



D DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

MÉTODO WALKER

I. RESUMEN

La finalidad del presente es realizar el diseño de mezclas de concreto utilizando el método de WALKER.

Este método requiere de una serie de operaciones previas, tales como determinar las propiedades físicas de los materiales a usar:

- Peso específico de masa, grado de absorción, contenido de humedad, módulo de finura (agregado fino y agregado grueso).
- Tamaño Máximo Nominal, peso seco compactado y como requisito primordial, el PERFIL (agregado grueso).
- Tipo, fábrica y peso específico del cemento.
- Calidad del agua.

Una vez completado el diseño y determinadas las cantidades en peso de cada uno de los constitutivos del concreto se procedió con su preparación, para luego determinar su slump y peso unitario (concreto fresco); posteriormente se efectuó el vaciado en los moldes metálicos previamente engrasados.

El concreto reposó en el molde metálico por espacio de 24 horas, al cabo de las mismas las probetas fueron desmoldadas y sumergidas completamente en agua por 11 días, luego de ello se secaron al ambiente por 1 día.

A los 12 días de vida, las probetas, fueron sometidas al Ensayo de Resistencia a la Compresión, previa determinación de sus dimensiones y peso seco, considerando que a esta edad alcanza el 77.143% de la resistencia especificada a los 28 días.



Cabe hacer notar que la preparación del concreto se realizó manualmente, utilizando para ello una carretilla y una palana.

II. INTRODUCCIÓN

El concreto es un material heterogéneo constituido principalmente de la combinación de cemento, agua y agregados fino y grueso. El concreto contiene un pequeño volumen de aire atrapado, y puede contener también aire intencionalmente incorporado mediante el empleo de un aditivo.

El denominado Método de WALKER se desarrolla debido a la preocupación del profesor norteamericano Stanton Walker en relación con el hecho de que, sea cual fuera la resistencia de diseño del concreto y por tanto su relación agua/cemento, contenido de cemento y características del agregado fino, la cantidad de agregado grueso era la misma.

Considerando que la relación fino-grueso debería variar en función del contenido de la pasta en la mezcla, así como del perfil y del TMN del agregado grueso, y que otro factor que debería ser considerado era la mayor o menor fineza del agregado fino, el profesor Walker desarrolló una serie de tablas en donde consideró esto último, clasificando al agregado fino como fino, mediano y grueso. Igualmente se considera si el agregado grueso es de perfil redondeado o angular y, para cada uno de los dos casos, se consideraron cuatro alternativas de factor cemento. Todo ello permite encontrar un porcentaje de agregado fino que se considera como el más conveniente en relación al volumen absoluto total de agregado.



III. OBJETIVOS

- Realizar el diseño de una mezcla de concreto usando el método del WALKER, basándonos en una resistencia especificada $f'c = 270 \text{ Kg/cm}^2$ (resistencia requerida).
- Determinar las propiedades tanto del concreto fresco (slump, peso unitario), como del concreto endurecido (esfuerzo de rotura, módulo de elasticidad).
- Evaluar la resistencia alcanzada por el concreto endurecido.

IV. ALCANCES

El presente trabajo pretende servir como un material de consulta referido a la aplicación del método de Walker para el diseño de mezclas de concreto; a todos los alumnos y personas en general interesados por el tema.

V. METODOLOGÍA

El método empleado fue la práctica directa en laboratorio, en la cual el primer paso fue seleccionar los materiales a utilizar, determinar sus características, luego realizar el diseño de la mezcla de concreto, posteriormente prepararlo, determinar sus propiedades y evaluar e interpretar los resultados.



VI. ESPECIFICACIONES DE SERVICIO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.

1. ESPECIFICACIONES DE SERVICIO

A) RESISTENCIA ESPECIFICADA:

$$f_c = 270 \text{ Kg./cm}^2.$$

B) USANDO EL CRITERIO 2 (DADO EN CLASE).

- Cuando se tiene registros de resistencias de probetas correspondientes a obras y proyectos anteriores, puesto que ya hemos realizado trabajos anteriores; podremos utilizar este criterio y la tabla que nos ofrece :V

f_c	f_{cr}
Menos de 210	f_c+70
210 – 350	f_c+84
>350	f_c+98

- c) Concreto Normal NO expuesto a condiciones severas.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

A) CEMENTO

- Portland Tipo I “Pacasmayo”
- Peso específico = 3.15 gr./cm^3 .

B) AGUA

- Potable

C) AGREGADOS:

PROPIEDADES	A. FINO	A. GRUESO
TAMAÑO MÁXIMO	-	1"
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	1"
PESO ESPECÍFICO DE MASA (gr/cm ³)	2.62	2.43
ABSORCIÓN (%)	3.09	1.05
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.30	1.34
MÓDULO DE FINURA	2.863	7.55
PESO U. S. COMPACTADO (Kg/m ³)	-	1533.96
PERFIL		anguloso

VII. DESARROLLO DEL MÉTODO DE WALKER**1. CÁLCULO DE F'CR.**

- Tomando en cuenta el criterio 2 sabemos que:

$$f'cr = f'c + 85$$

$$f'cr = 270 + 85 = 355 \text{ Kg / Cm}^2$$

2. DETERMINACIÓN DEL TMN DEL AGREGADO GRUESO.

Por lo tanto:

$$\text{TMN} = 1"$$

3. DETERMINACIÓN DEL SLUMP.**CONSISTENCIA PLÁSTICA**

$$\text{Slump: } 3" - 4"$$



4. DETERMINACIÓN LA CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO.

AGREGADO ANGULAR.

$$\text{Volumen de Agua de Mezcla} = 197 \text{ Lts/m}^3$$

5. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE.

$$\text{Volumen de aire atrapado} = 1.5\%$$

6. DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN A/C.

A). POR RESISTENCIA

Interpolando:

$$400 \text{-----} 0.43$$

$$355 \text{-----} X$$

$$350 \text{-----} 0.48$$

$$\frac{45}{50} = \frac{x}{0.05}$$

$$X = 0.475$$

$$a/c = 0.475$$

NOTA: Por ser un concreto NO expuesto a condiciones severas, sólo se determinará la relación agua/cemento por Resistencia, mas no por Durabilidad.

7. CÁLCULO DEL FACTOR CEMENTO (FC).

$$FC = \frac{\text{Agua de mezcla}}{a/c} = \frac{197}{0.475} = 414,737 \text{ Kg / m}^3$$

$$FC = 414,737 \text{ Kg./m}^3 = 9,7585 \text{ Bls/m}^3$$



8. CÁLCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS (CEMENTO, AGUA, AIRE).

- Cemento = $\frac{414,737}{3150} = 0.131663 \text{ m}^3$
 - Agua de mezcla = 0.197 m^3
 - Aire = $1.5 \% = 0.015 \text{ m}^3$
-

$\Sigma \nabla$ absolutos = 0.343663 m3

9. CÁLCULO DE VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GLOBAL.

∇ A. Global = $1 - 0.343663$

$\therefore \nabla$ A. Global = 0.656337m3

10. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE INCIDENCIA DEL A. FINO EN EL A. GLOBAL.(TABLA WALKER DADA EN CLASE)

Interpolando:

Bolsas	% A° F°
10 -----	5,57
9,7585-----	% A°.F°.
9 -----	5,49

$$\frac{10 - 9}{10 - 9,7585} = \frac{5,57 - 5,49}{5,57 - \% A.F} = 5,55\%$$

$\therefore \% A.F. = 5,55 \%$

$\Rightarrow \nabla A.F. = 0.656 * 0.0555 = 0.0364 \text{ m}^3$

$\therefore \nabla A.F. = 0.0364 \text{ m}^3$

**11. DETERMINACIÓN DEL GRADO DE INCIDENCIA DEL A. GRUESO
EN EL
AGREGADO GLOBAL.**

$$\% \text{ A.G.} = 100 - 5,55 = 94,45 \%$$

$$\therefore \% \text{ A.G.} = 94,45 \%$$

$$\Rightarrow \forall \text{ A.G.} = 0,656 * 0,9445 = 0,62 \text{ m}^3$$

$$\therefore \forall \text{ A.G.} = 0,62 \text{ m}^3$$

12. CÁLCULO DEL PESO SECO DE LOS AGREGADOS.

$$\text{- Agregado fino} = (0,23) * (2510) = 750,226 \text{ Kg./m}^3$$

$$\text{- Agregado grueso} = (0,36) * (2570) = 918,623 \text{ Kg./m}^3$$

**13. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE DISEÑO EN EL
LABORATORIO.**

- Cemento	= 414,737 Kg./m ³
- Agua de mezcla	= 197 lts./m ³
- Agregado fino	= 750,226 Kg./m ³
- Agregado grueso	= 918,623 Kg./m ³

**14. DETERMINACIÓN DE VALORES CORREGIDOS DE LOS
CONSTITUTIVOS DEL CONCRETO O AL PIE DE OBRA**

-Cemento	= 414,737 Kg./m ³
-Agua Efectiva	= 132,29 lts./m ³
-Agregado fino	= 816,996Kg./m ³
-Agregado grueso	= 921,379 Kg./m ³



15. DOSIFICACIÓN EN OBRA.

En laboratorio:

$$\frac{414,737}{414,737} : \frac{750,226}{414,737} : \frac{918,623}{414,737} / \frac{197}{10.12} \text{ lts./bls}$$

1: 1.81: 2.21 / 19.47 lts./bls

16. DETERMINACIÓN DE VALORES CORREGIDOS DE LOS CONSTITUTIVOS DEL CONCRETO PARA 02 PROBETAS ($\nabla = 0.015 \text{ M}^3$).

- Cemento = 4,14737 Kg.
- Agua Efectiva = 1,3229 lts.
- Agregado fino = 8,16996 Kg
- Agregado grueso = 9,214 Kg

AL REALIZAR LA PRÁCTICA AGREGAMOS POR MALA MEDICIÓN 250 ML MÁS, NO AFECTANDO AL FINAL EN EL RESULTADO ESPERADO.

VIII. PROCEDIMIENTO REALIZADO EN LABORATORIO

EQUIPO:

- Probetas estándar
- Cono de Abrams
- Varilla Compactadora de acero de 5/8 de diámetro por 80 de longitud
- Carretilla
- Aceite
- Palana
- Todos los elementos que intervienen para la mezcla previamente calculados.

Todos los elementos que intervienen para la mezcla previamente calculados.



Fig. N°01: Cono de Abrams y Probeta para agregarle agua necesaria a la mezcla



Fig. N°02: La mezcladora que sirvió para la mezcla de los agregados, agua y el cemento.

IX. PROCEDIMIENTO:

- Se extrajo material de la cantera del Gavilan, en la cantidad aproximada.
- Escogemos el agregado grueso, teniendo en cuenta el tamaño máximo nominal; es decir tamizamos por la malla de N°4” para escoger lo que queda en la malla.



Fig. N° 03: Tamizando el agregado grueso

- Se peso el agregado fino, el agregado grueso y el cemento en las proporciones requeridas.



Fig. N° 04- 05-06: Registrando el peso de: agregado fino, agregado grueso y de cemento, respectivamente.

- Se mezcló el trompo el agregado fino, el agregado grueso, el cemento y el agua. Los tres primeros se mezclaron bien para luego hacer un pequeño hoyo o espacio para agregarle agua a la mezcla en este caso 3 1/2 lts. En nuestro caso le agregamos 250ml más por una mala medición.



Fig. N° 07: Mezclando agregados fino y grueso



Fig. N° 10: Finalmente, se agregó el agua, en su cantidad calculado

CÁLCULO DEL SLUMP:

- Se procedió a añadir la mezcla en el cono de Abrams, chuzándolo con una varilla de acero, primero una tercera parte la cual fue compactada con 25 golpes, luego se agregó un poco más de mezcla hasta las $2/3$ partes, compactándolo también con el mismo número de golpes y finalmente se llenó hasta el ras y se compactó.



Fig. N° 13:

compactación (25 golpes)

segunda etapa de



Fig. N° 14: *Tercera etapa de compactación (25 golpes)*

- Se enraza ayudándonos con una varilla de acero, luego se procedió a desmoldar.



Fig. N° 15-16: Enrazando la mezcla en el cono y desmoldando la mezcla.

- Finalmente se midió el slump con ayuda de una wincha.



Fig. N° 17-18 midiendo el slump. (plastico)

- añadimos la mezcla en los moldes, en tres capas por molde, a cada capa se le compactó con una varilla de acero imprimiendo 25 golpes por capa, evitando exudación o sangrado.



Fig. N° 19-20-21: las tres etapas de compactación en agregar el concreto a los moldes de acero (25 golpes por etapa)

- Se enraza el molde con ayuda de una varilla de acero.



Fig. N° 22: enrazando el concreto con ayuda de la varilla compactadora.

- Se registró el peso de cada una de las probetas, para obtener el peso específico del concreto fresco.



Fig. : registramos el peso de las probetas en estado endurecido

- Luego se dejó secar por 24 horas, para luego ser sumergidas en agua (fraguar) durante 8 días, como hubo días no laborables, el tiempo de fraguado fue de 12 días.
- Luego de los 12 días se procedió a ensayar en la máquina de compresión para verificar si se llegó a la resistencia diseñada en la estructura del concreto anteriormente calculada. Y previamente se registró el peso del concreto en estado endurecido.



Fig. : de la probeta antes del ensayo a compresión



Fig. : medimos las dimensiones de la probeta



Fig. N° 26: Sometimos a cada una de las probetas en la máquina a compresión del concreto para comprobar la resistencia

VIII.DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y DEL CONCRETO ENDURECIDO

1. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

A) SLUMP

En teoría el Slump alcanzado deberá estar entre 5" y 7".

El Slump determinado con la prueba del Cono de Abrams es 6".

B) PESO UNITARIO

PROBETA	W (molde)	W (molde + concreto fresco)	W (concreto fresco)	Volumen del molde	Pe (concreto fresco)
	(gr)	(gr)	(C)	(cm ³)	(gr/cm ³)
1	11174	24580	13406	5301.438	2.53
2	11270	24470	13200	5301.438	2.49
Promedio					2.51

C) SEGREGACIÓN

El concreto elaborado tiene una segregación LEVE, casi NULA.

D) EXUDACIÓN

La exudación, en el concreto elaborado no se produjo.

2. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO**A) PESO DEL CONCRETO ENDURECIDO**

PROBETA	W (concreto endurecido) (gr.)	Volumen del molde (cm ³)	Pe (concreto endurecido) (gr/cm ³)
1	12835	5301.438	2.42
2	13085	5301.438	2.47
Promedio			2.45

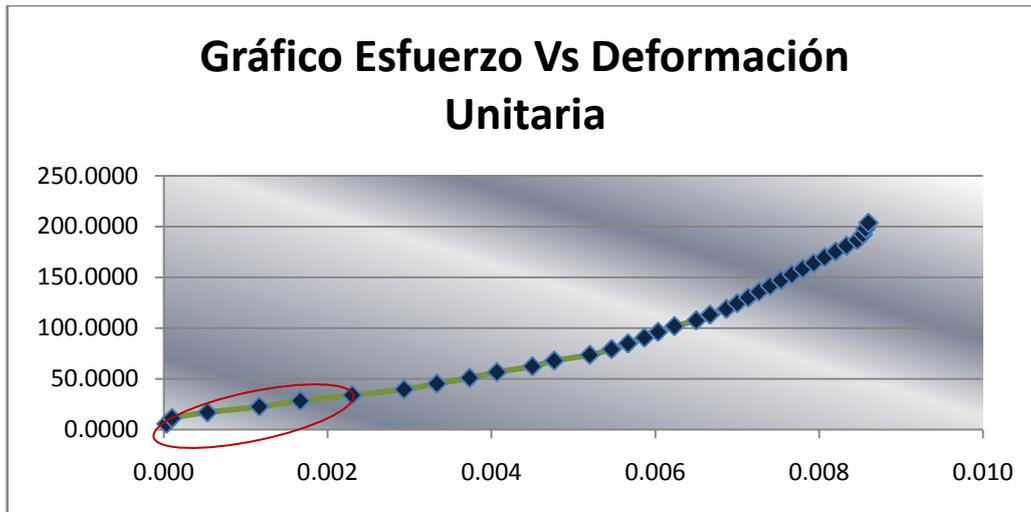
B) ESFUERZO MÁXIMO Y MÓDULO DE ELASTICIDAD

Para determinar estas características presentamos a continuación los datos obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión de cada una de las probetas, así como sus gráficas respectivas

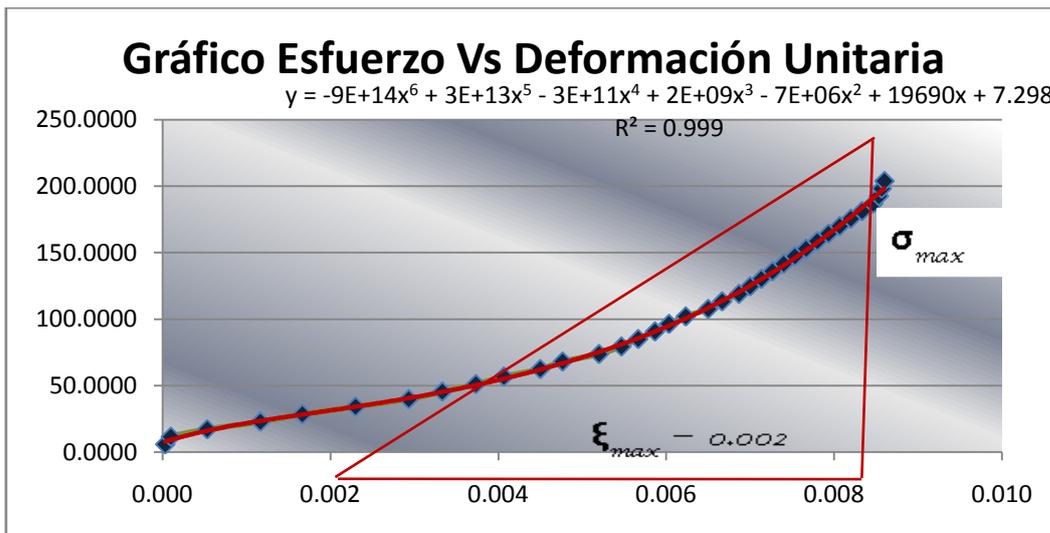


Probeta 01				
Tiempo =4..753 min		L (mm.)	d (mm.)	Área (cm ²)
Vel. Carga = 7.57 Tn/min.		300	150	176.71
Punto	Carga	Deformación	Esfuerzo	Deformación
	(Kg.)	Total (mm.)	(Kg./cm ²)	Unitaria
1	1000	0.01	5.6589893	0.000033
2	2000	0.03	11.3179786	0.000100
3	3000	0.16	16.9769679	0.000533
4	4000	0.35	22.6359572	0.001167
5	5000	0.50	28.2949465	0.001667
6	6000	0.69	33.9539358	0.002300
7	7000	0.88	39.6129251	0.002933
8	8000	1.00	45.2719144	0.003333
9	9000	1.12	50.9309037	0.003733
10	10000	1.22	56.589893	0.004067
11	11000	1.35	62.2488823	0.004500
12	12000	1.43	67.9078717	0.004767
13	13000	1.56	73.566861	0.005200
14	14000	1.64	79.2258503	0.005467
15	15000	1.70	84.8848396	0.005667
16	16000	1.76	90.5438289	0.005867
17	17000	1.81	96.2028182	0.006033
18	18000	1.87	101.861807	0.006233
19	19000	1.95	107.520797	0.006500
20	20000	2.00	113.179786	0.006667
21	21000	2.06	118.838775	0.006867
22	22000	2.10	124.497765	0.007000
23	23000	2.14	130.156754	0.007133
24	24000	2.18	135.815743	0.007267
25	25000	2.22	141.474733	0.007400
26	26000	2.26	147.133722	0.007533
27	27000	2.30	152.792711	0.007667
28	28000	2.34	158.451701	0.007800
29	29000	2.38	164.11069	0.007933
30	30000	2.42	169.769679	0.008067
31	31000	2.46	175.428668	0.008200
32	32000	2.50	181.087658	0.008333
33	33000	2.54	186.746647	0.008467
34	34000	2.56	192.405636	0.008533
35	35000	2.57	198.064626	0.008567
36	36000	2.58	203.723615	0.008600
Fecha de Preparación:21/08/2010			Edad:	14 Días
Fecha de Ensayo:04/08/2010				

GRÁFICA DE LA PROBETA



NOTA: los primeros 4 puntos se descartan por ser la deformación de la mordaza



AJUSTE PROBETA

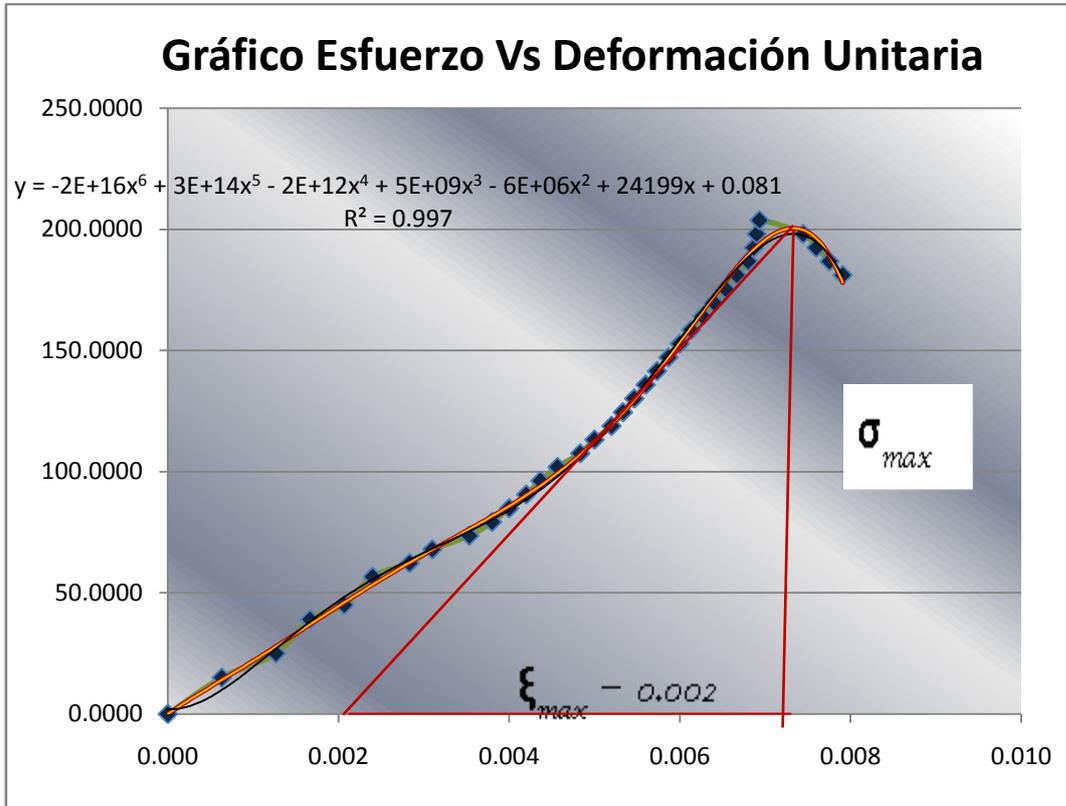
Por teoría dada en clase se nos pide que la grafica esfuerzo deformación del concreto se asemeje a una parábola ajustando los datos para este caso y para tener una visión de cómo nos debería haber salido.

- Despreciamos los 4 primeros puntos por mostrarnos la deformación de la mordaza, pero la carga si va a afectar al concreto por ende:



Probeta 01		
Punto	Esfuerzo	Deformación
	(Kg./cm ²)	Unitaria
5	0.0000	0.000000
6	15.0000	0.000633
7	25.0000	0.001267
8	39.0000	0.001667
9	45.0000	0.002067
10	56.5899	0.002400
11	62.2489	0.002833
12	67.9079	0.003100
13	73.5669	0.003533
14	79.2259	0.003800
15	84.8848	0.004000
16	90.5438	0.004200
17	96.2028	0.004367
18	101.8618	0.004567
19	107.5208	0.004833
20	113.1798	0.005000
21	118.8388	0.005200
22	124.4978	0.005333
23	130.1568	0.005467
24	135.8157	0.005600
25	141.4747	0.005733
26	147.1337	0.005867
27	152.7927	0.006000
28	158.4517	0.006133
29	164.1107	0.006267
30	169.7697	0.006400
31	175.4287	0.006533
32	181.0877	0.006667
33	186.7466	0.006800
34	192.4056	0.006867
35	198.0646	0.006900
36	203.7236	0.006933
37	198.0646	0.007446
38	192.4056	0.007600
39	186.7466	0.007754
40	181.0877	0.007908

GRÁFICA AJUSTADA PROBETA



MODULO DE ELASTICIDAD

- METODO TEORICO ($f'c$ a los 12 dias = 192.850 kg/cm^2)

$$E = 15000\sqrt{f'c} = 15000\sqrt{192.850} = 208305.665 \text{ kg/cm}^2$$

- METODO PRÁCTICO

$$E = \frac{\sigma_{max}}{\xi_{max} - 0.002} = \frac{203.7236}{0.006933 - 0.002} = 41298.1147 \text{ kg/cm}^2$$



Probeta 01				
Tiempo =4.165 min		L (mm.)	d (mm.)	Área (cm ²)
Vel. Carga = 9.12Tn/min.		300	150	176.71
Punto	Carga(Kg.)	Deformación Total (mm.)	Esfuerzo(Kg./cm ²)	Deformación Unitaria
1	1000	0.12	5.6590	0.000400
2	2000	0.32	11.3180	0.001067
3	3000	0.61	16.9770	0.002033
4	4000	0.78	22.6360	0.002600
5	5000	0.92	28.2949	0.003067
6	6000	1.8	33.9539	0.006000
7	7000	1.17	39.6129	0.003900
8	8000	1.24	45.2719	0.004133
9	9000	1.34	50.9309	0.004467
10	10000	1.42	56.5899	0.004733
11	11000	1.51	62.2489	0.005033
12	12000	1.59	67.9079	0.005300
13	13000	1.67	73.5669	0.005567
14	14000	1.68	79.2259	0.005600
15	15000	1.73	84.8848	0.005767
16	16000	1.78	90.5438	0.005933
17	17000	1.82	96.2028	0.006067
18	18000	1.87	101.8618	0.006233
19	19000	1.93	107.5208	0.006433
20	20000	2.02	113.1798	0.006733
21	21000	2.05	118.8388	0.006833
22	22000	2.12	124.4978	0.007067
23	23000	2.13	130.1568	0.007100
24	24000	2.19	135.8157	0.007300
25	25000	2.23	141.4747	0.007433
26	26000	2.28	147.1337	0.007600
27	27000	2.32	152.7927	0.007733
28	28000	2.36	158.4517	0.007867
29	29000	2.4	164.1107	0.008000
30	30000	2.46	169.7697	0.008200
31	31000	2.49	175.4287	0.008300
32	32000	2.55	181.0877	0.008500
33	33000	2.59	186.7466	0.008633
34	34000	2.62	192.4056	0.008733
35	35000	2.66	198.0646	0.008867
36	36000	2.83	203.7236	0.009433
37	37000	2.85	209.3826	0.009500
38	38000	2.89	215.0416	0.009633
Fecha de Preparación:21/08/2010			Edad:	14 Días
Fecha de Ensayo:04/08/2010				

MODO DE FALLA**Probeta**

La probeta ensayada fallo de acuerdo a lo esperado, se noto dentro de la ruptura de las mismas que el agregado no fallo sino la pasta, lo que nos haría pensar que los agregados poseen una buena resistencia. El tipo de falla se dio en un ángulo aproximado de 45° ante la acción de una carga gradual.



Fig. N° 12: Se observa q fallo la pasta y en menor proporción el agregado



X. CUADRO RESUMEN:

PROPIEDAD		VALORES	
Valores Corregidos de Diseño		- Cemento = 414,737 Kg./m ³ - Agua Efectiva = 132,29 lts./m ³ - Agregado fino = 816,996 Kg./m ³ - Agregado grueso = 921, 379 Kg./m ³	
Dosificación		1: 1.81: 2.21 / 19.47 lts./bls	
Slump		4 pulg.	
Peso Unitario Concreto Fresco		2510 Kg./m ³	
Peso del Concreto Endurecido		2450Kg./m ³	
f'c Promedio (12 días)		192.850 Kg./cm ²	
f'c Promedio (28 días)		271.43 Kg./cm ²	
Módulo de Elasticidad	A los 13 días	De la Gráfica	41298.1147 kg/cm ²
			47085.96 kg/cm²
			44192.0396 kg/cm ² .
		Según RNC	208305.665 kg/cm ²
		208305.665 kg/cm²	208305.665 kg/cm²



XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Utilizando el método WALKER, se ha diseñado una mezcla de concreto para una resistencia especificada $f'c = 270 \text{ Kg./cm}^2$, habiéndose alcanzado una resistencia estimada a los 7 días de 271.43 Kg./cm^2 .
- La realización del diseño y la elaboración del concreto han sido realizados con el mayor cuidado.
- La determinación de las propiedades del concreto fresco como del concreto endurecido se muestran, en forma sucinta, en el cuadro resumen mostrado en la página anterior.
- El valor de la resistencia alcanzada por el concreto está por encima del valor de la resistencia especificada (requerida), habiéndose alcanzado un 9% más de lo deseado. Pero está dentro de lo permisible puesto que puede variar un +- de las resistencia especificada.
- El método Walker nos proporcionó una mezcla menos sobregravosa que el método ACI, nos brindó una consistencia más equilibrada y lo hemos podido notar en el momento de elaborar la pasta y en el momento de ensayar las probetas.



RECOMENDACIONES:

- Se recomienda cambiar de posición a la probeta durante su “secado” para una distribución homogénea del W% en toda su estructura, antes de someterla a la prueba de compresión simple, y al momento de colocar la probeta en posición dentro de la prensa, asegurarse que el extremo con mayor W% este en la parte superior de la posición; para obtener resultados óptimos.
- Proporcionar el equipo adecuado para este tipo de ensayo, como son: guantes, guardapolvos o mamelucos, filtros de aire (mascarilla).

