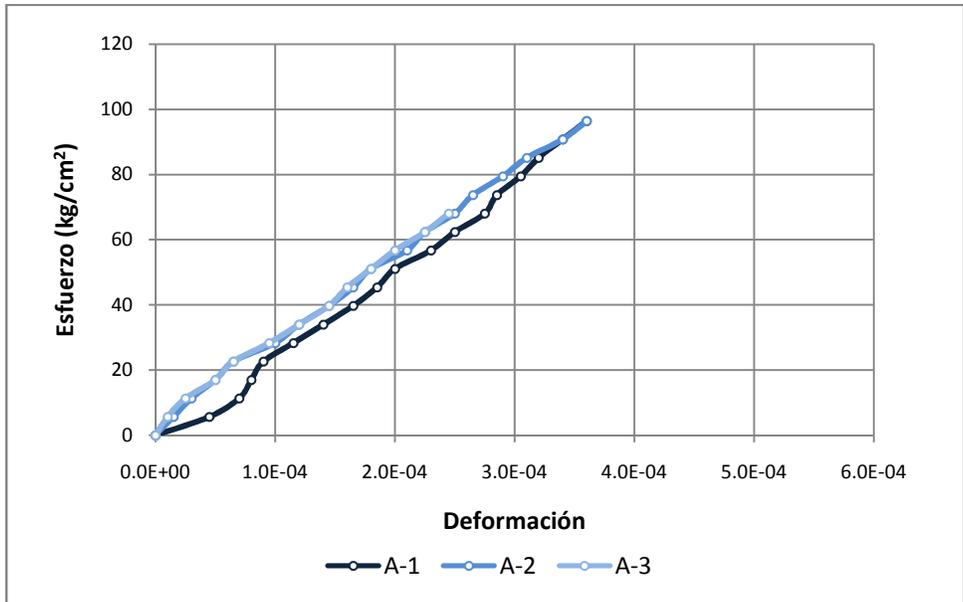


Gráfico 72: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 2.

Probeta 3:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,68	2,00E-05	2,50E-05	3,00E-05	2,50E-05	2,00E-05	2,00E-05	4,50E-05	2,80E-05	2,70E-05
11,36	3,50E-05	5,00E-05	6,00E-05	4,80E-05	6,00E-05	5,00E-05	5,00E-05	5,30E-05	5,10E-05
17,04	6,50E-05	7,00E-05	7,50E-05	7,00E-05	7,00E-05	6,50E-05	6,00E-05	6,50E-05	6,70E-05
22,73	8,50E-05	9,00E-05	9,50E-05	9,00E-05	9,00E-05	9,00E-05	9,00E-05	9,00E-05	9,00E-05
28,41	1,05E-04	1,10E-04	1,20E-04	1,12E-04	1,15E-04	1,10E-04	1,10E-04	1,12E-04	1,12E-04
34,09	1,30E-04	1,35E-04	1,45E-04	1,37E-04	1,30E-04	1,25E-04	1,20E-04	1,25E-04	1,31E-04
39,77	1,60E-04	1,65E-04	1,75E-04	1,67E-04	1,50E-04	1,45E-04	1,45E-04	1,47E-04	1,57E-04
45,45	1,85E-04	1,90E-04	1,95E-04	1,90E-04	1,70E-04	1,70E-04	1,70E-04	1,70E-04	1,80E-04
51,13	2,15E-04	2,15E-04	2,25E-04	2,18E-04	1,90E-04	1,85E-04	1,85E-04	1,87E-04	2,03E-04
56,82	2,35E-04	2,45E-04	2,55E-04	2,45E-04	2,20E-04	2,15E-04	2,10E-04	2,15E-04	2,30E-04
62,50	2,75E-04	2,75E-04	2,90E-04	2,80E-04	2,35E-04	2,35E-04	2,30E-04	2,33E-04	2,57E-04
68,18	3,00E-04	3,00E-04	3,10E-04	3,03E-04	2,60E-04	2,65E-04	2,65E-04	2,63E-04	2,83E-04
73,86	3,25E-04	3,25E-04	3,40E-04	3,30E-04	2,80E-04	2,80E-04	2,80E-04	2,80E-04	3,05E-04
79,54	3,55E-04	3,55E-04	3,70E-04	3,60E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,30E-04
85,22	3,80E-04	3,85E-04	3,90E-04	3,85E-04	3,20E-04	3,25E-04	3,20E-04	3,22E-04	3,54E-04
90,90	4,05E-04	4,10E-04	4,15E-04	4,10E-04	3,40E-04	3,40E-04	3,40E-04	3,40E-04	3,75E-04
96,59	4,40E-04	4,40E-04	4,40E-04	4,40E-04	3,70E-04	3,75E-04	3,75E-04	3,73E-04	4,07E-04

Tabla 104: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 250 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 21 días, Probeta 3.

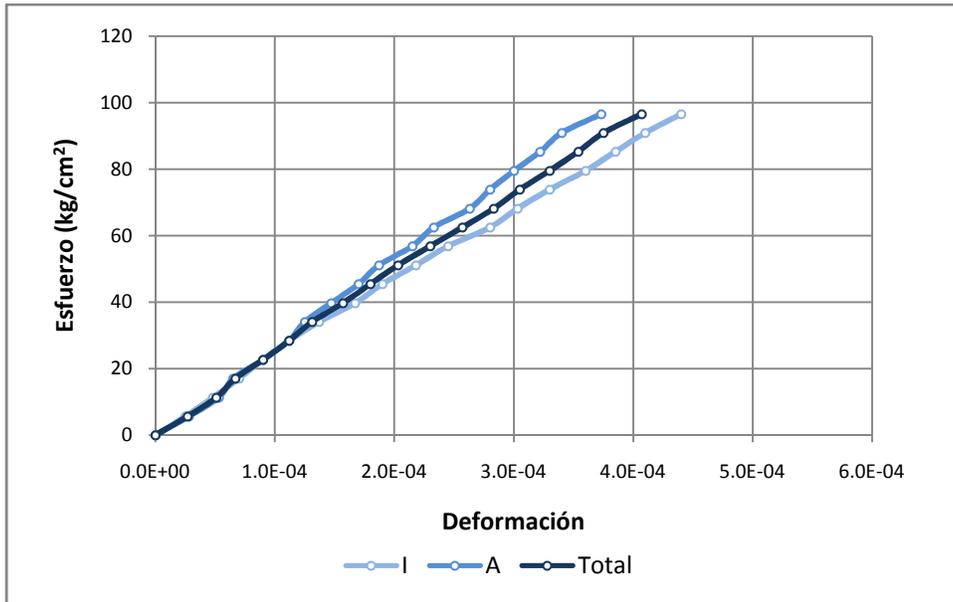


Gráfico 73: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 21 días, probeta 3.

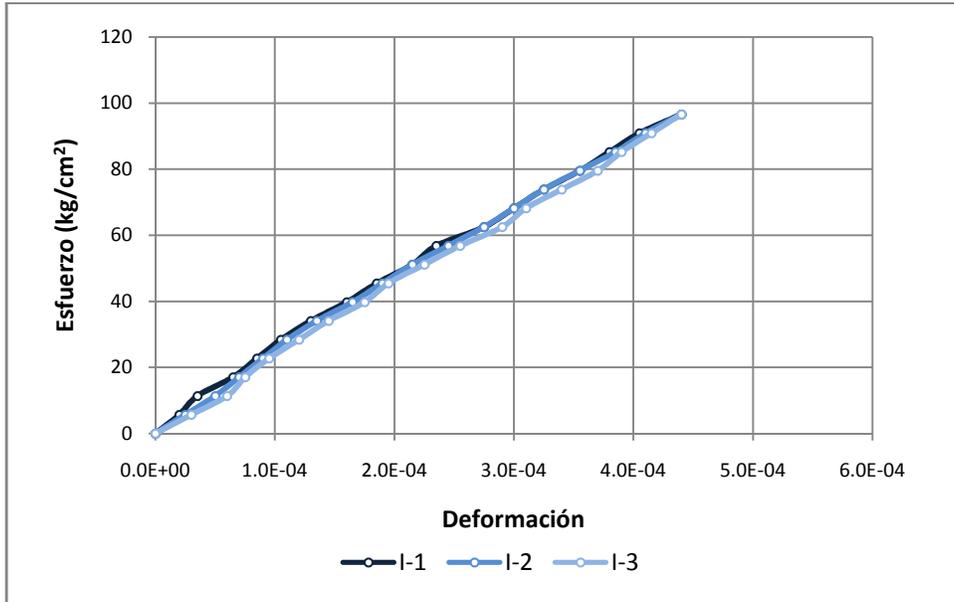


Gráfico 74: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 3.

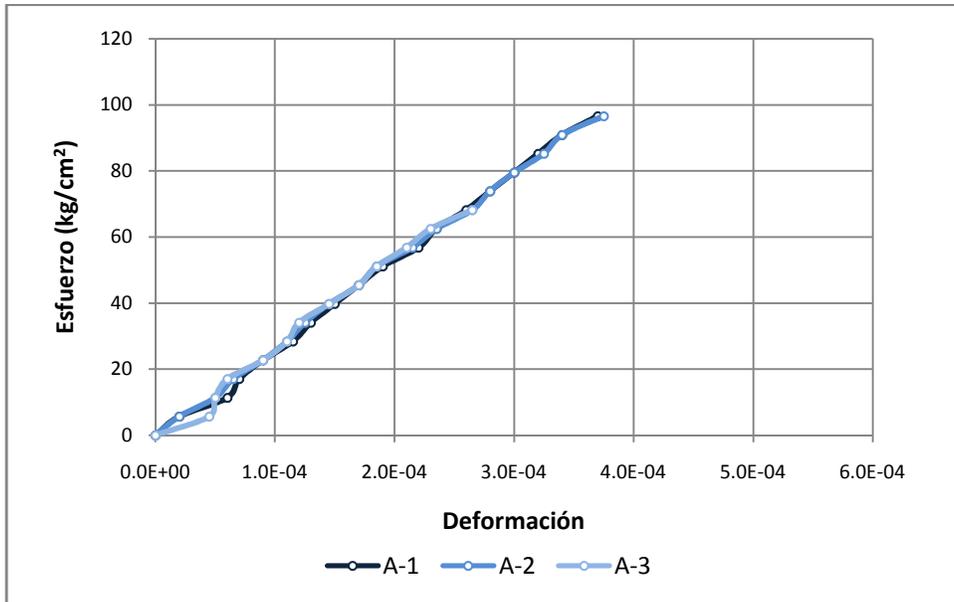


Gráfico 75: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 3.

Probeta 4:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,70	1,50E-05	5,00E-06	1,00E-05	1,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	2,50E-05	2,20E-05	1,60E-05
11,41	3,00E-05	2,00E-05	2,50E-05	2,50E-05	4,00E-05	4,00E-05	4,00E-05	4,00E-05	3,30E-05
17,11	5,50E-05	5,00E-05	5,50E-05	5,30E-05	6,50E-05	6,00E-05	6,50E-05	6,30E-05	5,80E-05
22,82	8,00E-05	7,50E-05	7,50E-05	7,70E-05	9,00E-05	9,00E-05	9,00E-05	9,00E-05	8,40E-05
28,52	1,05E-04	1,00E-04	1,05E-04	1,03E-04	1,10E-04	1,10E-04	1,20E-04	1,13E-04	1,08E-04
34,23	1,25E-04	1,20E-04	1,25E-04	1,23E-04	1,45E-04	1,40E-04	1,40E-04	1,42E-04	1,32E-04
39,93	1,50E-04	1,50E-04	1,60E-04	1,53E-04	1,55E-04	1,60E-04	1,70E-04	1,62E-04	1,58E-04
45,64	1,85E-04	1,80E-04	1,85E-04	1,83E-04	1,85E-04	1,85E-04	1,90E-04	1,87E-04	1,85E-04
51,34	2,10E-04	2,05E-04	2,10E-04	2,08E-04	2,35E-04	2,15E-04	2,20E-04	2,23E-04	2,16E-04
57,04	2,30E-04	2,25E-04	2,25E-04	2,27E-04	2,50E-04	2,40E-04	2,40E-04	2,43E-04	2,35E-04
62,75	2,55E-04	2,50E-04	2,60E-04	2,55E-04	2,70E-04	2,60E-04	2,70E-04	2,67E-04	2,61E-04
68,45	2,80E-04	2,85E-04	2,85E-04	2,83E-04	2,85E-04	2,85E-04	2,90E-04	2,87E-04	2,85E-04
74,16	3,05E-04	3,10E-04	3,10E-04	3,08E-04	3,00E-04	3,20E-04	3,25E-04	3,15E-04	3,12E-04
79,86	3,20E-04	3,25E-04	3,25E-04	3,23E-04	3,40E-04	3,40E-04	3,40E-04	3,40E-04	3,32E-04
85,57	3,40E-04	3,50E-04	3,55E-04	3,48E-04	3,65E-04	3,70E-04	3,75E-04	3,70E-04	3,59E-04
91,27	3,65E-04	3,75E-04	3,75E-04	3,72E-04	4,05E-04	4,00E-04	4,15E-04	4,07E-04	3,90E-04
96,97	3,90E-04	3,95E-04	4,00E-04	3,95E-04	4,40E-04	4,40E-04	4,40E-04	4,40E-04	4,18E-04

Tabla 105: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 250 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 21 días, Probeta 4.

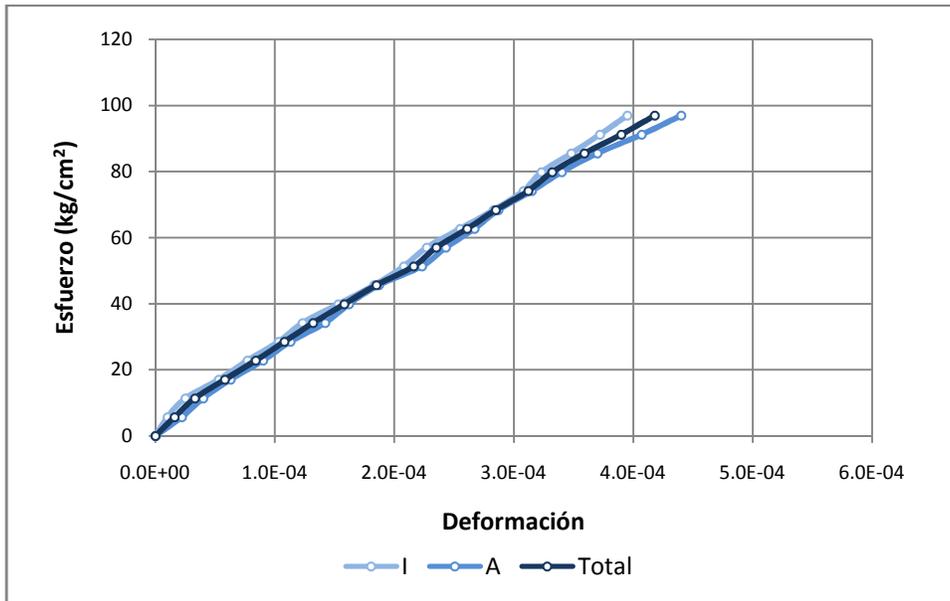


Gráfico 76: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 21 días, probeta 4

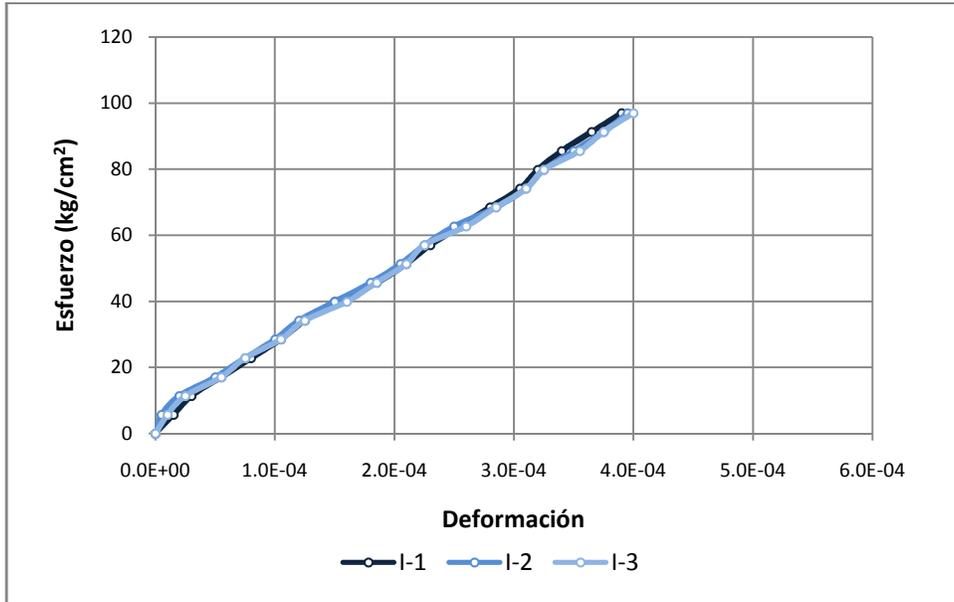


Gráfico 77: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 4.

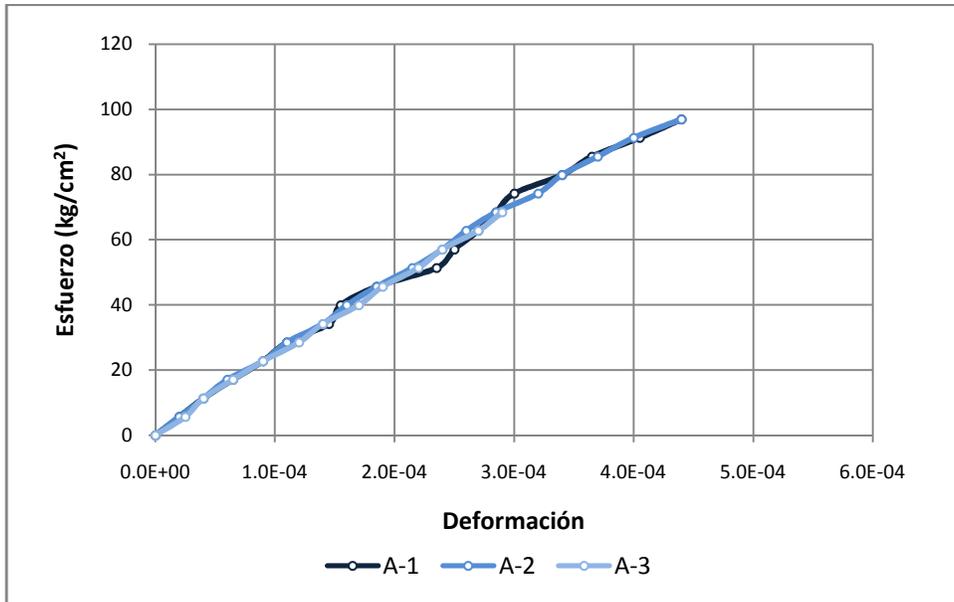


Gráfico 78: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 4.

Resultados de ensayos para determinar el Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto de resistencia 250 kgf/cm<sup>2</sup>.

Fecha de ensayo: 06/05/2008.

Edad: 29 días.

Dimensiones y peso de las probetas de concreto:

Probeta	Peso (kg)	Altura (cm)				Diámetro (cm)			
		1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
1	12,555	30,00	29,99	29,90	29,96	15,00	15,00	15,00	15,00
2	12,295	30,00	30,00	30,09	30,03	15,00	15,00	15,00	15,00
3	12,328	30,20	30,28	30,28	30,25	15,08	15,00	15,00	15,03
4	12,289	30,08	30,08	30,00	30,05	14,98	14,98	14,99	14,98
5	12,204	30,10	30,13	30,08	30,10	14,93	14,92	14,90	14,92
6	12,168	29,79	29,80	29,79	29,79	15,04	15,03	15,02	15,03

Tabla 106: Dimensiones y peso de las probetas de concreto, Resistencia: 250 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 29 días.

Área y Volumen de probetas, y Densidad del concreto:

Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
1	177	5295	2371
2	177	5307	2317
3	177	5365	2298
4	176	5299	2319
5	175	5261	2320
6	177	5286	2302

Tabla 107: Área, Volumen y Densidad del concreto, Resistencia: 250 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 29 días.

Velocidad de Propagación de Onda:

Probeta	Ultrasonido			Velocidad
	1	2	Prom.	
1	77,0	76,9	77,0	3894
2	75,2	75,5	75,4	3985
3	74,4	74,6	74,5	4061
4	77,0	76,9	77,0	3906
5	77,6	77,5	77,6	3882
6	75,0	74,9	75,0	3975

Tabla 108: Tiempo y Velocidad de propagación de Onda. R: 250 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 29 días.

Resistencia a compresión en probetas de concreto:

Probeta	Carga (kg)			$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )
	Carga	Promedio	40% Carga	
2	43000	42467	17000	243
3	41400			233
5	43000			246
Promedio				241

Tabla 109: Resistencia promedio. R: 250 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 29 días.

Curvas del Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto:

Probeta 1:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,66	2,50E-05	2,50E-05	2,50E-05	2,50E-05	2,00E-05	2,00E-05	4,50E-05	2,80E-05	2,70E-05
11,32	4,50E-05	5,00E-05	5,00E-05	4,80E-05	6,00E-05	5,00E-05	5,00E-05	5,30E-05	5,10E-05
16,98	7,00E-05	7,50E-05	7,50E-05	7,30E-05	7,00E-05	6,50E-05	6,00E-05	6,50E-05	6,90E-05
22,64	9,50E-05	9,50E-05	9,50E-05	9,50E-05	9,00E-05	9,00E-05	9,00E-05	9,00E-05	9,30E-05
28,29	1,10E-04	1,15E-04	1,10E-04	1,12E-04	1,15E-04	1,10E-04	1,10E-04	1,12E-04	1,12E-04
33,95	1,30E-04	1,35E-04	1,35E-04	1,33E-04	1,30E-04	1,25E-04	1,20E-04	1,25E-04	1,29E-04
39,61	1,55E-04	1,60E-04	1,60E-04	1,58E-04	1,50E-04	1,45E-04	1,45E-04	1,47E-04	1,53E-04
45,27	1,75E-04	1,85E-04	1,80E-04	1,80E-04	1,70E-04	1,70E-04	1,70E-04	1,70E-04	1,75E-04
50,93	1,95E-04	2,00E-04	1,95E-04	1,97E-04	1,90E-04	1,85E-04	1,85E-04	1,87E-04	1,92E-04
56,59	2,15E-04	2,20E-04	2,20E-04	2,18E-04	2,20E-04	2,15E-04	2,10E-04	2,15E-04	2,17E-04
62,25	2,35E-04	2,45E-04	2,40E-04	2,40E-04	2,35E-04	2,35E-04	2,30E-04	2,33E-04	2,37E-04
67,91	2,60E-04	2,65E-04	2,65E-04	2,63E-04	2,60E-04	2,65E-04	2,65E-04	2,63E-04	2,63E-04
73,56	2,80E-04	2,85E-04	2,85E-04	2,83E-04	2,80E-04	2,80E-04	2,80E-04	2,80E-04	2,81E-04
79,22	3,05E-04	3,05E-04	3,05E-04	3,05E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,03E-04
84,88	3,25E-04	3,35E-04	3,30E-04	3,30E-04	3,20E-04	3,25E-04	3,20E-04	3,22E-04	3,26E-04
90,54	3,50E-04	3,55E-04	3,55E-04	3,53E-04	3,40E-04	3,40E-04	3,40E-04	3,40E-04	3,47E-04
96,20	3,80E-04	3,85E-04	3,80E-04	3,82E-04	3,70E-04	3,75E-04	3,75E-04	3,73E-04	3,78E-04

Tabla 110: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 250 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 29 días, Probeta 1.

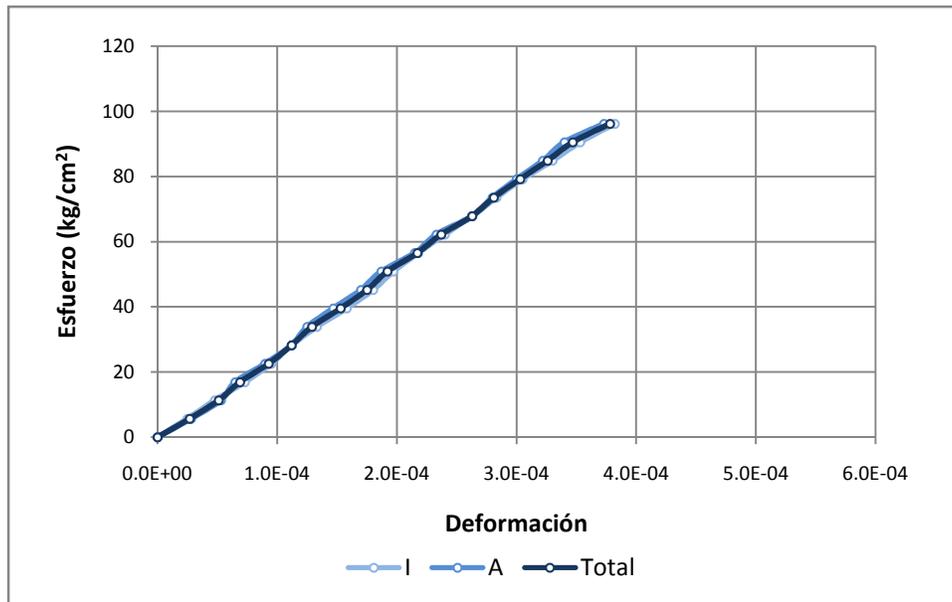


Gráfico 79: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 29 días, probeta 1

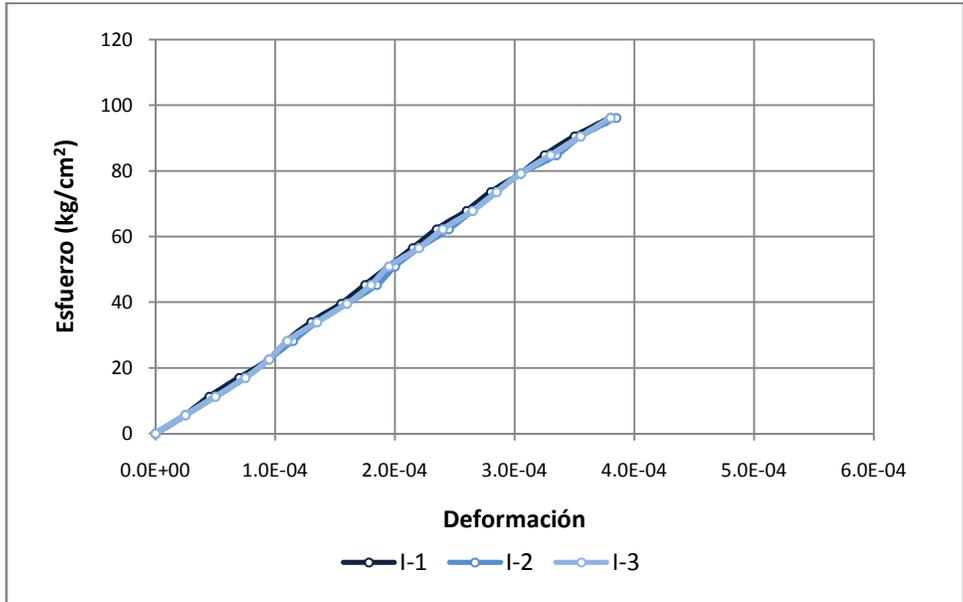


Gráfico 80: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 1.

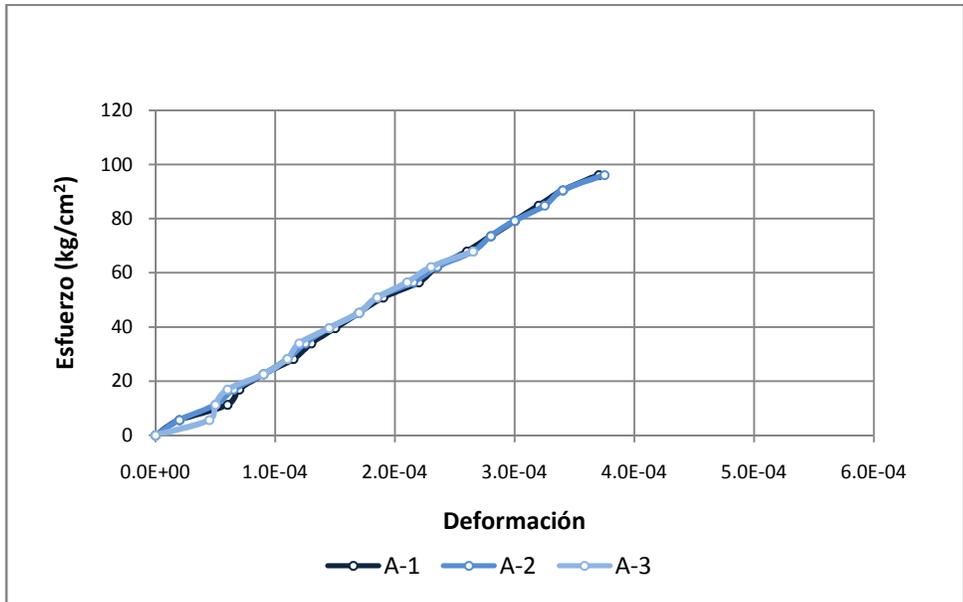


Gráfico 81: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 1.

Probeta 4:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,67	6,00E-05	5,00E-05		3,70E-05	1,00E-05	1,50E-05	2,00E-05	1,50E-05	2,60E-05
11,34	8,50E-05	7,50E-05		5,30E-05	1,00E-05	4,00E-05	6,00E-05	3,70E-05	4,50E-05
17,01	1,00E-04	9,00E-05		6,30E-05	3,50E-05	6,50E-05	8,00E-05	6,00E-05	6,20E-05
22,69	1,35E-04	1,10E-04		8,20E-05	6,50E-05	8,50E-05	1,05E-04	8,50E-05	8,40E-05
28,36	1,50E-04	1,30E-04		9,30E-05	9,50E-05	1,00E-04	1,30E-04	1,08E-04	1,01E-04
34,03	1,60E-04	1,45E-04		1,02E-04	1,15E-04	1,25E-04	1,55E-04	1,32E-04	1,17E-04
39,70	1,80E-04	1,70E-04		1,17E-04	1,45E-04	1,50E-04	1,85E-04	1,60E-04	1,39E-04
45,37	2,00E-04	1,95E-04		1,32E-04	1,70E-04	1,80E-04	2,15E-04	1,88E-04	1,60E-04
51,04	2,30E-04	2,20E-04		1,50E-04	2,00E-04	2,10E-04	2,40E-04	2,17E-04	1,84E-04
56,71	2,55E-04	2,35E-04		1,63E-04	2,20E-04	2,30E-04	2,60E-04	2,37E-04	2,00E-04
62,39	2,70E-04	2,60E-04		1,77E-04	2,45E-04	2,55E-04	2,80E-04	2,60E-04	2,19E-04
68,06	2,95E-04	2,80E-04		1,92E-04	2,75E-04	2,75E-04	3,05E-04	2,85E-04	2,39E-04
73,73	3,25E-04	3,10E-04		2,12E-04	2,95E-04	3,00E-04	3,35E-04	3,10E-04	2,61E-04
79,40	3,50E-04	3,30E-04		2,27E-04	3,20E-04	3,30E-04	3,55E-04	3,35E-04	2,81E-04
85,07	3,65E-04	3,45E-04		2,37E-04	3,50E-04	3,50E-04	3,80E-04	3,60E-04	2,99E-04
90,74	3,90E-04	3,75E-04		2,55E-04	3,80E-04	3,75E-04	3,95E-04	3,83E-04	3,19E-04
96,41	4,10E-04	4,00E-04		2,70E-04	4,10E-04	4,05E-04	4,25E-04	4,13E-04	3,42E-04

Tabla 111: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 250 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 29 días, Probeta 4.

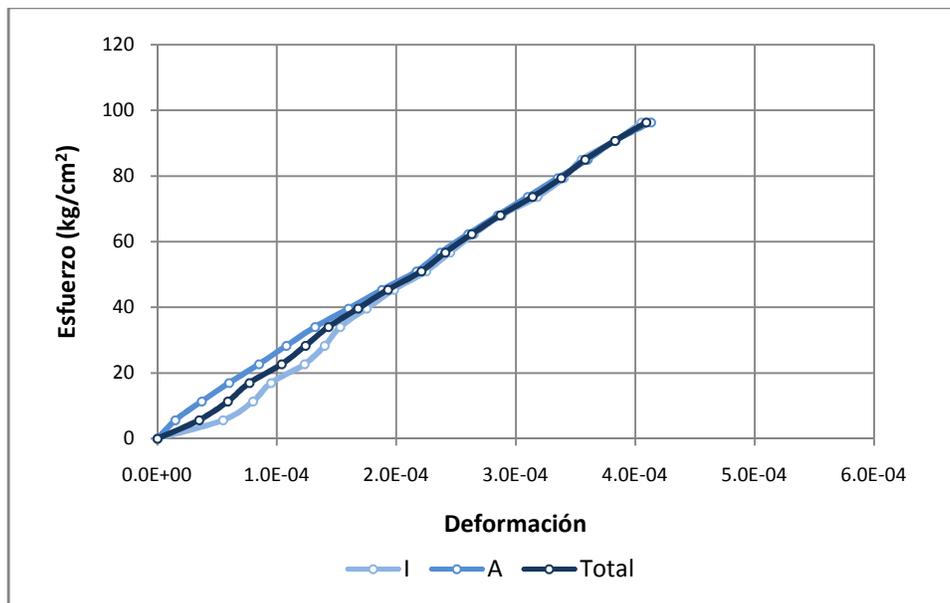


Gráfico 82: curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 29 días, probeta 4

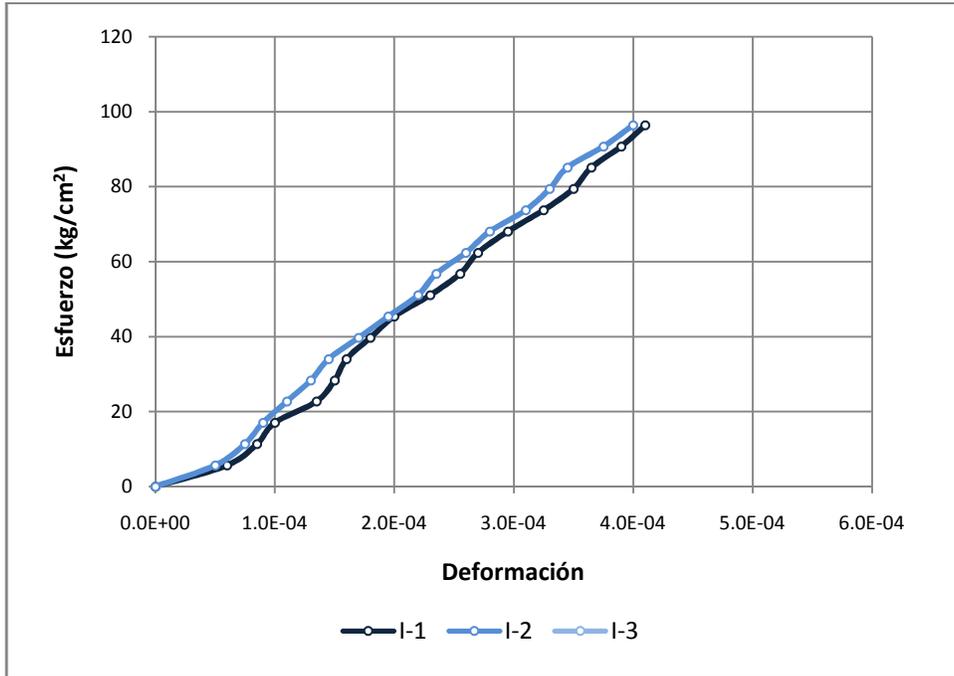


Gráfico 83: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 4.

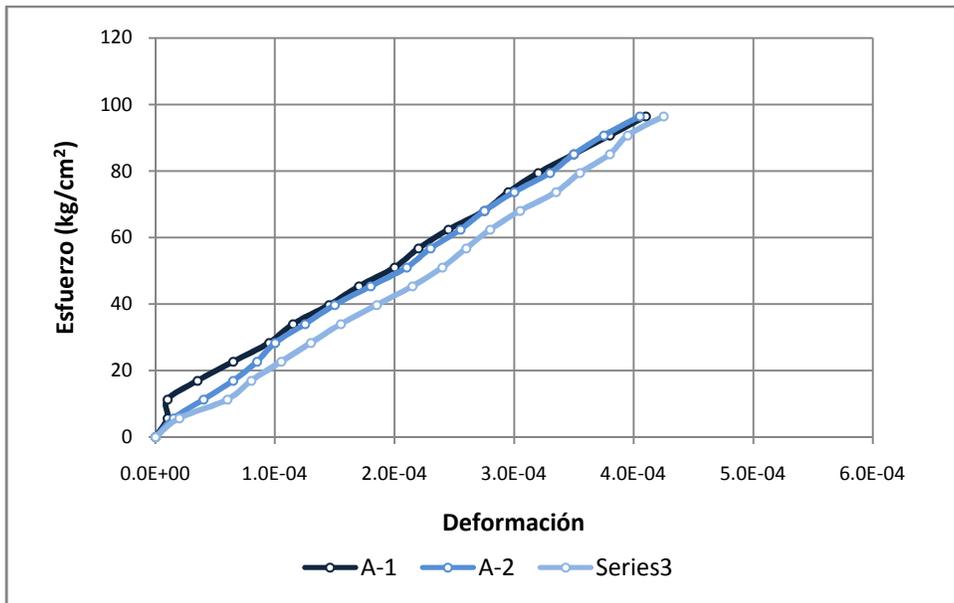


Gráfico 84: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 4.

Probeta 6:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,64	1,00E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,00E-06	2,00E-05	3,00E-05	3,00E-05	2,70E-05	1,50E-05
11,27	2,50E-05	1,50E-05	1,50E-05	1,80E-05	5,00E-05	5,50E-05	7,00E-05	5,80E-05	3,80E-05
16,91	5,00E-05	3,50E-05	3,50E-05	4,00E-05	7,00E-05	7,50E-05	8,00E-05	7,50E-05	5,80E-05
22,55	7,50E-05	6,00E-05	6,00E-05	6,50E-05	9,00E-05	9,50E-05	1,00E-04	9,50E-05	8,00E-05
28,18	1,00E-04	8,00E-05	8,50E-05	8,80E-05	1,10E-04	1,15E-04	1,20E-04	1,15E-04	1,02E-04
33,82	1,20E-04	1,05E-04	1,10E-04	1,12E-04	1,30E-04	1,40E-04	1,45E-04	1,38E-04	1,25E-04
39,45	1,45E-04	1,35E-04	1,35E-04	1,38E-04	1,50E-04	1,60E-04	1,55E-04	1,55E-04	1,47E-04
45,09	1,70E-04	1,70E-04	1,65E-04	1,68E-04	1,70E-04	1,80E-04	1,85E-04	1,78E-04	1,73E-04
50,73	2,00E-04	1,85E-04	2,00E-04	1,95E-04	1,85E-04	1,95E-04	2,00E-04	1,93E-04	1,94E-04
56,36	2,20E-04	2,20E-04	2,30E-04	2,23E-04	2,15E-04	2,20E-04	2,25E-04	2,20E-04	2,22E-04
62,00	2,50E-04	2,50E-04	2,60E-04	2,53E-04	2,30E-04	2,40E-04	2,45E-04	2,38E-04	2,45E-04
67,64	2,90E-04	2,75E-04	2,80E-04	2,82E-04	2,55E-04	2,65E-04	2,70E-04	2,63E-04	2,72E-04
73,27	3,15E-04	3,10E-04	3,15E-04	3,13E-04	2,80E-04	2,85E-04	2,90E-04	2,85E-04	2,99E-04
78,91	3,45E-04	3,40E-04	3,50E-04	3,45E-04	3,10E-04	3,05E-04	3,10E-04	3,08E-04	3,27E-04
84,54	3,75E-04	3,70E-04	3,70E-04	3,72E-04	3,25E-04	3,25E-04	3,30E-04	3,27E-04	3,50E-04
90,18	4,10E-04	4,00E-04	4,00E-04	4,03E-04	3,50E-04	3,50E-04	3,55E-04	3,52E-04	3,78E-04
95,82	4,40E-04	4,30E-04	4,30E-04	4,33E-04	3,75E-04	3,75E-04	3,75E-04	3,75E-04	4,04E-04

Tabla 112: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 250 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 29 días, Probeta 6.

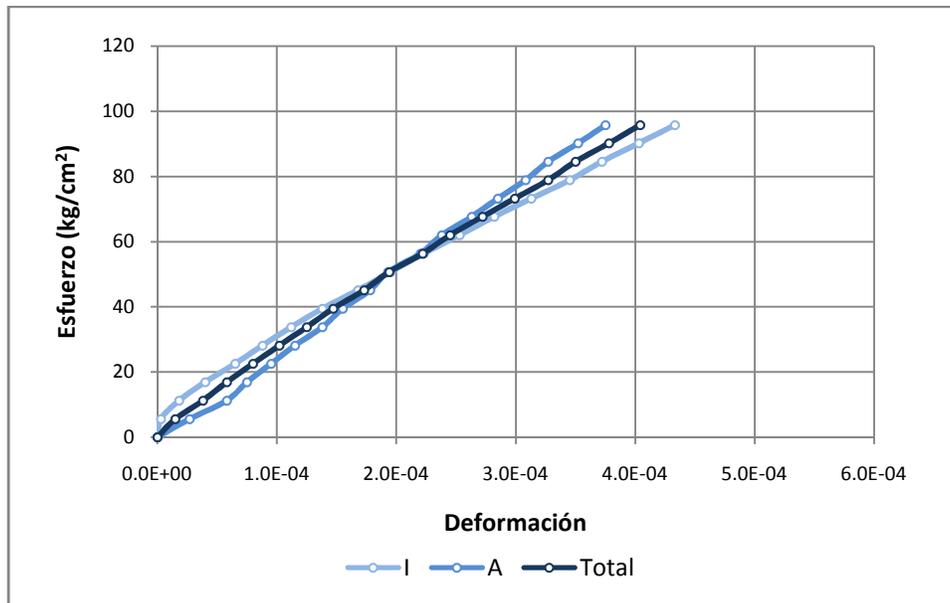


Gráfico 85: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 29 días, probeta 6

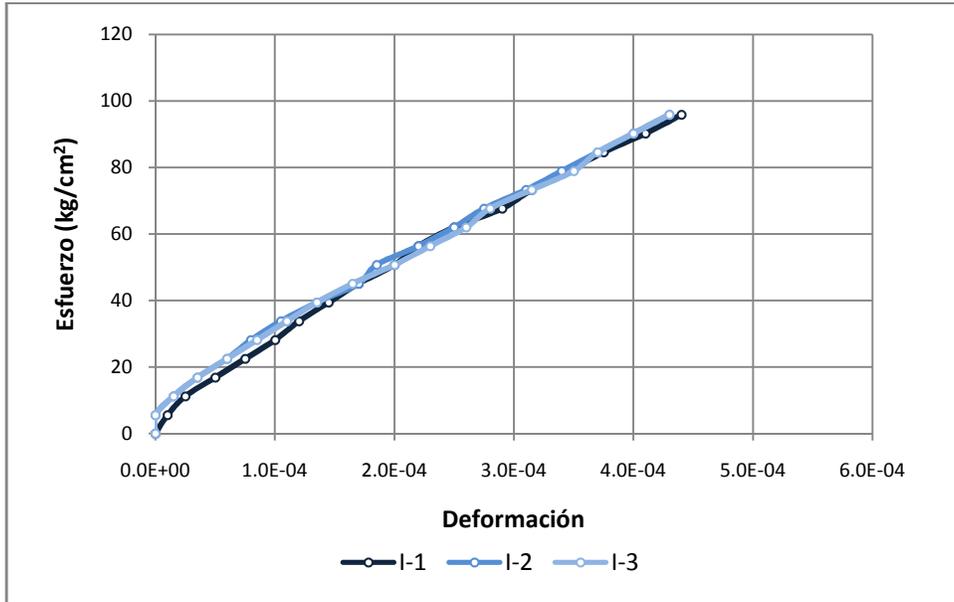


Gráfico 86: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 6.

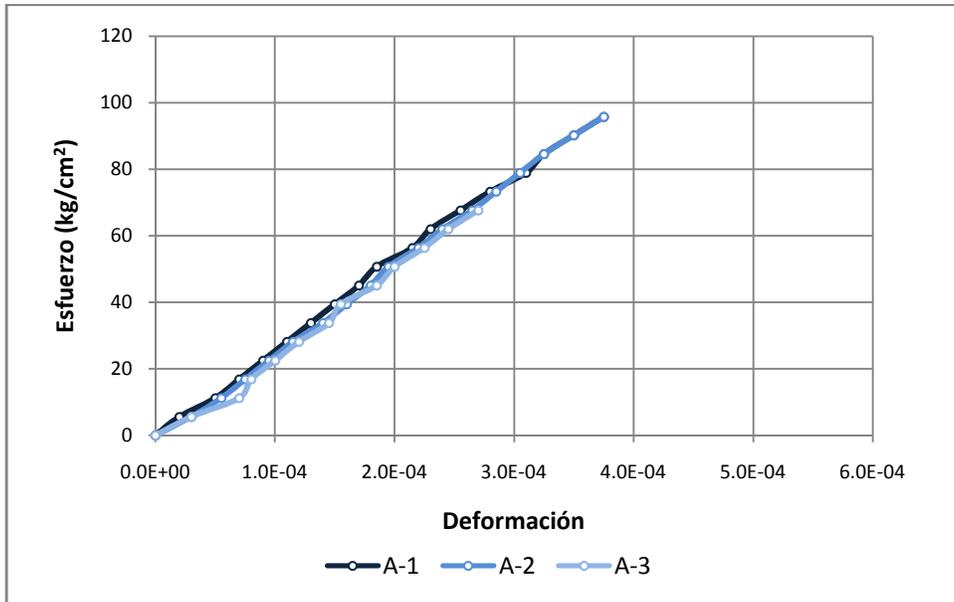


Gráfico 87: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 6.

Resultados de ensayos para determinar el Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto de resistencia 300 kgf/cm<sup>2</sup>.

Fecha de ensayo: 16/04/2008.

Edad: 7 días.

Dimensiones y peso de las probetas de concreto:

Probeta	Peso (kg)	Altura (cm)				Diámetro (cm)			
		1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
1	12,222	30,04	30,16	30,17	30,12	14,97	14,90	15,03	14,97
2	12,150	29,99	29,96	30,02	29,99	14,88	14,92	14,94	14,91
3	12,253	30,08	30,06	30,14	30,09	14,87	14,93	14,94	14,91
4	12,319	30,04	30,08	30,15	30,09	14,87	15,00	15,00	14,96
5	12,421	30,17	30,11	30,09	30,12	14,83	15,08	14,99	14,97
6	12,316	30,08	30,03	30,06	30,06	14,81	15,05	15,02	14,96

Tabla 113: Dimensiones y peso de las probetas de concreto, Resistencia: 300 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 7 días.

Área y Volumen de probetas, y Densidad del concreto:

Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kgf/m <sup>3</sup> )
1	176	5300	2306
2	175	5239	2319
3	175	5257	2331
4	176	5287	2330
5	176	5300	2344
6	176	5283	2331

Tabla 114: Área, Volumen y Densidad del concreto, Resistencia: 300 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 7 días.

Velocidad de Propagación de Onda:

Probeta	Ultrasonido			Velocidad
	1	2	Prom.	
1	75,4	75,5	75,5	3992
2	75,7	75,7	75,7	3962
3	77,1	77,6	77,4	3891
4	76,8	77,0	76,9	3913
5	73,8	74,5	74,2	4062
6	76,6	77,1	76,9	3911

Tabla 115: Tiempo y Velocidad de propagación de Onda. R: 300 kg/cm<sup>2</sup>, Edad: 7 días.

Resistencia a compresión en probetas de concreto:

Probeta	Carga (kg)			$\sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Carga	Promedio	40% Carga	
3	36600	36933	15000	210
4	36800			209
5	37400			213
			Promedio	211

Tabla 116: Resistencia promedio. R: 300 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 7 días.

Curvas del Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto:

Probeta 1:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,68	1,50E-05	5,00E-06	5,00E-06	8,00E-06	1,50E-05	2,00E-05	2,00E-05	1,80E-05	1,30E-05
11,37	4,00E-05	3,00E-05	3,00E-05	3,30E-05	3,50E-05	4,50E-05	4,00E-05	4,00E-05	3,60E-05
17,05	6,50E-05	6,00E-05	6,00E-05	6,20E-05	5,50E-05	6,50E-05	6,00E-05	6,00E-05	6,10E-05
22,74	1,00E-04	9,00E-05	1,00E-04	9,70E-05	8,00E-05	8,50E-05	8,50E-05	8,30E-05	9,00E-05
28,42	1,35E-04	1,25E-04	1,30E-04	1,30E-04	1,05E-04	1,05E-04	1,05E-04	1,05E-04	1,17E-04
34,10	1,60E-04	1,55E-04	1,60E-04	1,58E-04	1,15E-04	1,30E-04	1,20E-04	1,22E-04	1,40E-04
39,79	2,05E-04	2,00E-04	2,10E-04	2,05E-04	1,40E-04	1,50E-04	1,45E-04	1,45E-04	1,75E-04
45,47	2,45E-04	2,40E-04	2,50E-04	2,45E-04	1,60E-04	1,70E-04	1,65E-04	1,65E-04	2,05E-04
51,16	2,75E-04	2,70E-04	2,90E-04	2,78E-04	1,85E-04	1,85E-04	1,85E-04	1,85E-04	2,32E-04
56,84	3,15E-04	3,10E-04	3,25E-04	3,17E-04	2,00E-04	2,05E-04	2,05E-04	2,03E-04	2,60E-04
62,52	3,45E-04	3,45E-04	3,50E-04	3,47E-04	2,20E-04	2,30E-04	2,25E-04	2,25E-04	2,86E-04
68,21	3,75E-04	3,75E-04	3,85E-04	3,78E-04	2,45E-04	2,50E-04	2,45E-04	2,47E-04	3,12E-04
73,89	4,15E-04	4,10E-04	4,20E-04	4,15E-04	2,65E-04	2,70E-04	2,65E-04	2,67E-04	3,41E-04
79,58	4,45E-04	4,40E-04	4,50E-04	4,45E-04	2,85E-04	2,90E-04	2,90E-04	2,88E-04	3,67E-04
85,26	4,75E-04	4,65E-04	4,75E-04	4,72E-04	3,05E-04	3,10E-04	3,05E-04	3,07E-04	3,90E-04

Tabla 117: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 300 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 7 días, Probeta 1.

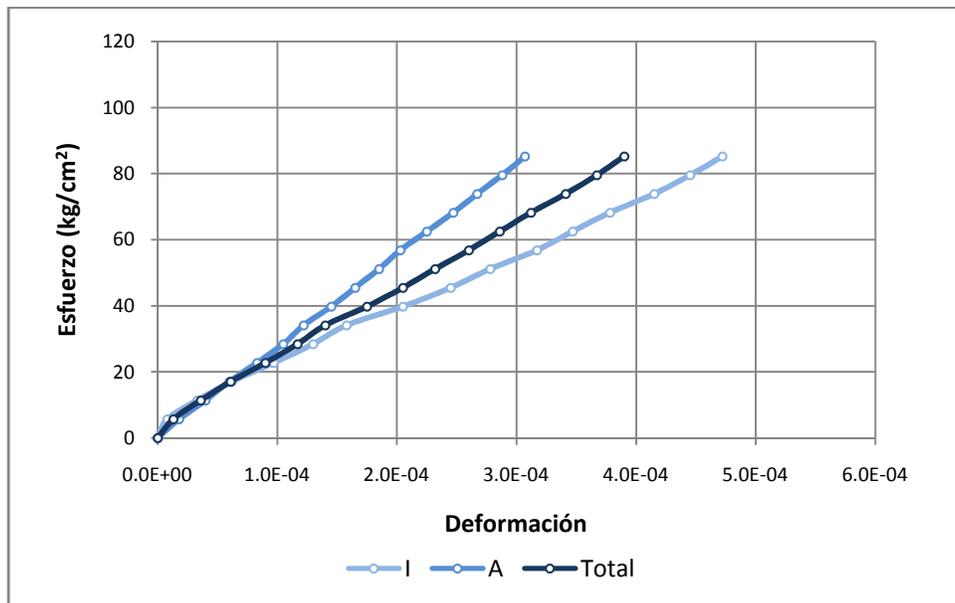


Gráfico 88: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 7 días, probeta 1.

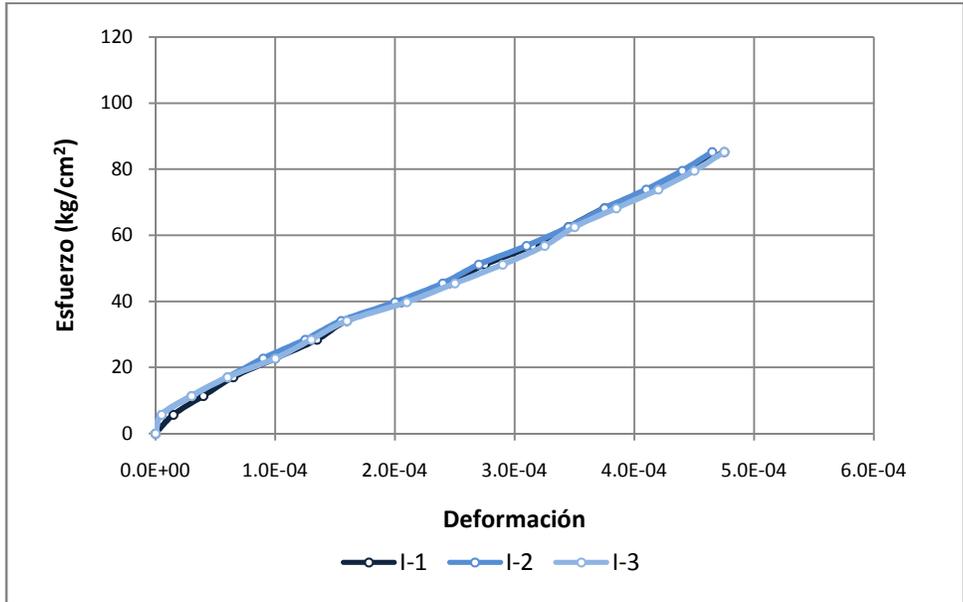


Gráfico 89: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 1.

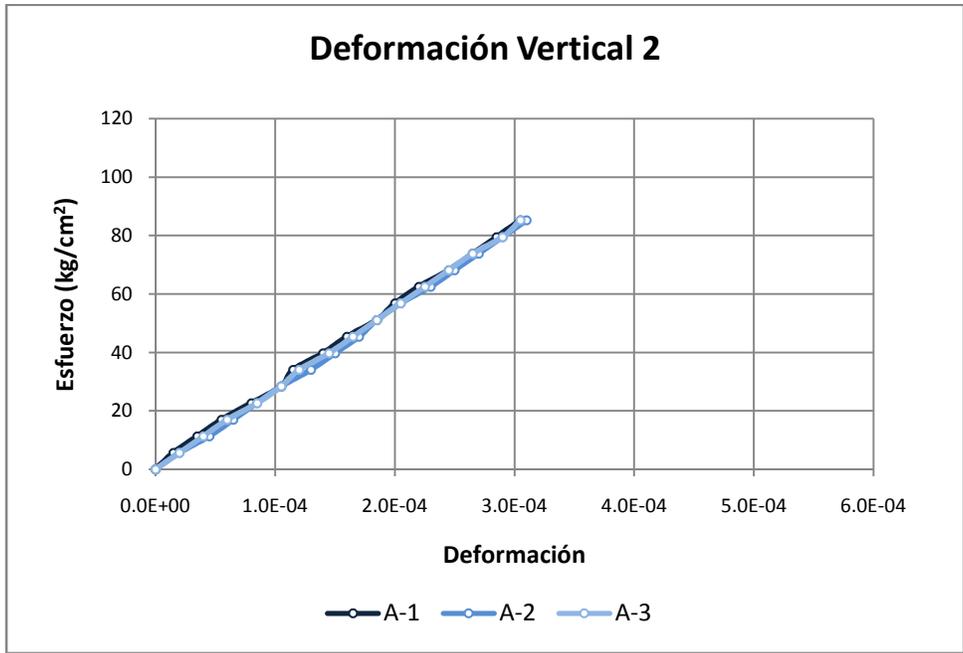


Gráfico 90: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 1.

Probeta 2:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,72	2,50E-05	0,00E+00		1,30E-05	5,00E-06	2,00E-05	1,50E-05	1,30E-05	1,30E-05
11,45	5,00E-05	2,00E-05		3,50E-05	1,50E-05	5,00E-05	4,00E-05	3,50E-05	3,50E-05
17,17	7,50E-05	3,50E-05		5,50E-05	4,00E-05	7,50E-05	6,50E-05	6,00E-05	5,80E-05
22,90	1,00E-04	6,00E-05		8,00E-05	6,00E-05	9,50E-05	8,50E-05	8,00E-05	8,00E-05
28,62	1,25E-04	9,00E-05		1,08E-04	8,00E-05	1,15E-04	1,00E-04	9,80E-05	1,03E-04
34,35	1,55E-04	1,15E-04		1,35E-04	1,00E-04	1,40E-04	1,15E-04	1,18E-04	1,26E-04
40,07	1,80E-04	1,45E-04		1,63E-04	1,15E-04	1,60E-04	1,40E-04	1,38E-04	1,51E-04
45,80	2,15E-04	1,75E-04		1,95E-04	1,35E-04	1,80E-04	1,55E-04	1,57E-04	1,76E-04
51,52	2,50E-04	2,00E-04		2,25E-04	1,55E-04	1,95E-04	1,75E-04	1,75E-04	2,00E-04
57,25	2,85E-04	2,35E-04		2,60E-04	1,75E-04	2,15E-04	1,95E-04	1,95E-04	2,28E-04
62,97	3,15E-04	2,75E-04		2,95E-04	1,90E-04	2,40E-04	2,05E-04	2,12E-04	2,54E-04
68,70	3,50E-04	3,05E-04		3,28E-04	2,10E-04	2,55E-04	2,35E-04	2,33E-04	2,81E-04
74,42	3,80E-04	3,45E-04		3,63E-04	2,30E-04	2,85E-04	2,60E-04	2,58E-04	3,11E-04
80,15	4,10E-04	3,75E-04		3,93E-04	2,55E-04	3,00E-04	2,80E-04	2,78E-04	3,36E-04
85,87	4,45E-04	4,05E-04		4,25E-04	2,75E-04	3,25E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,63E-04

Tabla 118: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 300 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 7 días, Probeta 2.

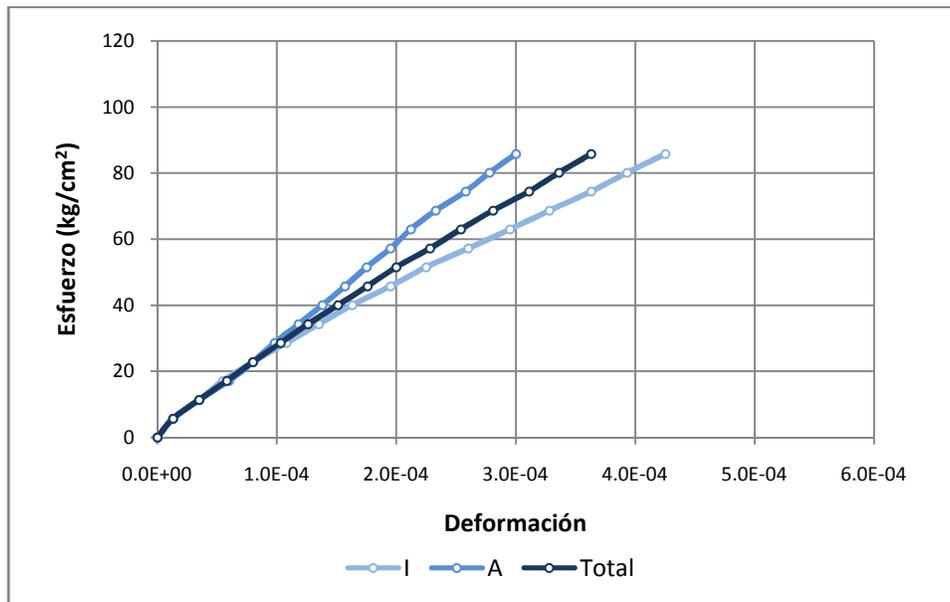


Gráfico 91: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 7 días, probeta 2.

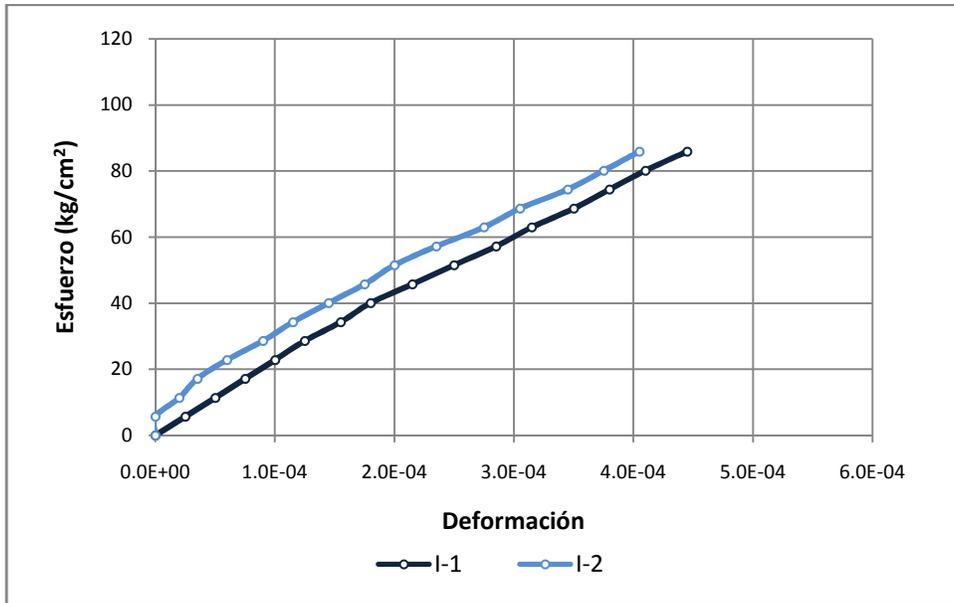


Gráfico 92: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 2.

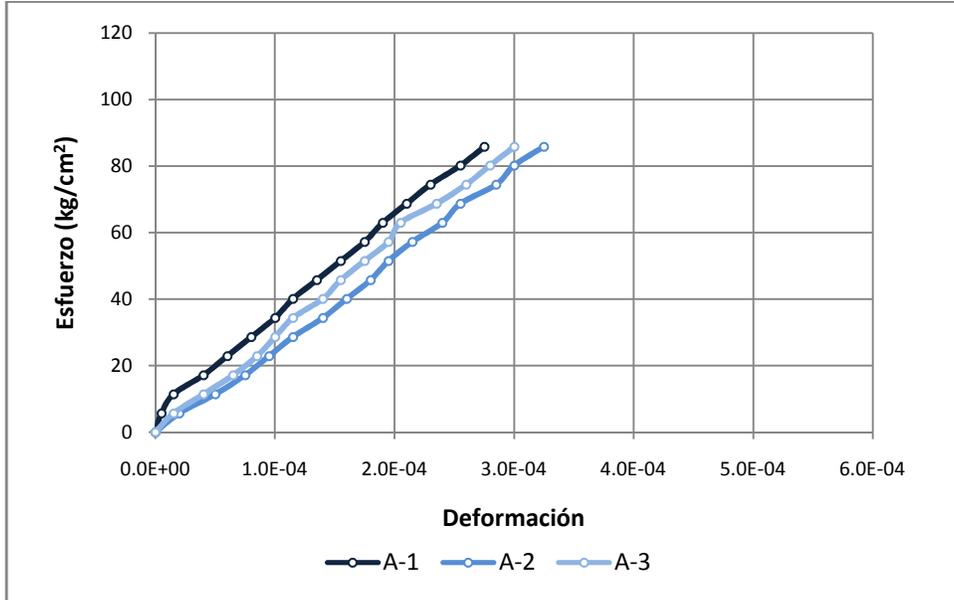


Gráfico 93: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 2.

Probeta 6:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,69	1,00E-05	1,00E-05	0,00E+00	7,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	1,50E-05	8,00E-06	8,00E-06
11,38	3,00E-05	2,50E-05	1,50E-05	2,30E-05	2,50E-05	3,50E-05	4,00E-05	3,30E-05	2,80E-05
17,07	4,50E-05	4,00E-05	2,50E-05	3,70E-05	5,00E-05	5,50E-05	6,50E-05	5,70E-05	4,70E-05
22,76	6,50E-05	6,50E-05	4,50E-05	5,80E-05	7,50E-05	8,00E-05	8,50E-05	8,00E-05	6,90E-05
28,45	9,00E-05	8,50E-05	6,50E-05	8,00E-05	1,00E-04	1,00E-04	1,05E-04	1,02E-04	9,10E-05
34,13	1,10E-04	1,05E-04	8,50E-05	1,00E-04	1,20E-04	1,25E-04	1,30E-04	1,25E-04	1,13E-04
39,82	1,35E-04	1,30E-04	1,05E-04	1,23E-04	1,50E-04	1,50E-04	1,55E-04	1,52E-04	1,38E-04
45,51	1,50E-04	1,50E-04	1,25E-04	1,42E-04	1,75E-04	1,80E-04	1,85E-04	1,80E-04	1,61E-04
51,20	1,75E-04	1,70E-04	1,50E-04	1,65E-04	2,00E-04	2,00E-04	2,05E-04	2,02E-04	1,84E-04
56,89	2,00E-04	1,95E-04	1,75E-04	1,90E-04	2,20E-04	2,30E-04	2,40E-04	2,30E-04	2,10E-04
62,58	2,25E-04	2,20E-04	2,00E-04	2,15E-04	2,60E-04	2,65E-04	2,75E-04	2,67E-04	2,41E-04
68,27	2,45E-04	2,40E-04	2,20E-04	2,35E-04	2,85E-04	2,90E-04	3,00E-04	2,92E-04	2,64E-04
73,96	2,70E-04	2,75E-04	2,50E-04	2,65E-04	3,15E-04	3,20E-04	3,30E-04	3,22E-04	2,94E-04
79,65	2,95E-04	3,00E-04	2,80E-04	2,92E-04	3,45E-04	3,50E-04	3,60E-04	3,52E-04	3,22E-04
85,34	3,30E-04	3,30E-04	3,05E-04	3,22E-04	3,75E-04	3,75E-04	3,80E-04	3,77E-04	3,50E-04

Tabla 119: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 300 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 7 días, Probeta 6.

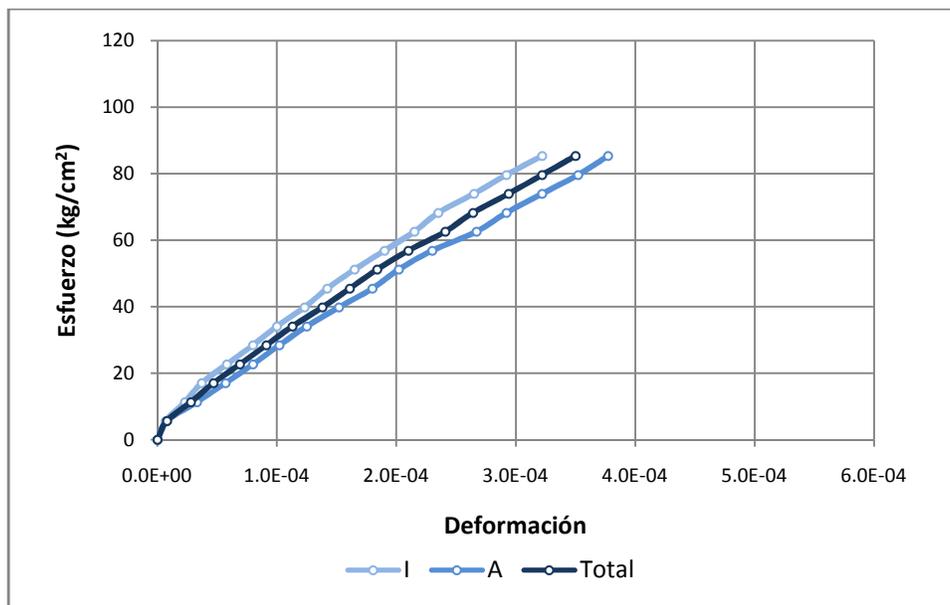


Gráfico 94: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 7 días, probeta 6.

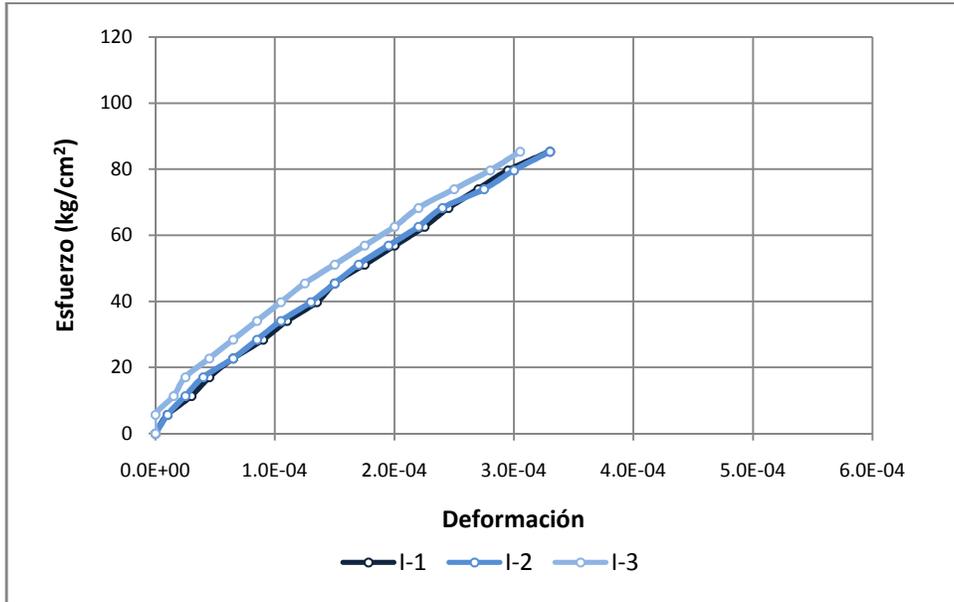


Gráfico 95: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 6.

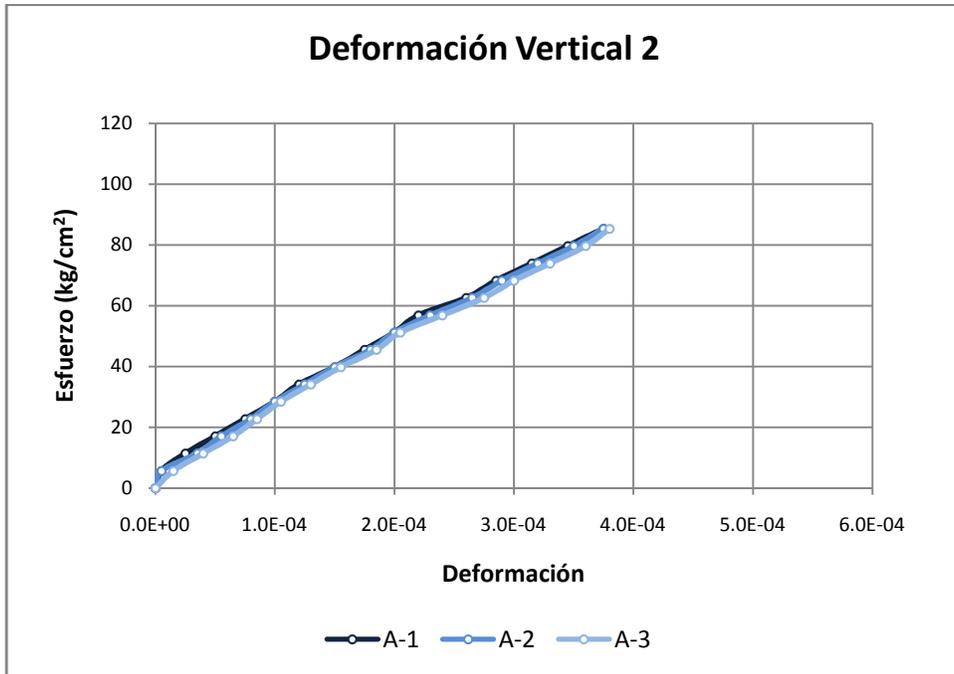


Gráfico 96: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 6.

Resultados de ensayos para determinar el Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto de resistencia 300 kgf/cm<sup>2</sup>.

Fecha de ensayo: 23/04/2008.

Edad: 14 días.

Dimensiones y peso de las probetas de concreto:

Probeta	Peso (kg)	Altura (cm)				Diámetro (cm)			
		1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
1	12,150	30,10	30,17	30,10	30,12	14,99	14,93	14,90	14,94
2	12,200	30,00	30,05	30,09	30,05	14,83	14,90	14,99	14,91
3	12,200	30,05	30,02	30,06	30,04	14,93	14,92	14,93	14,93
4	12,200	30,10	30,10	30,17	30,12	14,95	15,00	14,96	14,97
5	12,100	29,95	30,04	30,05	30,01	14,99	14,94	15,05	14,99
6	12,150	30,00	30,00	30,01	30,00	14,95	14,94	14,95	14,95

Tabla 120: Dimensiones y peso de las probetas de concreto, Resistencia: 300 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 14 días.

Área y Volumen de probetas, y Densidad del concreto:

Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
1	175	5281	2301
2	175	5244	2327
3	175	5257	2321
4	176	5302	2301
5	177	5299	2283
6	175	5264	2308

Tabla 121: Área, Volumen y Densidad del concreto, Resistencia: 300 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 14 días.

Velocidad de Propagación de Onda:

Probeta	Ultrasonido			Velocidad
	1	2	Prom.	
1	79,6	79,6	79,6	3784
2	79,3	79,2	79,3	3791
3	80,1	80,3	80,2	3746
4	81,0	79,5	80,3	3754
5	78,9	78,8	78,9	3806
6	81,5	81,4	81,5	3684

Tabla 122: Tiempo y Velocidad de propagación de Onda. R: 300 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 14 días.

Resistencia a compresión en probetas de concreto:

Probeta	Carga (kg)			$\sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Carga	Promedio	40% Carga	
1	42600	43000	17000	243
2	43400			249
5	43000			244
			Promedio	245

*Tabla 123: Resistencia promedio. R: 300 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 14 días.*

Curvas del Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto:

Probeta 3:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,71	1,00E-05	5,00E-06	1,00E-05	8,00E-06	0,00E+00	5,00E-06	0,00E+00	2,00E-06	5,00E-06
11,43	3,50E-05	3,50E-05	3,50E-05	3,50E-05	1,50E-05	2,50E-05	1,50E-05	1,80E-05	2,70E-05
17,14	5,50E-05	5,50E-05	5,50E-05	5,50E-05	2,50E-05	4,50E-05	3,00E-05	3,30E-05	4,40E-05
22,86	8,00E-05	8,00E-05	8,50E-05	8,20E-05	4,50E-05	6,00E-05	4,50E-05	5,00E-05	6,60E-05
28,57	1,05E-04	1,10E-04	1,15E-04	1,10E-04	6,50E-05	8,00E-05	6,00E-05	6,80E-05	8,90E-05
34,29	1,35E-04	1,35E-04	1,35E-04	1,35E-04	8,50E-05	9,50E-05	7,50E-05	8,50E-05	1,10E-04
40,00	1,60E-04	1,60E-04	1,60E-04	1,60E-04	1,05E-04	1,05E-04	9,00E-05	1,00E-04	1,30E-04
45,72	1,85E-04	2,00E-04	2,00E-04	1,95E-04	1,25E-04	1,30E-04	1,15E-04	1,23E-04	1,59E-04
51,43	2,00E-04	2,35E-04	2,35E-04	2,23E-04	1,35E-04	1,55E-04	1,35E-04	1,42E-04	1,83E-04
57,15	2,55E-04	2,60E-04	2,60E-04	2,58E-04	1,60E-04	1,75E-04	1,55E-04	1,63E-04	2,11E-04
62,86	2,80E-04	2,90E-04	3,00E-04	2,90E-04	1,85E-04	1,95E-04	1,70E-04	1,83E-04	2,37E-04
68,57	3,20E-04	3,25E-04	3,30E-04	3,25E-04	2,05E-04	2,10E-04	1,85E-04	2,00E-04	2,63E-04
74,29	3,50E-04	3,50E-04	3,55E-04	3,52E-04	2,25E-04	2,30E-04	2,10E-04	2,22E-04	2,87E-04
80,00	3,80E-04	3,75E-04	3,85E-04	3,80E-04	2,45E-04	2,50E-04	2,30E-04	2,42E-04	3,11E-04
85,72	4,00E-04	4,10E-04	4,10E-04	4,07E-04	2,70E-04	2,70E-04	2,50E-04	2,63E-04	3,35E-04
91,43	4,35E-04	4,35E-04	4,40E-04	4,37E-04	2,90E-04	2,90E-04	2,70E-04	2,83E-04	3,60E-04
97,15	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	4,60E-04	3,15E-04	2,95E-04	2,75E-04	2,95E-04	3,78E-04
102,86	4,90E-04	4,90E-04	4,90E-04	4,90E-04	3,30E-04	3,15E-04	3,00E-04	3,15E-04	4,03E-04

Tabla 124: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 300 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 14 días, Probeta 3.

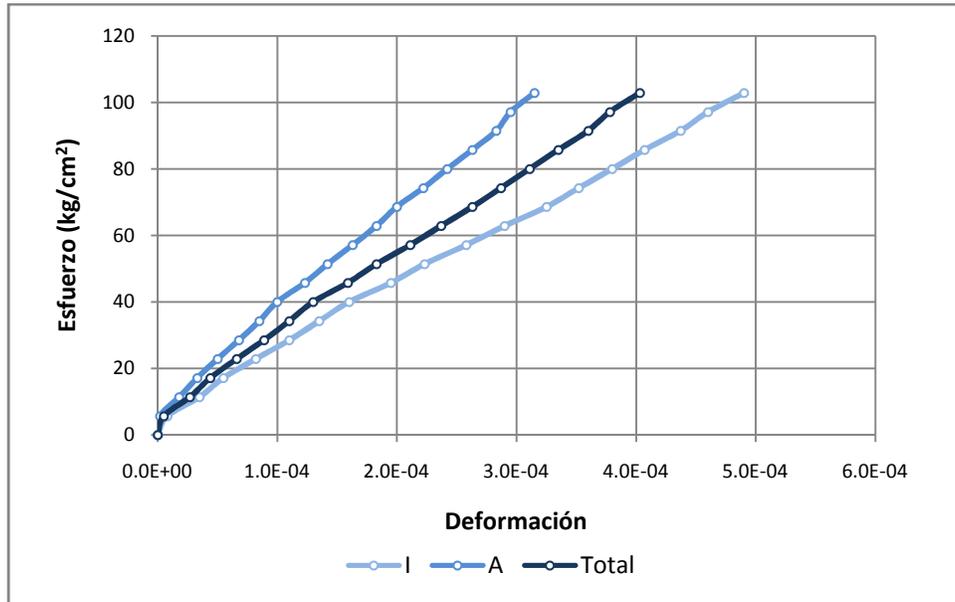


Gráfico 97: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 14 días, probeta 3.

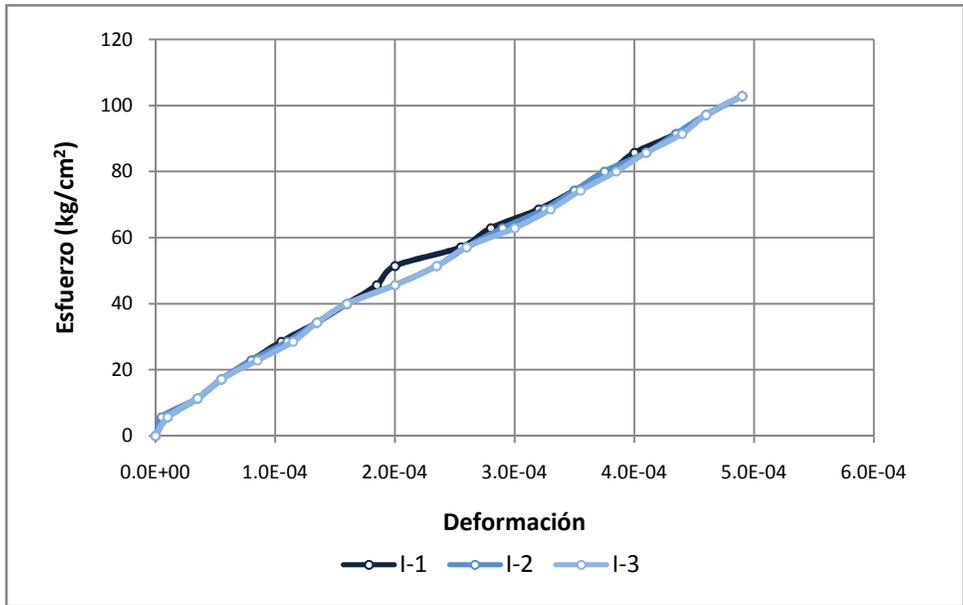


Gráfico 98: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 3.

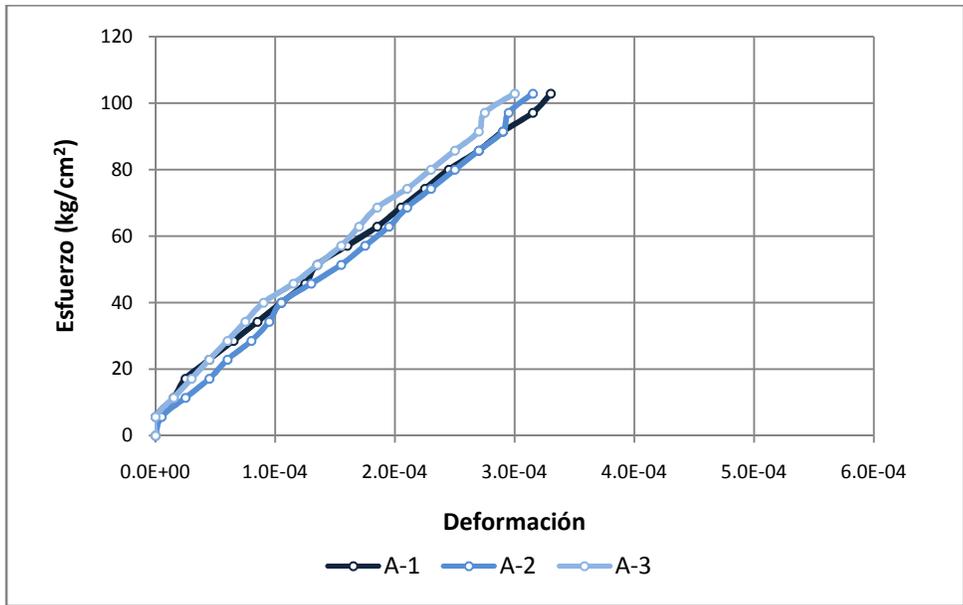


Gráfico 99: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 3.

Probeta 4:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		0,00E+00	0,00E+00
5,68	5,00E-06	5,00E-06	2,00E-05	1,00E-05	2,00E-05	1,50E-05		1,20E-05	1,40E-05
11,36	3,50E-05	4,00E-05	4,50E-05	4,00E-05	5,50E-05	5,00E-05		3,50E-05	4,70E-05
17,04	7,50E-05	6,50E-05	7,00E-05	7,00E-05	9,00E-05	8,00E-05		5,70E-05	7,70E-05
22,73	9,50E-05	1,05E-04	1,20E-04	1,07E-04	1,20E-04	1,10E-04		7,70E-05	1,11E-04
28,41	1,30E-04	1,50E-04	1,55E-04	1,45E-04	1,55E-04	1,40E-04		9,80E-05	1,47E-04
34,09	1,75E-04	1,80E-04	2,05E-04	1,87E-04	1,80E-04	1,65E-04		1,15E-04	1,80E-04
39,77	2,05E-04	2,25E-04	2,40E-04	2,23E-04	2,05E-04	1,95E-04		1,33E-04	2,12E-04
45,45	2,45E-04	2,60E-04	2,65E-04	2,57E-04	2,35E-04	2,20E-04		1,52E-04	2,43E-04
51,13	2,80E-04	2,90E-04	3,05E-04	2,92E-04	2,60E-04	2,40E-04		1,67E-04	2,71E-04
56,82	3,10E-04	3,25E-04	3,35E-04	3,23E-04	2,85E-04	2,65E-04		1,83E-04	2,99E-04
62,50	3,45E-04	3,55E-04	3,65E-04	3,55E-04	3,05E-04	2,85E-04		1,97E-04	3,25E-04
68,18	3,75E-04	3,80E-04	3,95E-04	3,83E-04	3,30E-04	3,05E-04		2,12E-04	3,51E-04
73,86	4,00E-04	4,15E-04	4,25E-04	4,13E-04	3,55E-04	3,30E-04		2,28E-04	3,78E-04
79,54	4,35E-04	4,45E-04	4,55E-04	4,45E-04	3,80E-04	3,50E-04		2,43E-04	4,05E-04
85,22	4,70E-04	4,70E-04	4,75E-04	4,72E-04	4,00E-04	3,70E-04		2,57E-04	4,29E-04
90,90	5,00E-04	5,00E-04	5,15E-04	5,05E-04	4,25E-04	3,95E-04		2,73E-04	4,58E-04
96,59	5,40E-04	5,30E-04	5,45E-04	5,38E-04	4,60E-04	4,20E-04		2,93E-04	4,89E-04
102,27	5,70E-04	5,60E-04	5,65E-04	5,65E-04	4,90E-04	4,45E-04		3,12E-04	5,17E-04

Tabla 125: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 300 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 14 días, Probeta 4.

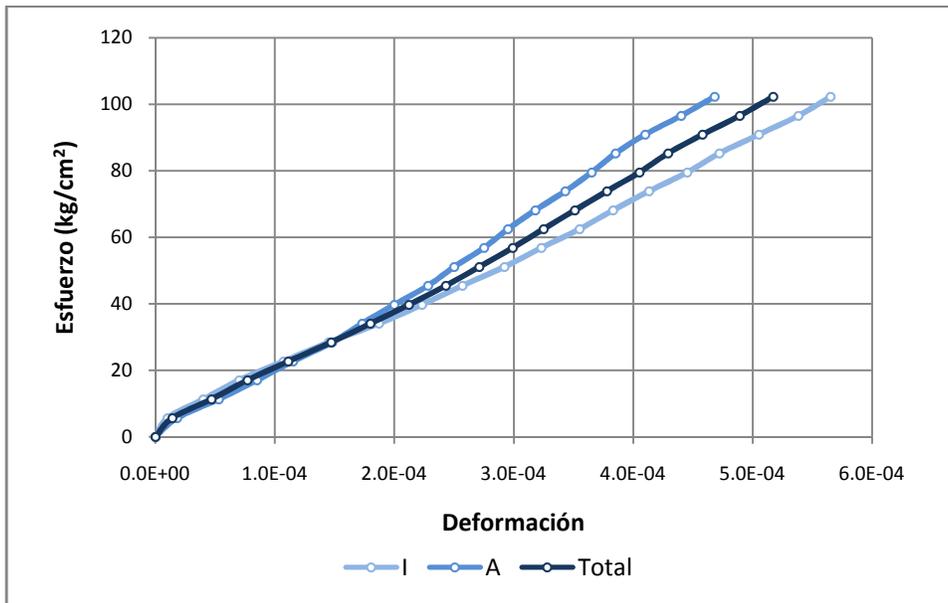


Gráfico 100: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 14 días, probeta 4.

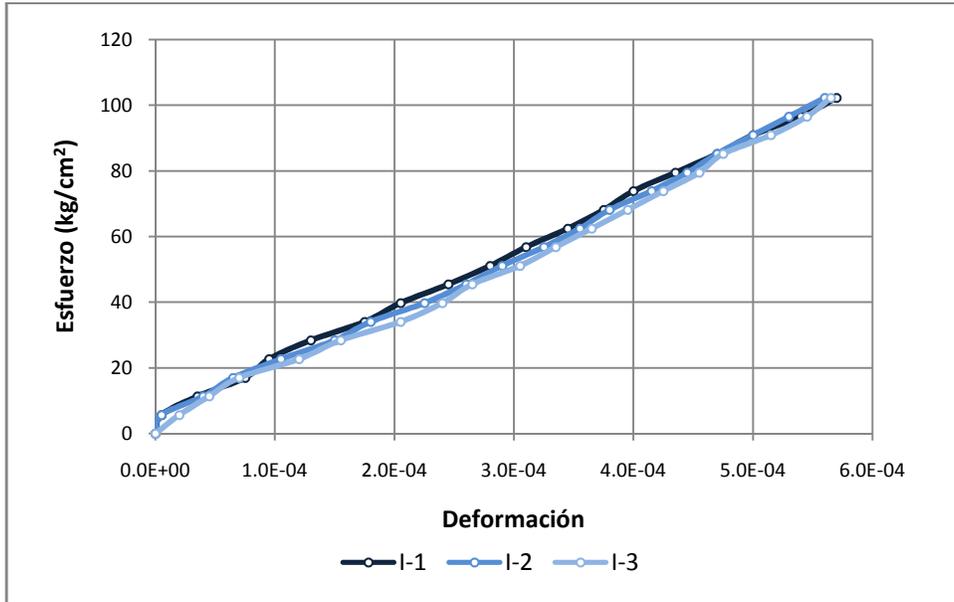


Gráfico 101: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 4.

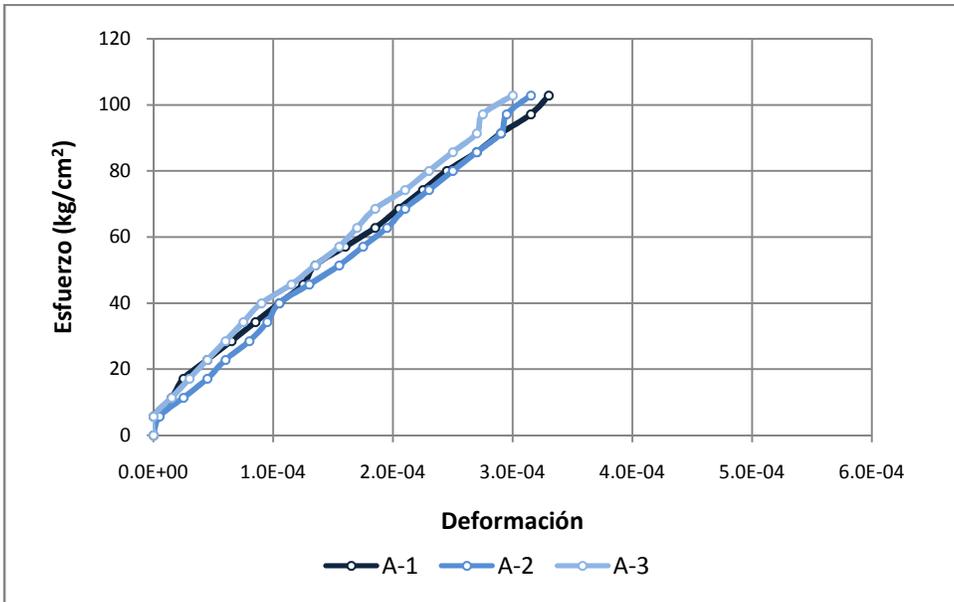


Gráfico 102: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 4.

Probeta 6:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,70	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,00E-06	5,00E-06	0,00E+00	3,00E-06	2,00E-06
11,40	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,50E-05	1,00E-05	0,00E+00	8,00E-06	4,00E-06
17,10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,50E-05	2,00E-05	1,50E-05	2,00E-05	1,00E-05
22,80	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,50E-05	3,00E-05	2,50E-05	3,00E-05	1,50E-05
28,50	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,00E-05	4,00E-05	3,50E-05	4,20E-05	2,10E-05
34,20	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,00E-05	6,00E-05	5,00E-05	5,70E-05	2,90E-05
39,90	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,50E-05	7,00E-05	6,50E-05	7,00E-05	3,50E-05
45,59	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,00E-05	9,00E-05	8,00E-05	8,70E-05	4,40E-05
51,29	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	1,10E-04	1,10E-04	1,00E-04	1,07E-04	5,60E-05
56,99	1,50E-05	2,50E-05	2,00E-05	2,00E-05	1,35E-04	1,35E-04	1,25E-04	1,32E-04	7,60E-05
62,69	4,00E-05	4,50E-05	5,00E-05	4,50E-05	1,55E-04	1,55E-04	1,45E-04	1,52E-04	9,80E-05
68,39	6,50E-05	8,00E-05	8,00E-05	7,50E-05	1,75E-04	1,70E-04	1,65E-04	1,70E-04	1,23E-04
74,09	1,00E-04	1,10E-04	1,10E-04	1,07E-04	1,95E-04	1,95E-04	1,80E-04	1,90E-04	1,48E-04
79,79	1,30E-04	1,35E-04	1,40E-04	1,35E-04	2,20E-04	2,15E-04	2,05E-04	2,13E-04	1,74E-04
85,49	1,50E-04	1,70E-04	1,80E-04	1,67E-04	2,40E-04	2,40E-04	2,30E-04	2,37E-04	2,02E-04
91,19	1,60E-04	2,05E-04	2,15E-04	1,93E-04	2,60E-04	2,60E-04	2,60E-04	2,60E-04	2,27E-04
96,89	2,25E-04	2,35E-04	2,35E-04	2,32E-04	2,75E-04	2,75E-04	2,65E-04	2,72E-04	2,52E-04
102,59	2,55E-04	2,65E-04	2,75E-04	2,65E-04	3,00E-04	3,00E-04	2,90E-04	2,97E-04	2,81E-04

Tabla 126: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 300 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 14 días, Probeta 6.

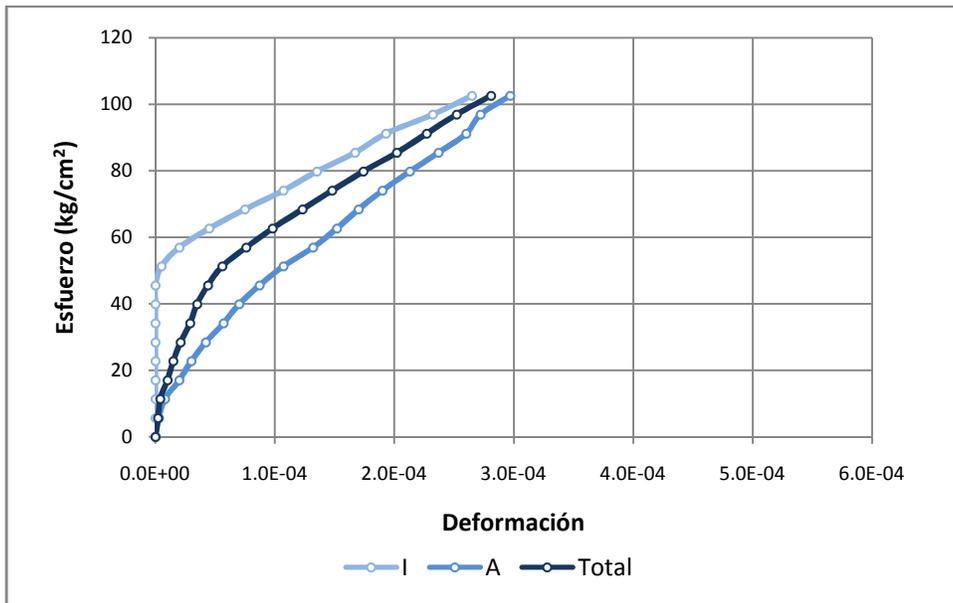


Gráfico 103: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 14 días, probeta 6.

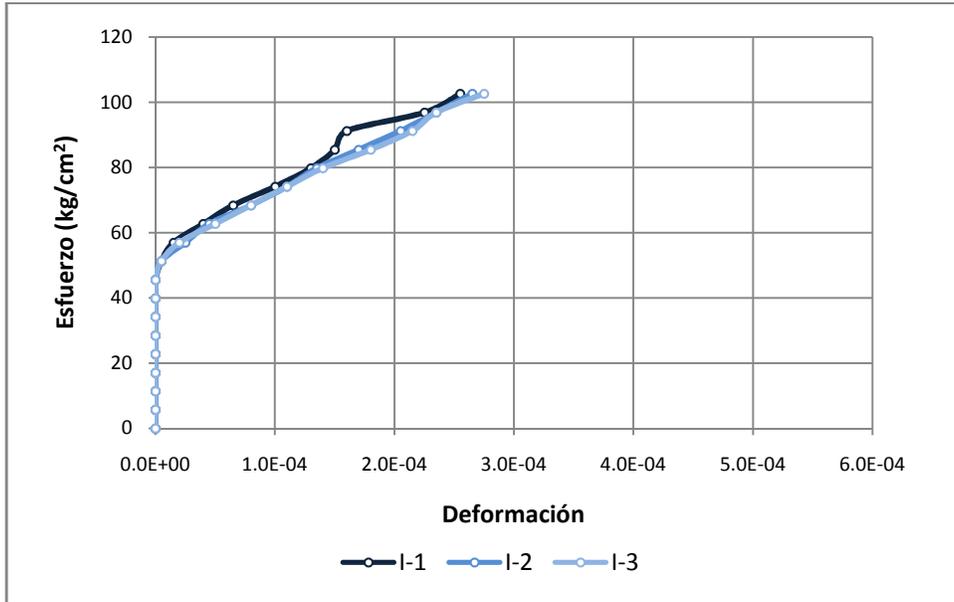


Gráfico 104: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 6.

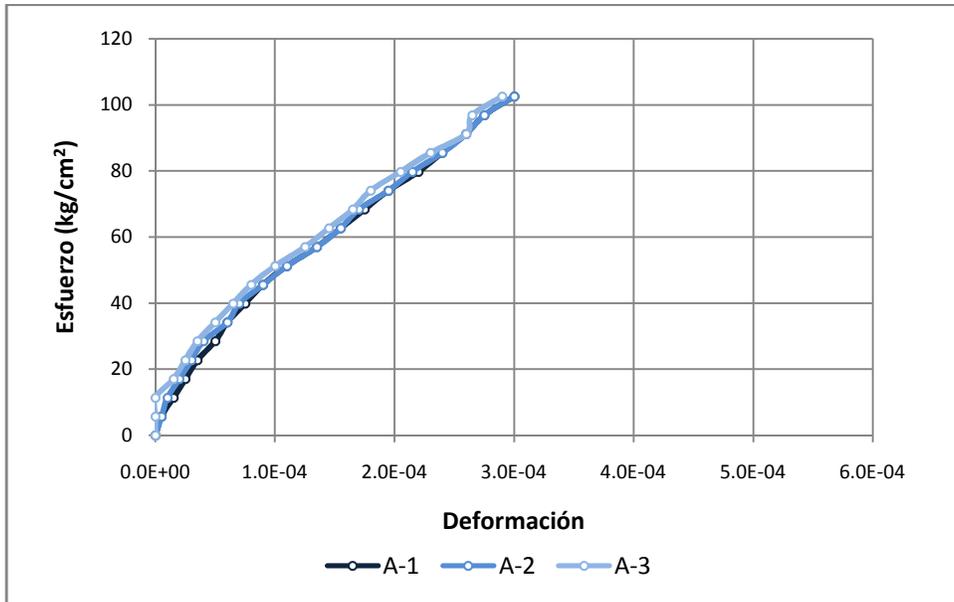


Gráfico 105: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 6.

Resultados de ensayos para determinar el Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto de resistencia 300 kgf/cm<sup>2</sup>.

Fecha de ensayo: 30/04/2008.

Edad: 21 días.

Dimensiones y peso de las probetas de concreto:

Probeta	Peso (kg)	Altura (cm)				Diámetro (cm)			
		1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
1	12,282	30,05	30,00	29,99	30,01	14,89	14,95	14,96	14,93
2	12,314	30,10	30,15	30,10	30,12	14,96	14,94	14,91	14,94
3	12,256	30,10	30,15	30,10	30,12	14,99	14,95	14,95	14,96
4	12,136	30,05	30,10	30,05	30,07	14,85	14,88	14,89	14,87
5	12,222	30,20	30,10	30,00	30,10	15,05	15,13	15,08	15,09
6	12,238	30,10	30,10	30,11	30,10	14,98	15,10	15,07	15,05

Tabla 127: Dimensiones y peso de las probetas de concreto, Resistencia: 300 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 21 días.

Área y Volumen de probetas, y Densidad del concreto:

Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
1	175	5257	2336
2	175	5277	2333
3	176	5296	2314
4	174	5224	2323
5	179	5381	2271
6	178	5355	2285

Tabla 128: Área, Volumen y Densidad del concreto, Resistencia: 300 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 21 días.

Resistencia a compresión en probetas de concreto:

Probeta	Carga (kg)			$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )
	Carga	Promedio	40% Carga	
2	44400	43600	17000	253
3	43000			245
5	43400			243
Promedio				247

Tabla 129: Resistencia promedio. R: 300 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 21 días.

Curvas del Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto:

Probeta 1:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,71	2,00E-05	2,00E-05	1,50E-05	1,80E-05	0,00E+00	1,50E-05	0,00E+00	5,00E-06	1,20E-05
11,42	5,50E-05	3,50E-05	6,00E-05	5,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	0,00E+00	1,30E-05	3,20E-05
17,13	8,50E-05	6,50E-05	9,00E-05	8,00E-05	3,00E-05	6,50E-05	2,00E-05	3,80E-05	5,90E-05
22,84	1,20E-04	9,50E-05	1,05E-04	1,07E-04	6,00E-05	8,00E-05	3,00E-05	5,70E-05	8,20E-05
28,55	1,45E-04	1,25E-04	1,35E-04	1,35E-04	8,50E-05	9,00E-05	5,00E-05	7,50E-05	1,05E-04
34,26	1,60E-04	1,40E-04	1,60E-04	1,53E-04	1,00E-04	1,05E-04	8,00E-05	9,50E-05	1,24E-04
39,97	2,00E-04	1,65E-04	1,85E-04	1,83E-04	1,25E-04	1,30E-04	1,00E-04	1,18E-04	1,51E-04
45,68	2,20E-04	1,90E-04	2,00E-04	2,03E-04	1,35E-04	1,50E-04	1,15E-04	1,33E-04	1,68E-04
51,39	2,35E-04	2,15E-04	2,20E-04	2,23E-04	1,60E-04	1,60E-04	1,40E-04	1,53E-04	1,88E-04
57,09	2,70E-04	2,25E-04	2,45E-04	2,47E-04	1,80E-04	1,80E-04	1,65E-04	1,75E-04	2,11E-04
62,80	2,90E-04	2,45E-04	2,65E-04	2,67E-04	2,05E-04	2,00E-04	1,95E-04	2,00E-04	2,34E-04
68,51	3,00E-04	2,70E-04	2,90E-04	2,87E-04	2,30E-04	2,30E-04	2,15E-04	2,25E-04	2,56E-04
74,22	3,20E-04	2,95E-04	3,00E-04	3,05E-04	2,50E-04	2,50E-04	2,40E-04	2,47E-04	2,76E-04
79,93	3,35E-04	3,10E-04	3,15E-04	3,20E-04	2,75E-04	2,70E-04	2,65E-04	2,70E-04	2,95E-04
85,64	3,40E-04	3,30E-04	3,35E-04	3,35E-04	2,95E-04	3,00E-04	2,90E-04	2,95E-04	3,15E-04
91,35	3,60E-04	3,40E-04	3,50E-04	3,50E-04	3,35E-04	3,35E-04	3,15E-04	3,28E-04	3,39E-04
97,06	3,75E-04	3,55E-04	3,70E-04	3,67E-04	3,60E-04	3,65E-04	3,50E-04	3,58E-04	3,63E-04
102,77	3,85E-04	3,75E-04	3,85E-04	3,82E-04	4,00E-04	3,90E-04	4,05E-04	3,98E-04	3,90E-04

Tabla 130: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 300 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 21 días, Probeta 1.

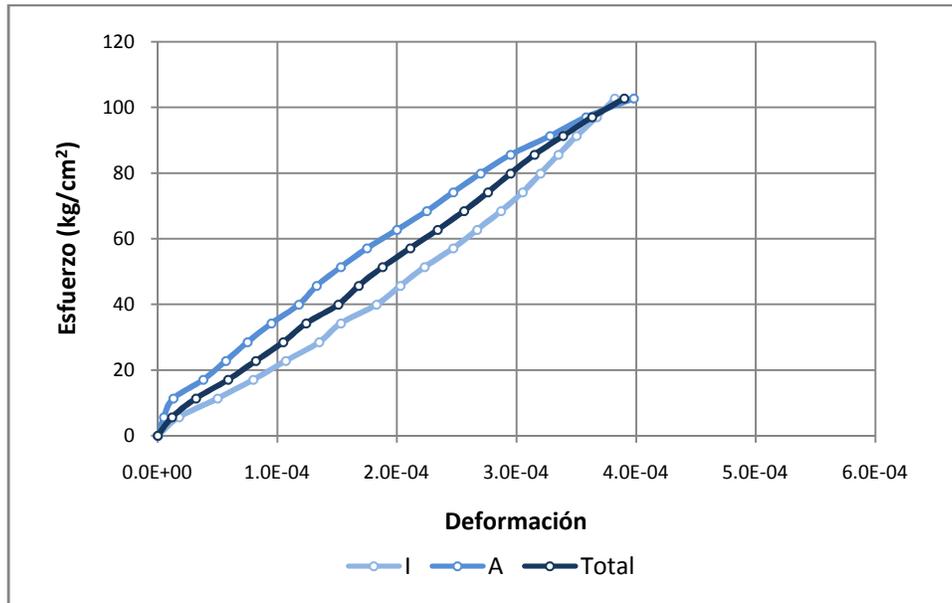


Gráfico 106: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 21 días, probeta 1.

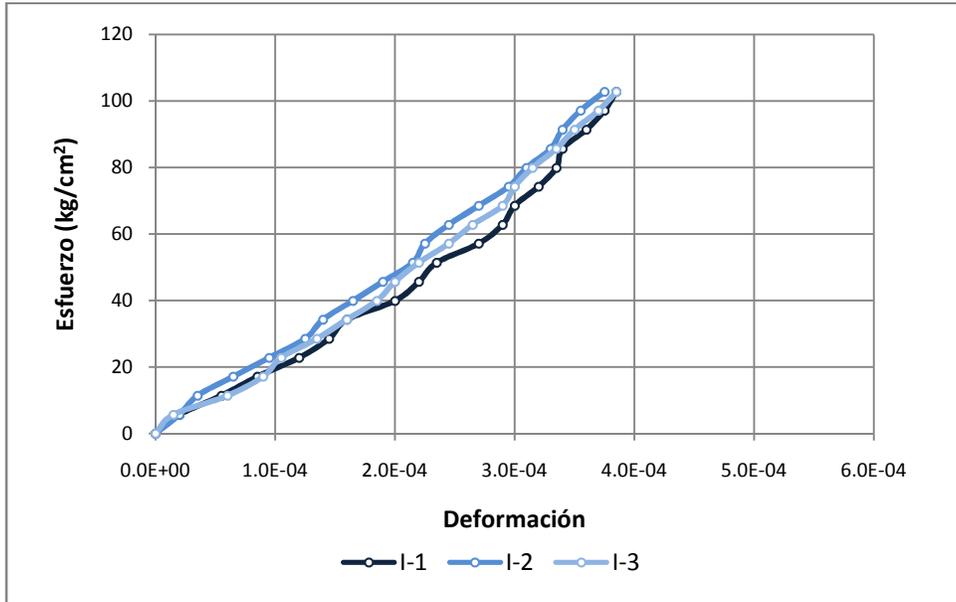


Gráfico 107: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 1.

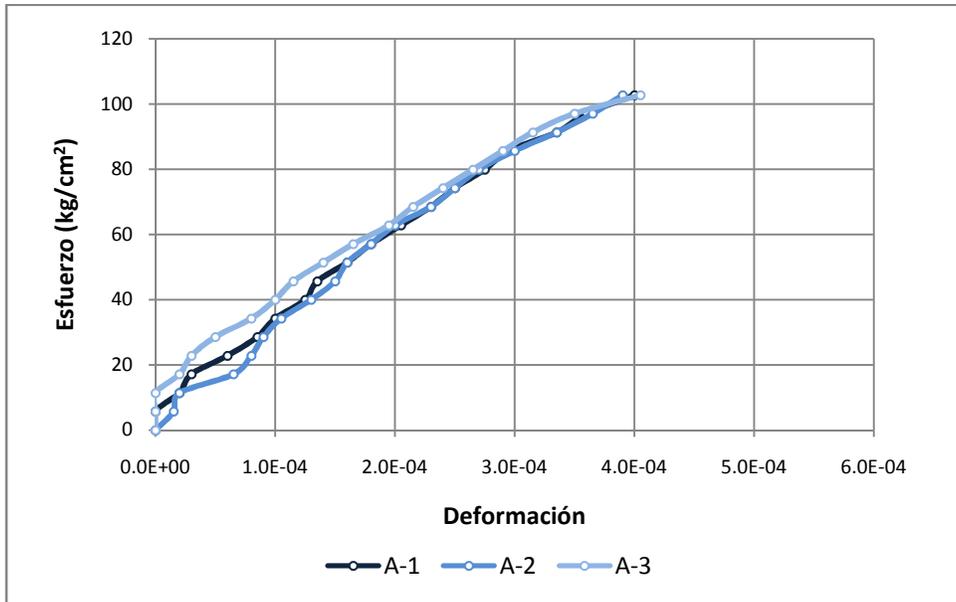


Gráfico 108: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 1.

Probeta 4:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,76	4,00E-05	4,50E-05	2,00E-05	3,50E-05	1,50E-05	1,50E-05	0,00E+00	1,00E-05	2,30E-05
11,51	8,00E-05	6,50E-05	6,00E-05	6,80E-05	3,00E-05	1,50E-05	1,50E-05	2,00E-05	4,40E-05
17,27	1,05E-04	9,50E-05	9,00E-05	9,70E-05	6,00E-05	3,00E-05	3,00E-05	4,00E-05	6,90E-05
23,02	1,30E-04	1,20E-04	1,05E-04	1,18E-04	8,00E-05	5,00E-05	5,00E-05	6,00E-05	8,90E-05
28,78	1,50E-04	1,35E-04	1,30E-04	1,38E-04	1,10E-04	8,00E-05	8,50E-05	9,20E-05	1,15E-04
34,53	1,80E-04	1,70E-04	1,60E-04	1,70E-04	1,25E-04	1,20E-04	1,20E-04	1,22E-04	1,46E-04
40,29	2,05E-04	1,95E-04	1,85E-04	1,95E-04	1,50E-04	1,50E-04	1,50E-04	1,50E-04	1,73E-04
46,05	2,30E-04	2,15E-04	2,05E-04	2,17E-04	1,75E-04	1,70E-04	1,75E-04	1,73E-04	1,95E-04
51,80	2,50E-04	2,30E-04	2,25E-04	2,35E-04	2,00E-04	2,00E-04	2,00E-04	2,00E-04	2,17E-04
57,56	2,80E-04	2,55E-04	2,55E-04	2,63E-04	2,25E-04	2,25E-04	2,25E-04	2,25E-04	2,44E-04
63,31	3,00E-04	2,85E-04	2,80E-04	2,88E-04	2,50E-04	2,40E-04	2,45E-04	2,45E-04	2,67E-04
69,07	3,25E-04	3,10E-04	3,00E-04	3,12E-04	2,80E-04	2,75E-04	2,75E-04	2,77E-04	2,95E-04
74,82	3,40E-04	3,25E-04	3,10E-04	3,25E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,12E-04
80,58	3,55E-04	3,45E-04	3,45E-04	3,48E-04	3,25E-04	3,25E-04	3,25E-04	3,25E-04	3,37E-04
86,33	3,95E-04	3,75E-04	3,80E-04	3,83E-04	3,50E-04	3,50E-04	3,50E-04	3,50E-04	3,67E-04
92,09	4,25E-04	4,10E-04	4,05E-04	4,13E-04	3,70E-04	3,75E-04	3,75E-04	3,73E-04	3,93E-04
97,85	4,40E-04	4,35E-04	4,20E-04	4,32E-04	4,00E-04	4,00E-04	4,05E-04	4,02E-04	4,17E-04
103,60	4,70E-04	4,60E-04	4,55E-04	4,62E-04	4,40E-04	4,25E-04	4,25E-04	4,30E-04	4,46E-04

Tabla 131: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 300 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 21 días, Probeta 4.

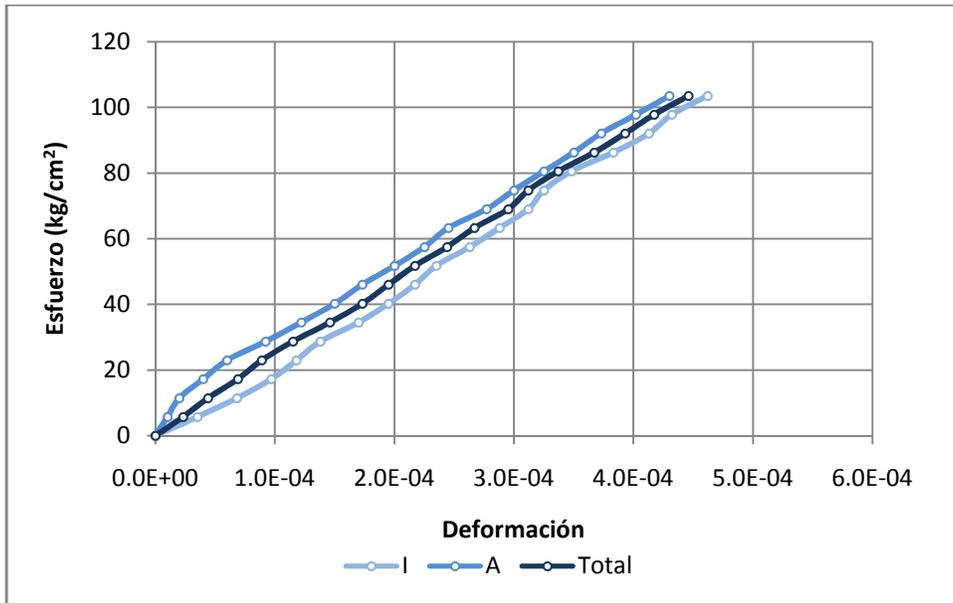


Gráfico 109: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 21 días, probeta 4.

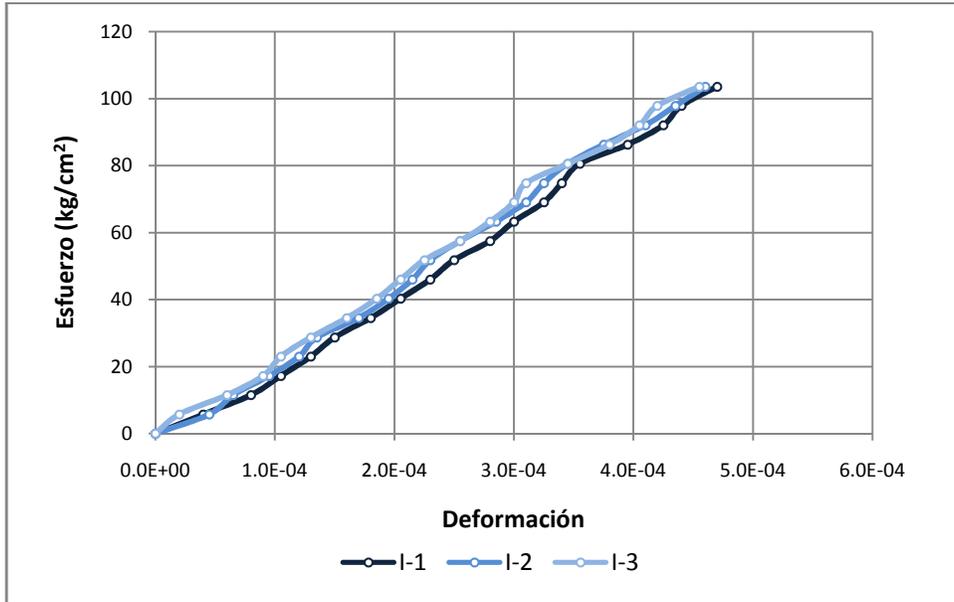


Gráfico 110: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 4.

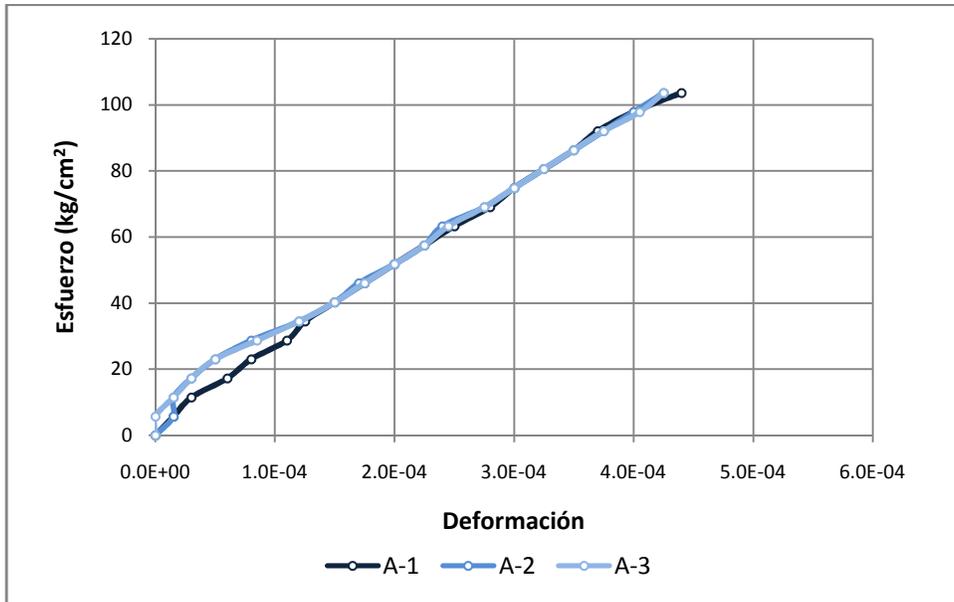


Gráfico 111: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 4.

Probeta 6:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,62	2,50E-05	5,00E-06	5,00E-06	1,20E-05	0,00E+00	0,00E+00	5,00E-06	2,00E-06	7,00E-06
11,24	4,50E-05	2,50E-05	2,00E-05	3,00E-05	1,50E-05	1,50E-05	1,50E-05	1,50E-05	2,30E-05
16,86	6,00E-05	4,00E-05	4,50E-05	4,80E-05	2,50E-05	3,00E-05	3,00E-05	2,80E-05	3,80E-05
22,49	8,50E-05	6,50E-05	7,00E-05	7,30E-05	8,50E-05	6,50E-05	5,00E-05	6,70E-05	7,00E-05
28,11	1,05E-04	9,50E-05	8,50E-05	9,50E-05	9,50E-05	9,00E-05	6,50E-05	8,30E-05	8,90E-05
33,73	1,25E-04	1,00E-04	9,50E-05	1,07E-04	1,05E-04	1,00E-04	8,00E-05	9,50E-05	1,01E-04
39,35	1,40E-04	1,10E-04	1,15E-04	1,22E-04	1,20E-04	1,35E-04	1,00E-04	1,18E-04	1,20E-04
44,97	1,50E-04	1,25E-04	1,30E-04	1,35E-04	1,35E-04	1,40E-04	1,25E-04	1,33E-04	1,34E-04
50,59	1,70E-04	1,45E-04	1,55E-04	1,57E-04	1,50E-04	1,55E-04	1,50E-04	1,52E-04	1,55E-04
56,21	1,85E-04	1,65E-04	1,70E-04	1,73E-04	1,85E-04	1,70E-04	1,75E-04	1,77E-04	1,75E-04
61,83	2,10E-04	1,80E-04	1,90E-04	1,93E-04	2,00E-04	1,95E-04	1,95E-04	1,97E-04	1,95E-04
67,46	2,30E-04	2,05E-04	2,10E-04	2,15E-04	2,15E-04	2,15E-04	2,25E-04	2,18E-04	2,17E-04
73,08	2,50E-04	2,20E-04	2,25E-04	2,32E-04	2,40E-04	2,45E-04	2,50E-04	2,45E-04	2,39E-04
78,70	2,65E-04	2,40E-04	2,50E-04	2,52E-04	2,75E-04	2,80E-04	2,80E-04	2,78E-04	2,65E-04
84,32	2,90E-04	2,70E-04	2,70E-04	2,77E-04	3,10E-04	3,00E-04	3,05E-04	3,05E-04	2,91E-04
89,94	3,20E-04	2,95E-04	2,90E-04	3,02E-04	3,35E-04	3,25E-04	3,35E-04	3,32E-04	3,17E-04
95,56	3,35E-04	3,10E-04	3,05E-04	3,17E-04	3,55E-04	3,60E-04	3,60E-04	3,58E-04	3,38E-04
101,18	3,55E-04	3,40E-04	3,40E-04	3,45E-04	4,00E-04	4,00E-04	4,00E-04	4,00E-04	3,73E-04

Tabla 132: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 300 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 21 días, Probeta 6.

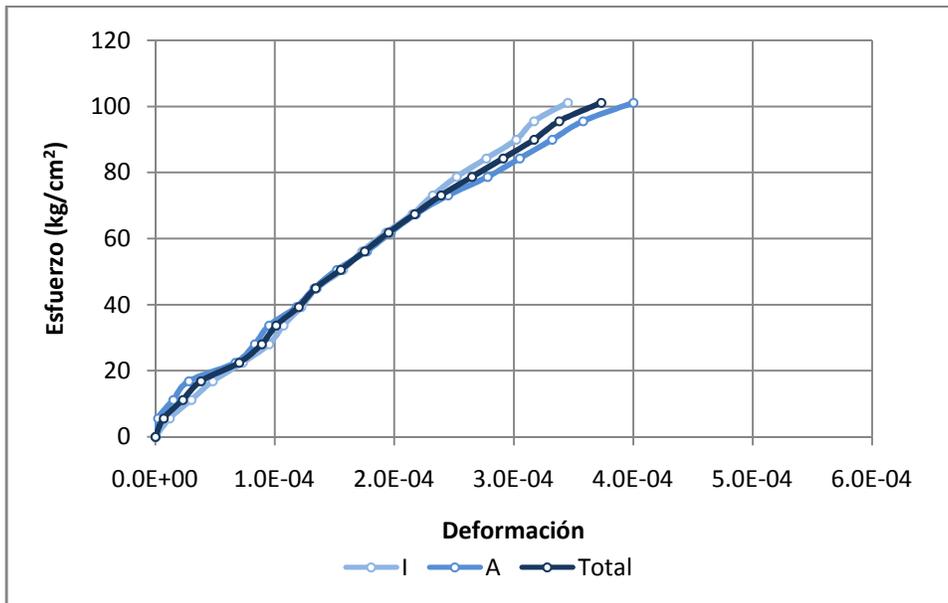


Gráfico 112: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 21 días, probeta 6.

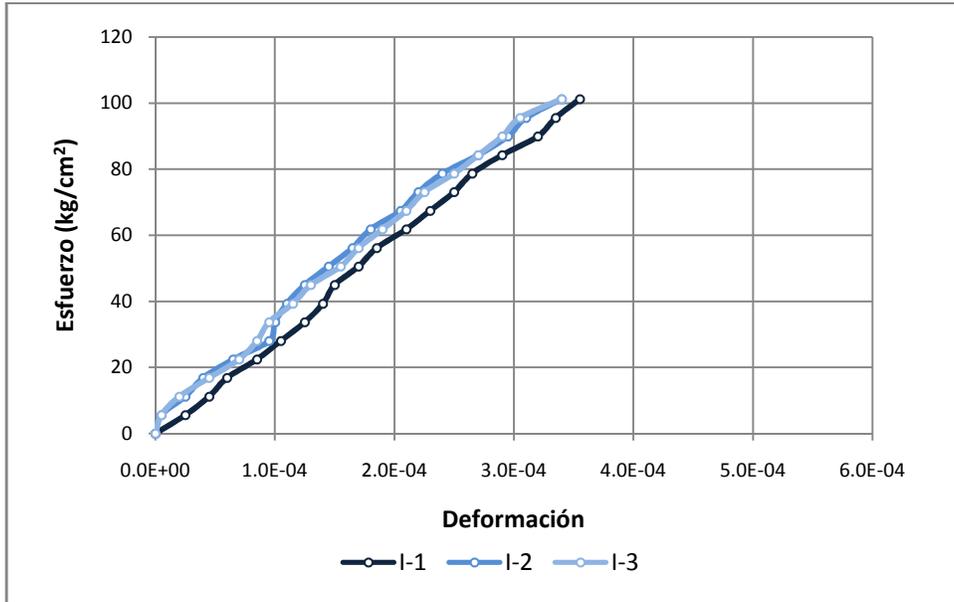


Gráfico 113: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 6.

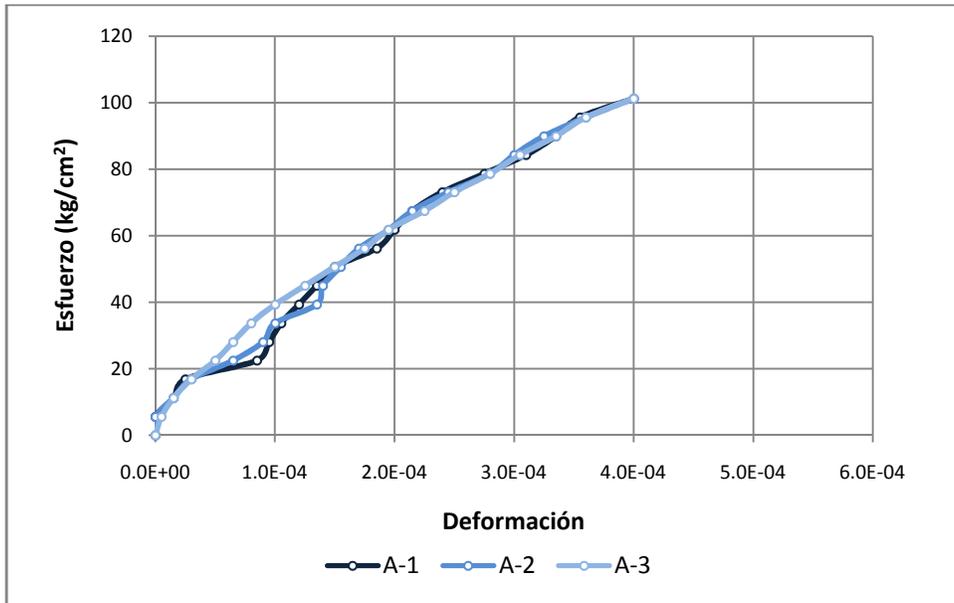


Gráfico 114: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 6.

Resultados de ensayos para determinar el Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto de resistencia 300 kgf/cm<sup>2</sup>.

Fecha de ensayo: 07/05/2008.

Edad: 28 días.

Dimensiones y peso de las probetas de concreto:

Probeta	Peso (kg)	Altura (cm)				Diámetro (cm)			
		1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
1	12,263	30,10	30,20	30,10	30,13	14,90	14,90	14,90	14,90
2	12,416	30,09	30,02	29,96	30,02	15,05	14,98	14,90	14,98
3	12,214	30,10	30,00	30,07	30,26	15,00	14,95	14,87	14,94
4	12,203	29,90	29,90	29,96	29,92	14,90	14,80	14,70	14,80
5	12,267	30,05	29,98	30,05	30,03	14,95	14,96	15,02	14,98
6	12,240	29,98	30,00	30,02	30,00	14,95	14,94	15,00	14,96

Tabla 133: Dimensiones y peso de las probetas de concreto, Resistencia: 300 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 28 días.

Área y Volumen de probetas, y Densidad del concreto:

Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
1	174	5254	2334
2	176	5290	2347
3	175	5306	2302
4	172	5147	2371
5	176	5290	2319
6	176	5276	2320

Tabla 134: Área, Volumen y Densidad del concreto, Resistencia: 300 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 28 días.

Velocidad de Propagación de Onda:

Probeta	Ultrasonido			Velocidad
	1	2	Prom.	
1	73,2	73,4	73,3	4111
2	74,7	74,7	74,7	3573
3	73,4	73,7	73,6	3633
4	71,2	71,2	71,2	4202
5	73,0	72,8	72,9	4119
6	74,3	74,3	74,3	4038

Tabla 135: Tiempo y Velocidad de propagación de Onda. R: 300 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 28 días.

Resistencia a compresión en probetas de concreto:

Probeta	Carga (kg)			$\sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
	Carga	Promedio	40% Carga	
3	47400	47067	19000	270
5	47600			270
6	46200			263
			Promedio	268

*Tabla 136: Resistencia promedio. R: 300 kgf/cm<sup>2</sup>, Edad: 28 días.*

Curvas del Módulo de Elasticidad Secante en probetas de concreto:

Probeta 1:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,74	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,00E-05	4,00E-05	4,00E-05	4,70E-05	2,40E-05
11,47	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,50E-05	7,50E-05	8,00E-05	7,70E-05	3,90E-05
17,21	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	1,00E-04	9,50E-05	9,50E-05	9,70E-05	5,10E-05
22,94	2,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	1,25E-04	1,15E-04	1,20E-04	1,20E-04	7,00E-05
28,68	4,50E-05	4,50E-05	5,00E-05	4,70E-05	1,45E-04	1,35E-04	1,40E-04	1,40E-04	9,40E-05
34,41	7,50E-05	7,50E-05	7,50E-05	7,50E-05	1,65E-04	1,55E-04	1,60E-04	1,60E-04	1,17E-04
40,15	1,00E-04	1,00E-04	1,00E-04	1,00E-04	1,85E-04	1,75E-04	1,75E-04	1,78E-04	1,39E-04
45,88	1,20E-04	1,25E-04	1,30E-04	1,25E-04	1,95E-04	1,95E-04	1,90E-04	1,93E-04	1,59E-04
51,62	1,50E-04	1,60E-04	1,55E-04	1,55E-04	2,15E-04	2,05E-04	2,05E-04	2,08E-04	1,82E-04
57,35	1,75E-04	1,80E-04	1,80E-04	1,78E-04	2,30E-04	2,25E-04	2,30E-04	2,28E-04	2,03E-04
63,09	2,00E-04	2,00E-04	2,00E-04	2,00E-04	2,50E-04	2,45E-04	2,40E-04	2,45E-04	2,23E-04
68,82	2,15E-04	2,25E-04	2,25E-04	2,22E-04	2,70E-04	2,65E-04	2,65E-04	2,67E-04	2,45E-04
74,56	2,45E-04	2,50E-04	2,50E-04	2,48E-04	2,85E-04	2,80E-04	2,85E-04	2,83E-04	2,66E-04
80,29	2,75E-04	2,75E-04	2,80E-04	2,77E-04	3,00E-04	3,00E-04	2,95E-04	2,98E-04	2,88E-04
86,03	2,95E-04	3,00E-04	3,00E-04	2,98E-04	3,20E-04	3,20E-04	3,20E-04	3,20E-04	3,09E-04
91,76	3,15E-04	3,20E-04	3,20E-04	3,18E-04	3,45E-04	3,45E-04	3,45E-04	3,45E-04	3,32E-04
97,50	3,40E-04	3,45E-04	3,50E-04	3,45E-04	3,65E-04	3,60E-04	3,65E-04	3,63E-04	3,54E-04
103,23	3,70E-04	3,70E-04	3,75E-04	3,72E-04	3,85E-04	3,85E-04	3,85E-04	3,85E-04	3,79E-04
108,97	3,95E-04	3,95E-04	3,95E-04	3,95E-04	4,00E-04	4,00E-04	4,00E-04	4,00E-04	3,98E-04

Tabla 137: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 300 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 28 días, Probeta 1.

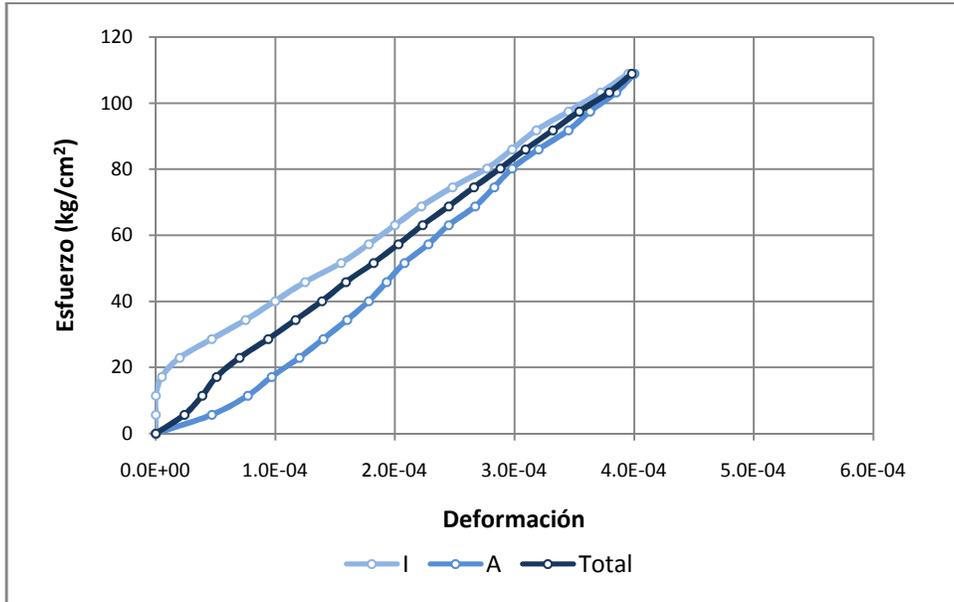


Gráfico 115: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 28 días, probeta 1.

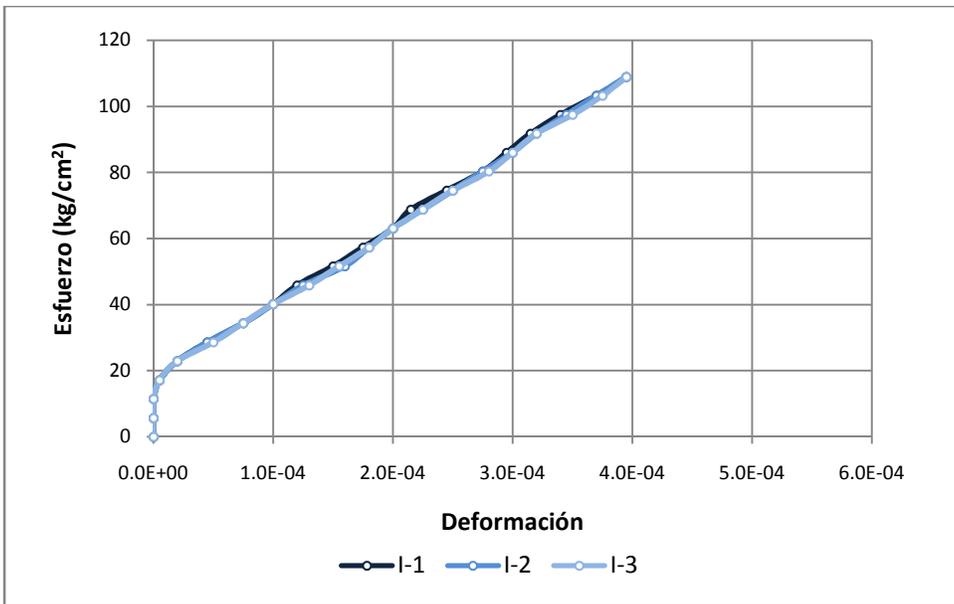


Gráfico 116: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 1.

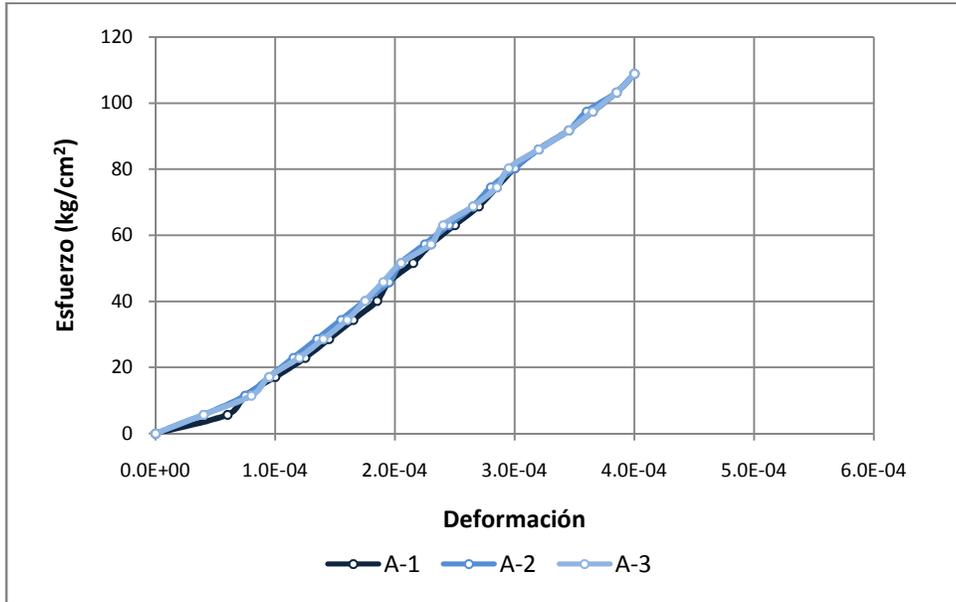


Gráfico 117: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 1.

Probeta 2:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,68	2,00E-05	1,00E-05	5,00E-06	1,20E-05	1,00E-05	2,50E-05	3,50E-05	2,30E-05	1,80E-05
11,35	3,50E-05	3,50E-05	2,50E-05	3,20E-05	3,00E-05	4,00E-05	4,50E-05	3,80E-05	3,50E-05
17,03	5,00E-05	5,50E-05	4,50E-05	5,00E-05	4,00E-05	5,50E-05	5,50E-05	5,00E-05	5,00E-05
22,71	6,50E-05	8,00E-05	7,50E-05	7,30E-05	5,50E-05	7,00E-05	7,50E-05	6,70E-05	7,00E-05
28,38	8,50E-05	1,00E-04	9,50E-05	9,30E-05	8,50E-05	8,00E-05	9,00E-05	8,50E-05	8,90E-05
34,06	1,10E-04	1,20E-04	1,10E-04	1,13E-04	1,00E-04	9,50E-05	1,10E-04	1,02E-04	1,08E-04
39,74	1,30E-04	1,40E-04	1,30E-04	1,33E-04	1,20E-04	1,10E-04	1,20E-04	1,17E-04	1,25E-04
45,41	1,55E-04	1,65E-04	1,55E-04	1,58E-04	1,50E-04	1,30E-04	1,40E-04	1,40E-04	1,49E-04
51,09	1,70E-04	1,85E-04	1,75E-04	1,77E-04	1,60E-04	1,45E-04	1,60E-04	1,55E-04	1,66E-04
56,76	1,90E-04	2,05E-04	1,95E-04	1,97E-04	1,70E-04	1,60E-04	1,90E-04	1,73E-04	1,85E-04
62,44	2,20E-04	2,20E-04	2,15E-04	2,18E-04	1,80E-04	1,80E-04	2,00E-04	1,87E-04	2,03E-04
68,12	2,40E-04	2,40E-04	2,35E-04	2,38E-04	1,90E-04	1,95E-04	2,10E-04	1,98E-04	2,18E-04
73,79	2,60E-04	2,65E-04	2,55E-04	2,60E-04	2,00E-04	2,20E-04	2,25E-04	2,15E-04	2,37E-04
79,47	2,80E-04	2,90E-04	2,80E-04	2,83E-04	2,20E-04	2,35E-04	2,40E-04	2,32E-04	2,58E-04
85,15	3,05E-04	3,10E-04	3,00E-04	3,05E-04	2,40E-04	2,45E-04	2,50E-04	2,45E-04	2,75E-04
90,82	3,30E-04	3,35E-04	3,25E-04	3,30E-04	2,60E-04	2,60E-04	2,75E-04	2,65E-04	2,98E-04
96,50	3,50E-04	3,65E-04	3,55E-04	3,57E-04	2,75E-04	2,95E-04	2,85E-04	2,85E-04	3,21E-04
102,18	3,70E-04	3,95E-04	3,90E-04	3,85E-04	2,90E-04	3,10E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,43E-04
107,85	4,10E-04	4,15E-04	4,10E-04	4,12E-04	3,25E-04	3,25E-04	3,30E-04	3,27E-04	3,70E-04

**Tabla 138: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 300 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 28 días, Probeta 2.**

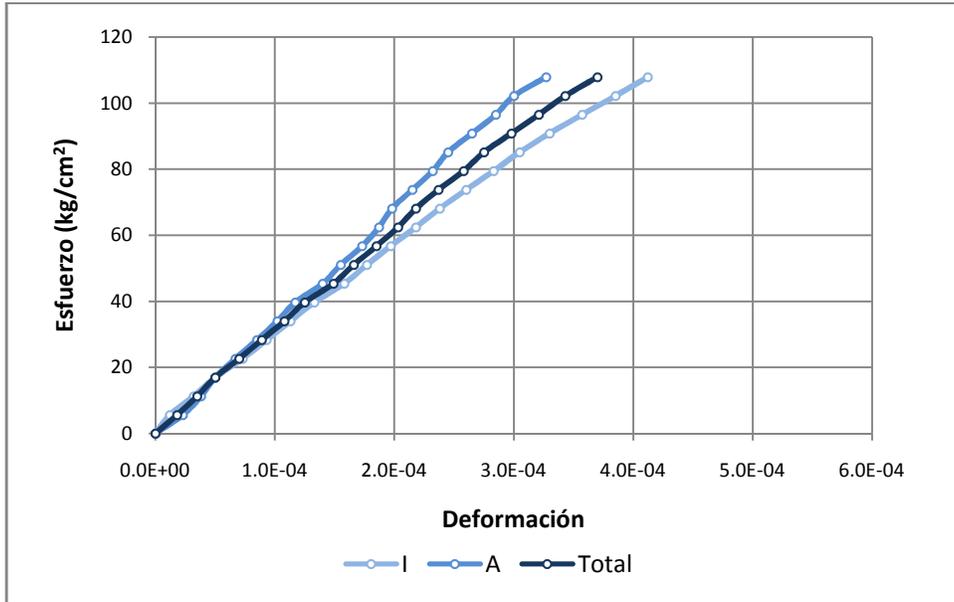


Gráfico 118: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 28 días, probeta 2.

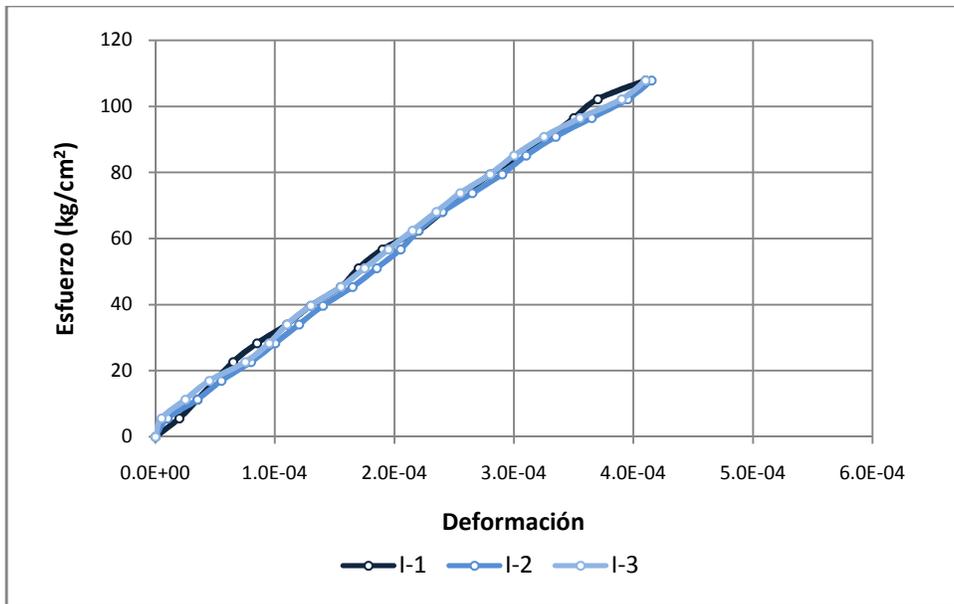


Gráfico 119: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 2.

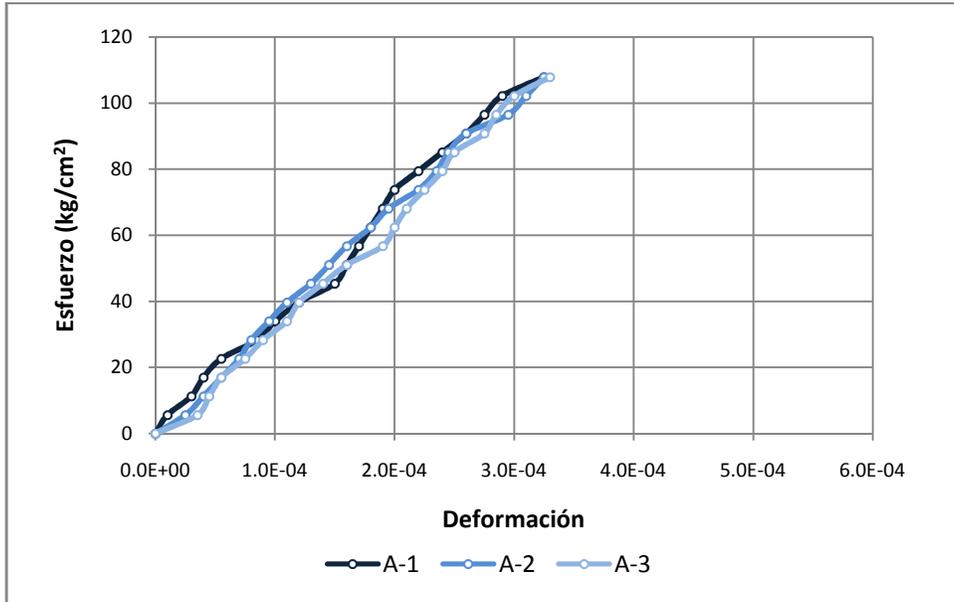


Gráfico 120: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 2.

Probeta 4:

Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación Vertical 1			Promedio	Deformación Vertical 2			Promedio	Prom. Total
	I-1	I-2	I-3		A-1	A-2	A-3		
0,00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,81	1,50E-05	1,50E-05	3,00E-05	2,00E-05	2,50E-05	1,50E-05	3,00E-05	2,30E-05	2,20E-05
11,63	4,00E-05	3,50E-05	4,50E-05	4,00E-05	3,00E-05	4,00E-05	4,00E-05	3,70E-05	3,90E-05
17,44	9,00E-05	9,00E-05	9,00E-05	9,00E-05	7,50E-05	7,50E-05	8,00E-05	7,70E-05	8,40E-05
23,25	1,00E-04	1,20E-04	1,15E-04	1,12E-04	1,00E-04	1,10E-04	1,15E-04	1,08E-04	1,10E-04
29,06	1,40E-04	1,50E-04	1,50E-04	1,47E-04	1,35E-04	1,35E-04	1,35E-04	1,35E-04	1,41E-04
34,88	1,75E-04	1,75E-04	1,80E-04	1,77E-04	1,75E-04	1,70E-04	1,80E-04	1,75E-04	1,76E-04
40,69	2,00E-04	2,00E-04	2,05E-04	2,02E-04	1,90E-04	1,85E-04	1,90E-04	1,88E-04	1,95E-04
46,50	2,10E-04	2,10E-04	2,15E-04	2,12E-04	2,00E-04	2,00E-04	2,00E-04	2,00E-04	2,06E-04
52,32	2,25E-04	2,30E-04	2,35E-04	2,30E-04	2,20E-04	2,25E-04	2,30E-04	2,25E-04	2,28E-04
58,13	2,50E-04	2,45E-04	2,50E-04	2,48E-04	2,40E-04	2,35E-04	2,40E-04	2,38E-04	2,43E-04
63,94	2,70E-04	2,70E-04	2,65E-04	2,68E-04	2,60E-04	2,60E-04	2,65E-04	2,62E-04	2,65E-04
69,75	2,80E-04	2,80E-04	2,80E-04	2,80E-04	2,70E-04	2,70E-04	2,75E-04	2,72E-04	2,76E-04
75,57	3,00E-04	3,00E-04	2,95E-04	2,98E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,00E-04	3,00E-04	2,99E-04
81,38	3,10E-04	3,10E-04	3,30E-04	3,17E-04	3,05E-04	3,05E-04	3,15E-04	3,08E-04	3,13E-04
87,19	3,30E-04	3,30E-04	3,45E-04	3,35E-04	3,20E-04	3,20E-04	3,35E-04	3,25E-04	3,30E-04
93,01	3,50E-04	3,45E-04	3,55E-04	3,50E-04	3,40E-04	3,35E-04	3,50E-04	3,42E-04	3,46E-04
98,82	3,60E-04	3,65E-04	3,70E-04	3,65E-04	3,50E-04	3,60E-04	3,65E-04	3,58E-04	3,61E-04
104,63	3,75E-04	3,80E-04	3,80E-04	3,78E-04	3,65E-04	3,70E-04	3,75E-04	3,70E-04	3,74E-04
110,44	3,95E-04	3,95E-04	3,90E-04	3,93E-04	3,75E-04	3,80E-04	3,85E-04	3,80E-04	3,87E-04

Tabla 139: Esfuerzo y deformación unitaria de cada ensayo y promedio, R: 300 kgf/cm<sup>2</sup> Edad: 28 días, Probeta 4.

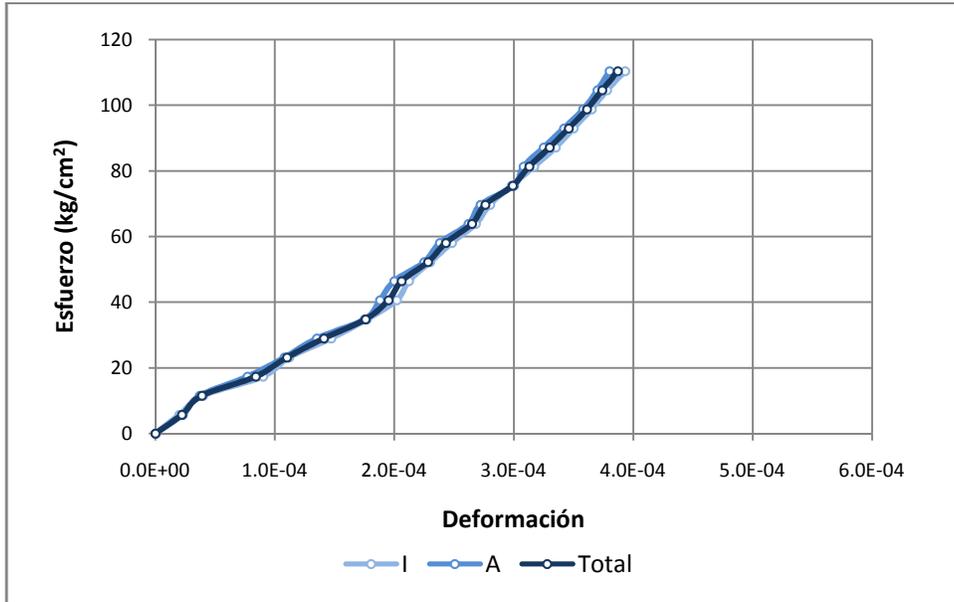


Gráfico 121: Curva esfuerzo vs deformación de la lectura de los 2 extensómetros y su promedio para la edad de 28 días, probeta 4.

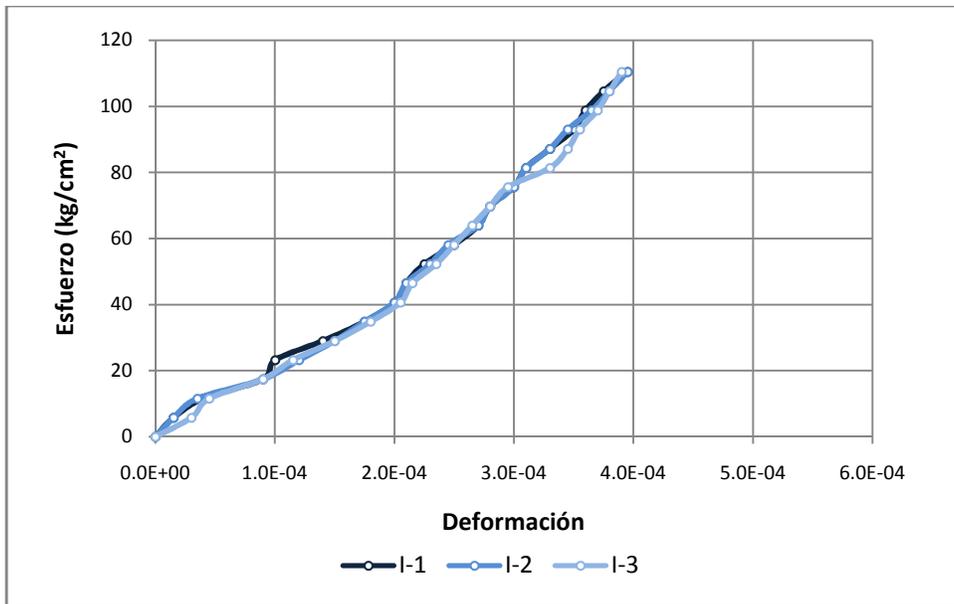


Gráfico 122: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 1), probeta 4.

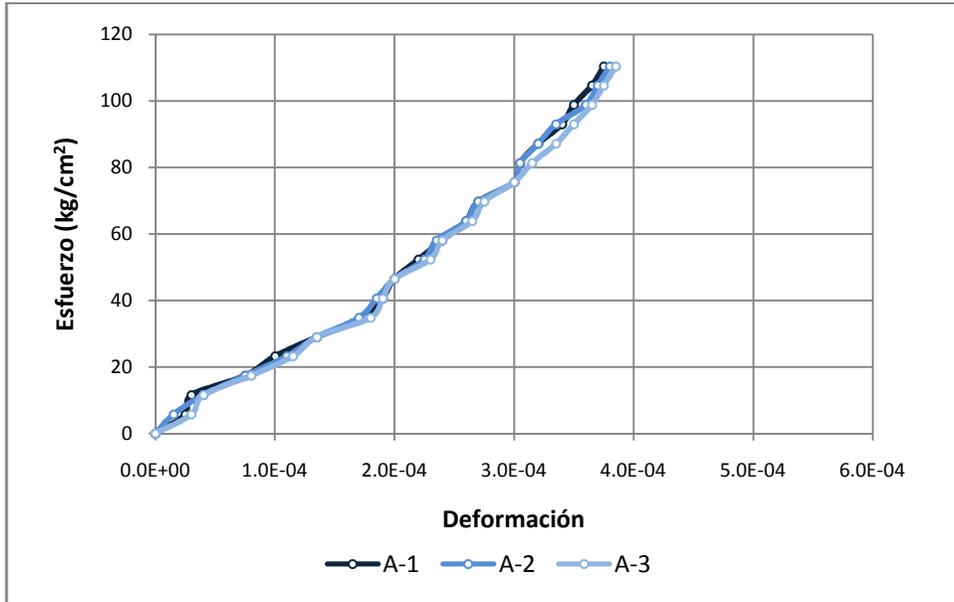


Gráfico 123: Curvas de esfuerzo vs deformación (Extensómetro 2), probeta 4.

Módulo de elasticidad de cada uno de los ensayos realizados a las diferentes probetas, en cada una de las resistencias y edades.

Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Día	Probeta	Ensayo		Pendiente I (kg/cm <sup>2</sup> )	Pendiente A (kg/cm <sup>2</sup> )	Pendiente G (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar
180	8	1	1	I	119774	185311	118644	13575
			2	A	122034	189831	193220	
			3	T	116384	196610	148023	
180	8	4	1	I	145763	128814	143503	
			2	A	144633	128814	128814	
			3	T	142373	128814	135593	
180	8	5	1	I	138983	196610	138983	
			2	A	136723	190960	198870	
			3	T	140113	211299	162712	
180	14	3	1	I	160452	239548	161582	7191
			2	A	161582	255367	254237	
			3	T	161582	256497	197740	
180	14	5	1	I	158192	244068	158192	
			2	A	159322	215819	230508	
			3	T	158192	231638	187571	
180	14	6	1	I	0	0	0	
			2	A	0	0	0	
			3	T	0	0	0	
180	21	3	1	I	175141	180791	175141	8969
			2	A	171751	174011	178531	
			3	T	178531	178531	176271	
180	21	4	1	I	166102	204520	164972	
			2	A	163842	197740	198870	
			3	T	164972	190960	179661	
180	21	5	1	I	203390	181921	203390	
			2	A	202260	185311	185311	
			3	T	204520	189831	193220	
180	28	1	1	I	187571	210169	187571	14776
			2	A	183051	206780	210169	
			3	T	183051	211299	196610	
180	28	2	1	I	168362	175141	172881	
			2	A	172881	175141	175141	
			3	T	174011	177401	172881	
180	28	3	1	I	209040	181921	212429	
			2	A	210169	200000	186441	
			3	T	215819	181921	200000	

**Tabla 140: Módulos de elasticidad de cada una de las probetas y desviación de los resultados. Viene referidas por resistencia, fecha de ensayo y número de identificación de la probeta.**

Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Día	Probeta	Ensayo	Pendiente I (kg/cm <sup>2</sup> )	Pendiente A (kg/cm <sup>2</sup> )	Pendiente G (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar		
210	7	2 (*)	1	I	329944	268927	292655	3995	
			2	A	281356	275706	271186		
			3	T	273446	271186	282486		
210	7	3	1	I	244068	134463	248588		
			2	A	242938	144633	142373		
			3	T	267797	149153	183051		
210	7	5	1	I	237288	160452	242938		
			2	A	242938	149153	154802		
			3	T	240678	152542	188701		
210	14	4	1	I	297175	239548	299435		19604
			2	A	303955	240678	245198		
			3	T	302825	253107	268927		
210	14	5	1	I	229379	225989	237288		
			2	A	238418	227119	225989		
			3	T	238418	223729	230508		
210	14	6	1	I	261017	231638	251977		
			2	A	253107	221469	229379		
			3	T	240678	228249	242938		
210	21	1	1	I	196610	236158	206780	22438	
			2	A	206780	251977	248588		
			3	T	214689	255367	225989		
210	21	5	1	I	218079	248588	220339		
			2	A	221469	256497	256497		
			3	T	221469	266667	270056		
210	21	6	1	I	264407	222599	258757		
			2	A	261017	214689	220339		
			3	T	247458	219209	240678		
210	28	2	1	I	225989	293785	223729		17517
			2	A	211299	290395	293785		
			3	T	230508	296045	256497		
210	28	5	1	I	261017	236158	258757		
			2	A	262147	246328	242938		
			3	T	256497	246328	250847		
210	28	6	1	I	193220	223729	195480		
			2	A	198870	265537	251977		
			3	T	194350	266667	223729		

(\*) Este valor ha sido retirado y no cuenta dentro de los resultados por no tener el mismo comportamiento de la familia de probetas utilizadas en este ensayo.

**Tabla 141: Módulos de elasticidad de cada una de las probetas y desviación de los resultados. Viene referidas por resistencia, fecha de ensayo y número de identificación de la probeta.**

Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Día	Probeta	Ensayo	Pendiente I (kg/cm <sup>2</sup> )	Pendiente A (kg/cm <sup>2</sup> )	Pendiente G (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar
250	7	1	1	I	289266	184181	287006
			2	A	296045	188701	185311
			3	T	274576	183051	224859
250	7	4	1	I	212429	186441	215819
			2	A	225989	188701	187571
			3	T	209040	188701	201130
250	7	5	1	I	168362	246328	167232
			2	A	170621	264407	258757
			3	T	166102	267797	204520
250	14	4	1	I	190960	247458	190960
			2	A	194350	249718	250847
			3	T	193220	249718	215819
250	14	5	1	I	163842	242938	167232
			2	A	169492	244068	237288
			3	T	166102	224859	196610
250	14	6	1	I	263277	194350	262147
			2	A	261017	192090	193220
			3	T	259887	190960	222599
250	21	2	1	I	228249	283616	224859
			2	A	225989	268927	276836
			3	T	220339	292655	249718
250	21	3	1	I	206780	266667	207910
			2	A	209040	258757	259887
			3	T	210169	257627	230508
250	21	4	1	I	233898	216949	227119
			2	A	223729	215819	216949
			3	T	224859	214689	222599
250	28	1	1	I	259887	270056	259887
			2	A	258757	261017	263277
			3	T	259887	259887	261017
250	28	4	1	I	253107	215819	254237
			2	A	254237	259887	223729
			3	T		229379	238418
250	28	6	1	I	195480	253107	194350
			2	A	192090	264407	262147
			3	T	193220	264407	222599

**Tabla 142: Módulos de elasticidad de cada una de las probetas y desviación de los resultados. Viene referidas por resistencia, fecha de ensayo y número de identificación de la probeta.**

Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Día	Probeta	Ensayo	Pendiente I (kg/cm <sup>2</sup> )	Pendiente A (kg/cm <sup>2</sup> )	Pendiente G (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar
300	7	1	1	I	166102	272316	163842
			2	A	163842	274576	275706
			3	T	160452	275706	204520
300	7	2	1	I	178531	292655	178531
			2	A	179661	273446	284746
			3	T		287006	218079
300	7	6	1	I	242938	207910	241808
			2	A	237288	207910	207910
			3	T	240678	205650	222599
300	14	3	1	I	190960	277966	192090
			2	A	192090	301695	297175
			3	T	190960	308475	232768
300	14	4	1	I	168362	215819	170621
			2	A	171751	235028	225989
			3	T	171751	0	194350
300	14	6	1	I	0	0	0
			2	A	0	0	0
			3	T	0	0	0
300	21	1	1	I	306215	230508	303955
			2	A	289266	237288	227119
			3	T	300565	215819	262147
300	21	4	1	I	233898	227119	233898
			2	A	233898	214689	219209
			3	T	232768	214689	225989
300	21	6	1	I	271186	213559	273446
			2	A	263277	213559	211299
			3	T	279096	207910	238418
300	28	1	1	I	229379	307345	228249
			2	A	228249	298305	301695
			3	T	227119	299435	258757
300	28	2	1	I	257627	341243	257627
			2	A	255367	331073	340113
			3	T	255367	341243	291525
300	28	4	1	I	325424	336723	324294
			2	A	329944	326554	327684
			3	T	326554	319774	324294

**Tabla 143: Módulos de elasticidad de cada una de las probetas y desviación de los resultados. Viene referidas por resistencia, fecha de ensayo y número de identificación de la probeta.**

Gráficos de los módulos de elasticidad normativo y modulo de elasticidad de esfuerzo y deformación inicial cero (0).

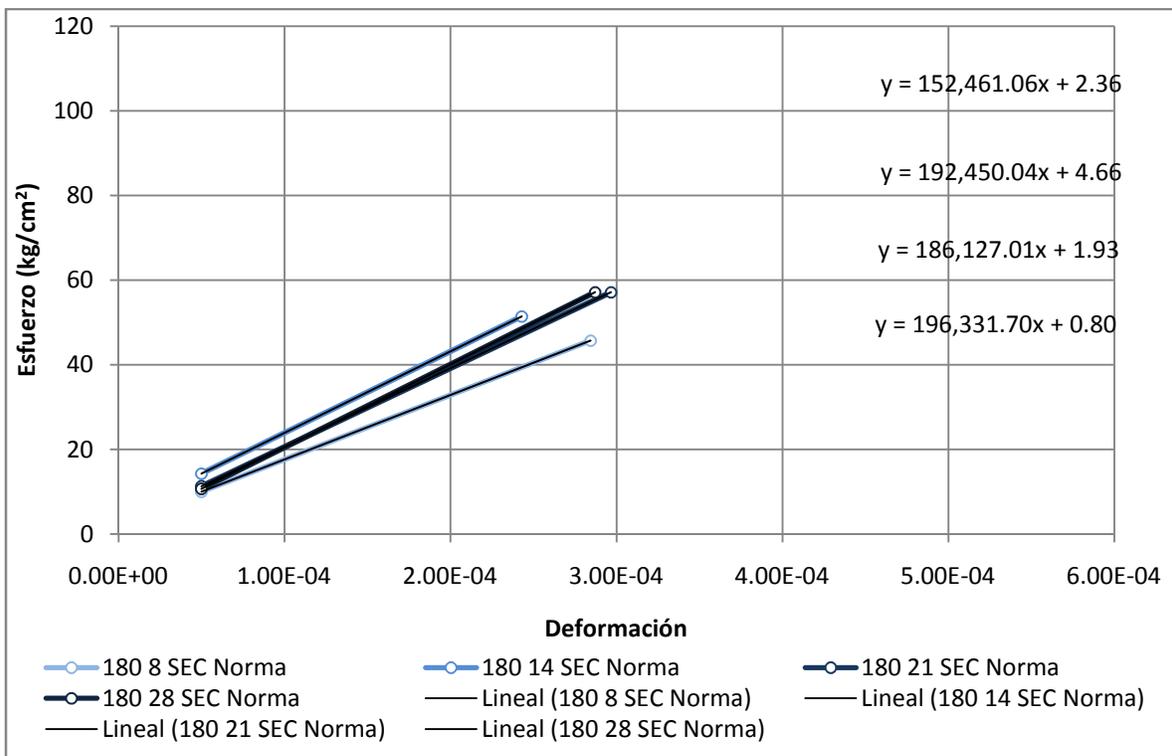


Gráfico 172: Pendientes Modulo Secante por norma COVENIN 1468.

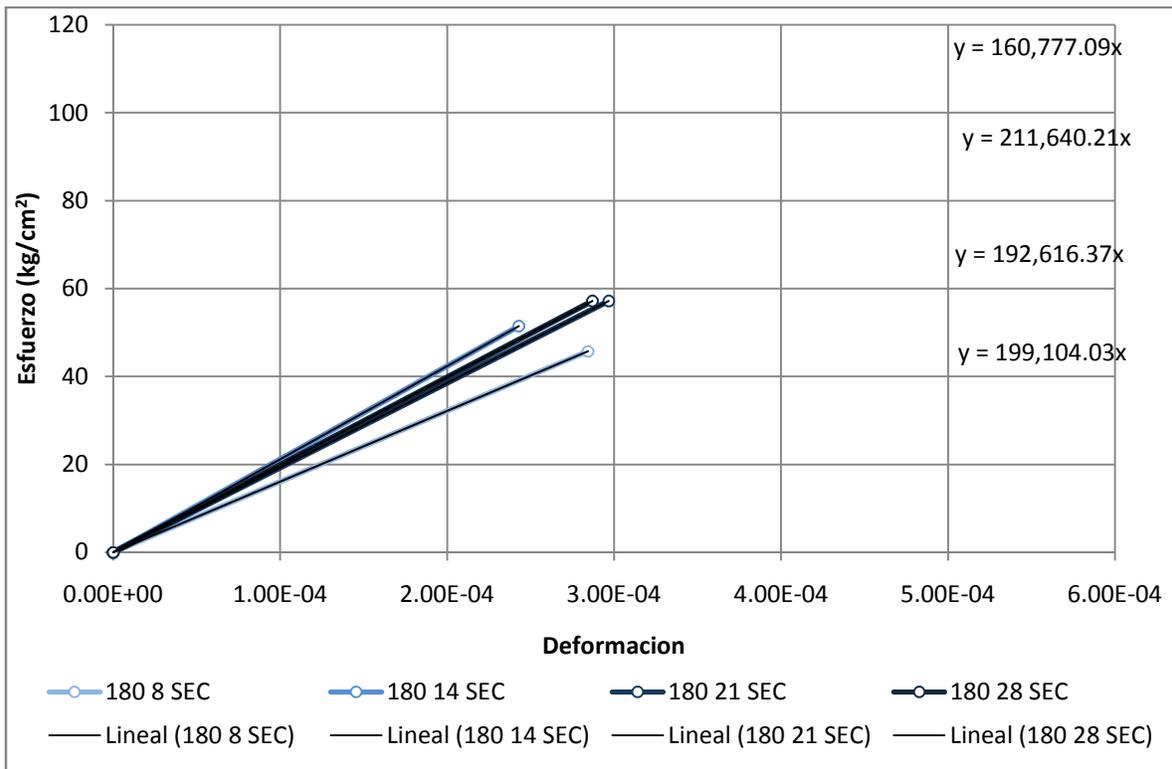


Grafico 173: Pendientes Modulo Secante.

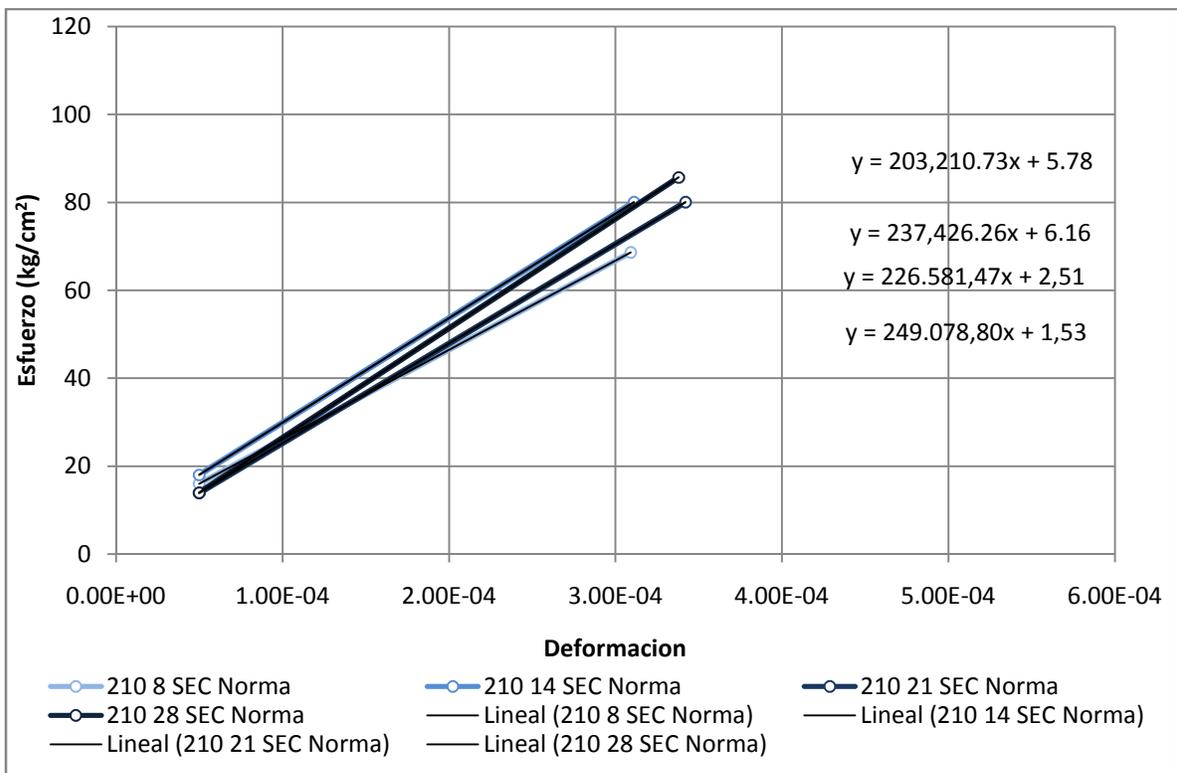


Grafico 174: Pendientes Modulo Secante por norma COVENIN 1468.

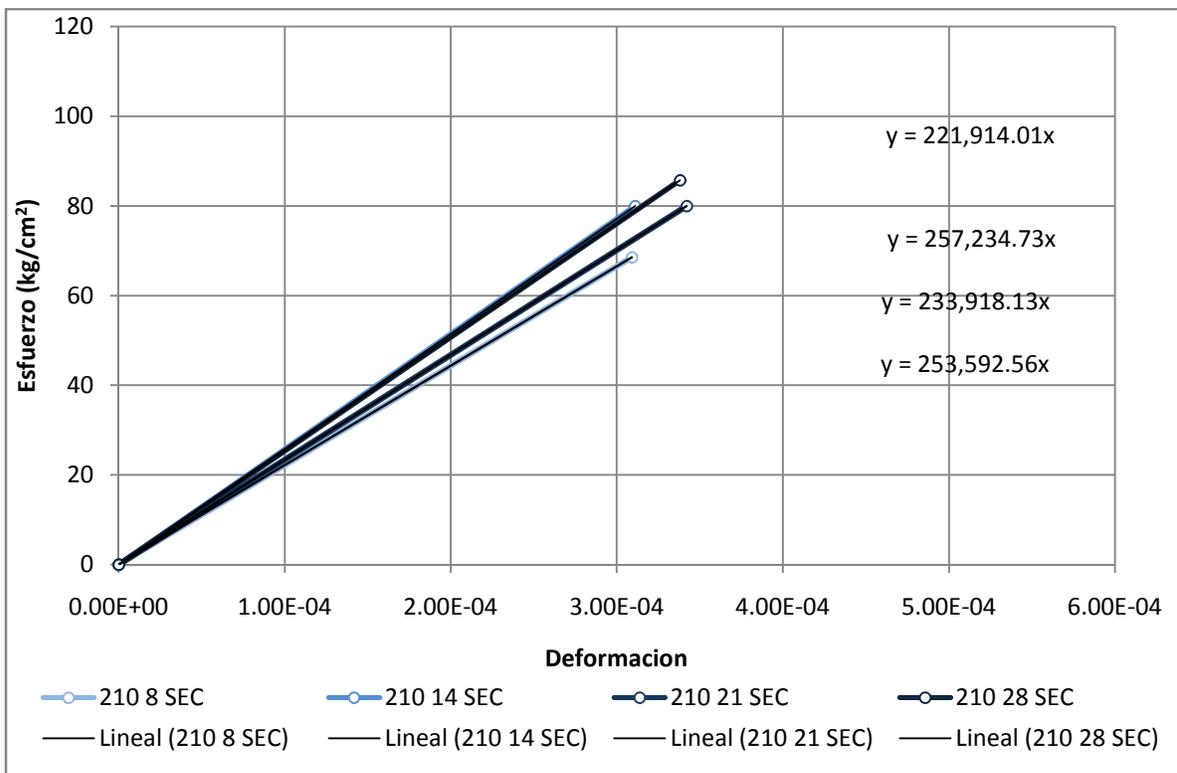


Grafico 175: Pendientes Modulo Secante.

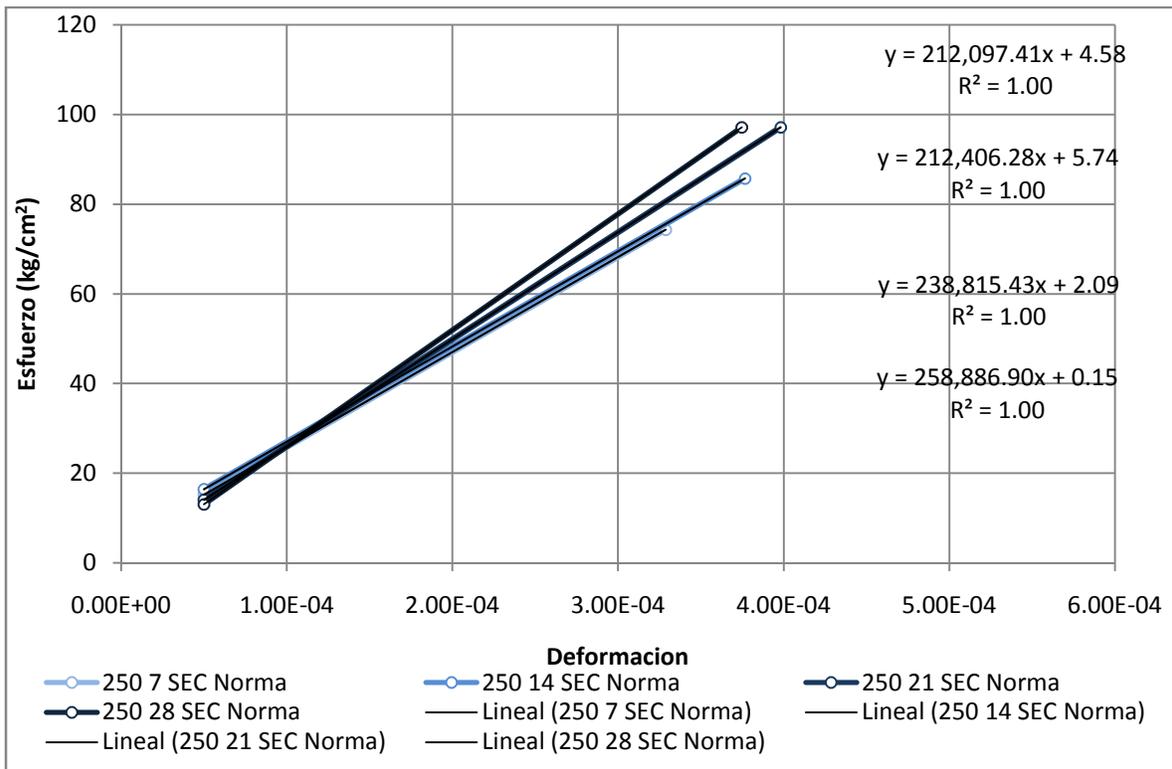


Grafico 176: Pendientes Modulo Secante por norma COVENIN 1468.

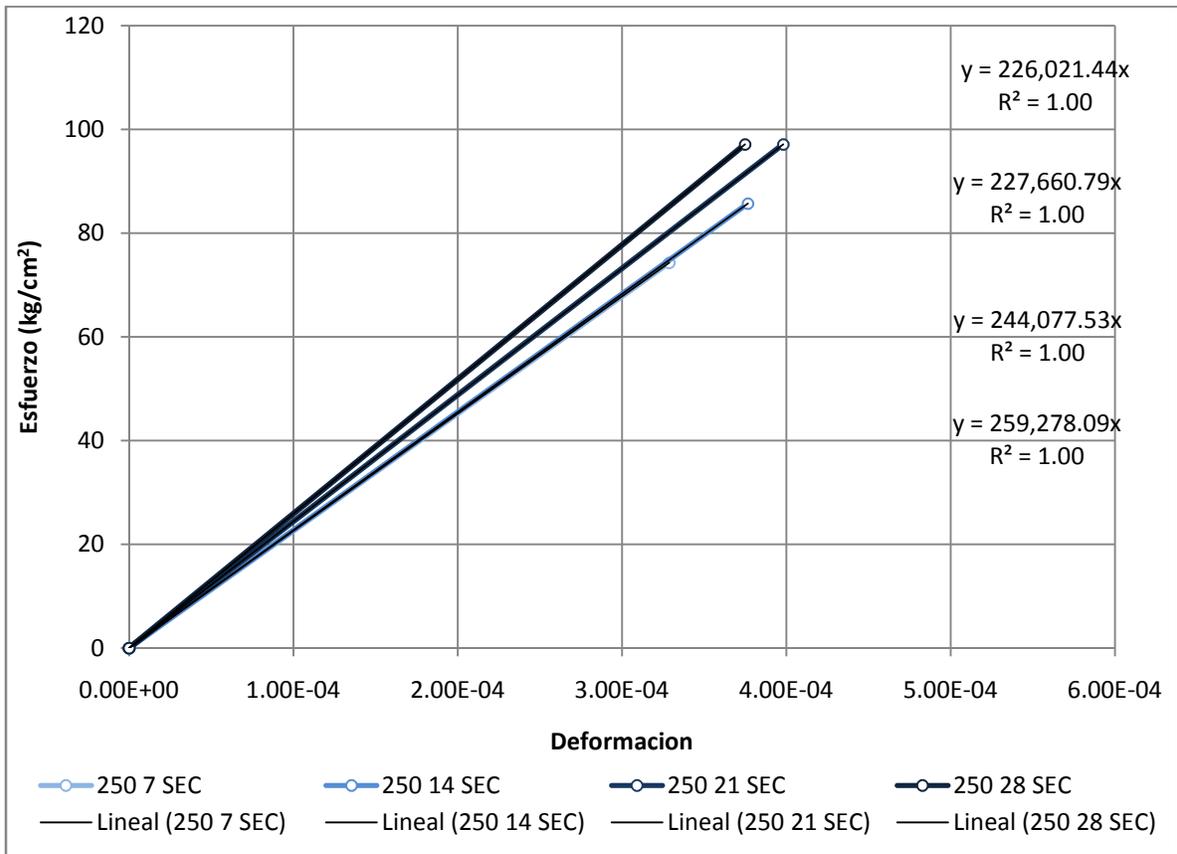


Grafico 177: Pendientes Modulo Secante.

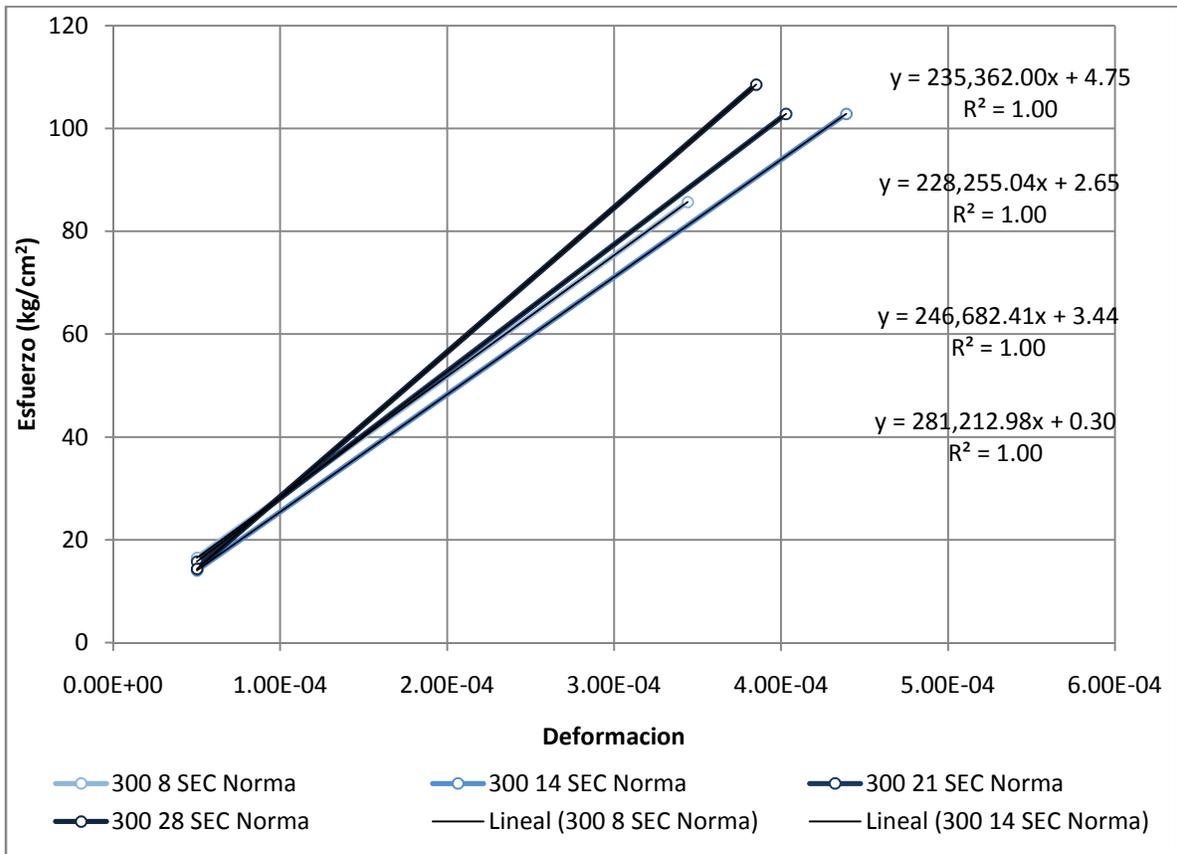


Grafico 178: Pendientes Modulo Secante por norma COVENIN 1468.

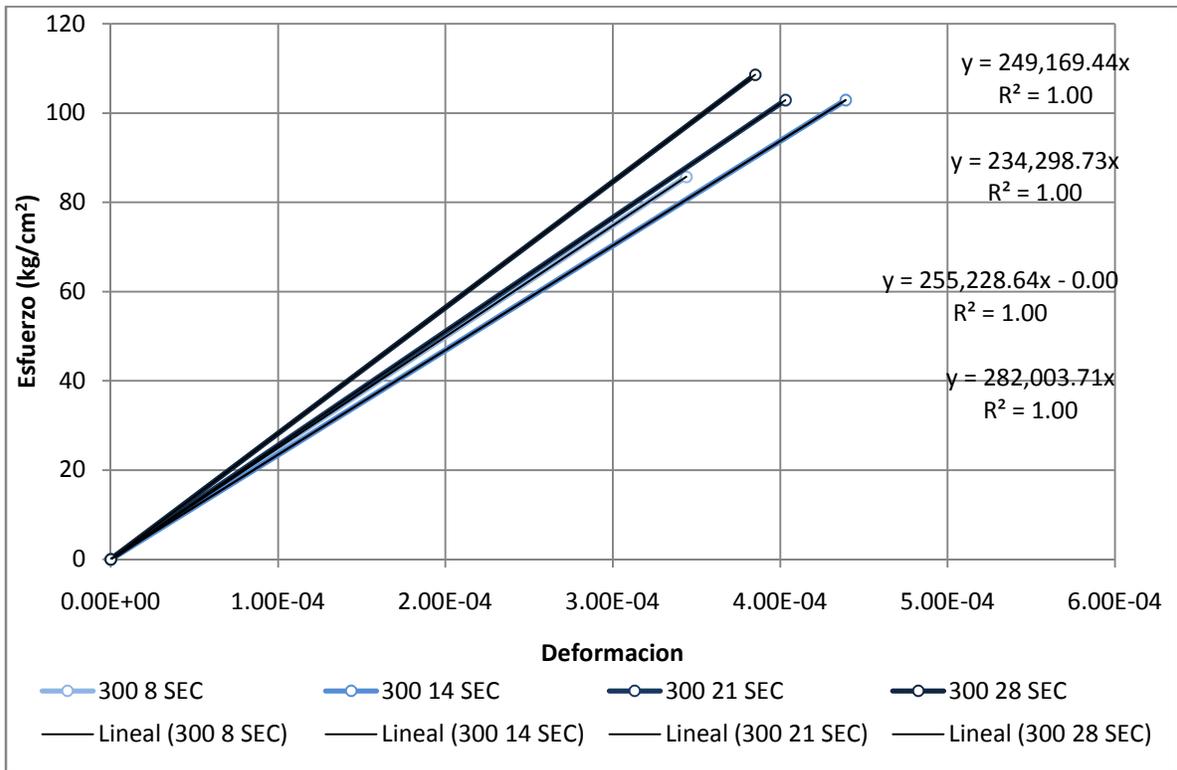


Grafico 179: Pendientes Modulo Secante.