



REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO ACI 318 – 11

M. en I. Donato Figueroa Gallo



RESPONSABILIDAD

Los informes, guías, procedimientos recomendados, y comentarios producidos por los comités del ACI tienen como fin orientar en la planeación, el diseño, la ejecución, y la supervisión de construcción.

El Comentario se presenta para ser utilizado por personas capacitadas y competentes para identificar la relevancia y limitaciones en su contenido y recomendaciones, quienes aceptan las responsabilidades inherentes a su uso.

El American Concrete Institute, CTLGroup, Sandberg y el IMCYC se liberan de cualquiera y todas las responsabilidades derivadas de su contenido.

CAPITULO 20

Evaluación de la resistencia de estructuras existentes

Contenido

- 20.0 Notación.
- 20.1 Evaluación de la resistencia - generalidades.
- 20.2 Determinación de las dimensiones requeridas y las propiedades del material.
- 20.3 Procedimiento de prueba de carga.
- 20.4 Criterios de carga.
- 20.5 Criterios de aceptación.
- 20.6 Disposiciones para magnitudes de carga inferiores.
- 20.7 Seguridad.



ADVERTENCIA

Las disposiciones del capítulo 20 no deben ser usadas para aprobar diseños y construcciones de sistemas especiales. La aprobación de tales sistemas se cubren en el apartado 1.4 del ACI 318-11



20.1 Evaluación de la resistencia de estructuras existentes



Si existe duda de que una parte o toda la estructura satisface los requisitos de seguridad del reglamento, se deberá conducir una evaluación de la resistencia, como lo requiera el ingeniero **(profesional en diseño con licencia)** o el funcionario público.



20.1 Evaluación de la resistencia de estructuras existentes

- 1. Los materiales de una edificación se consideran de una calidad deficiente.**
- 2. Existe evidencia de una construcción defectuosa.**
- 3. Una edificación que ha sufrido deterioro.**
- 4. Un edificio que será usado para una nueva función.**
- 5. Una edificación o una zona del mismo que no satisfaga los requerimientos del reglamento.**



20.2 Determinación de las dimensiones requeridas y las propiedades del material

- Seleccionar las dimensiones de los elementos en secciones críticas.
- Ubicar el refuerzo (varilla, malla de alambre soldada, cables) mediante inspecciones y mediciones en el lugar y confirmando en planos.



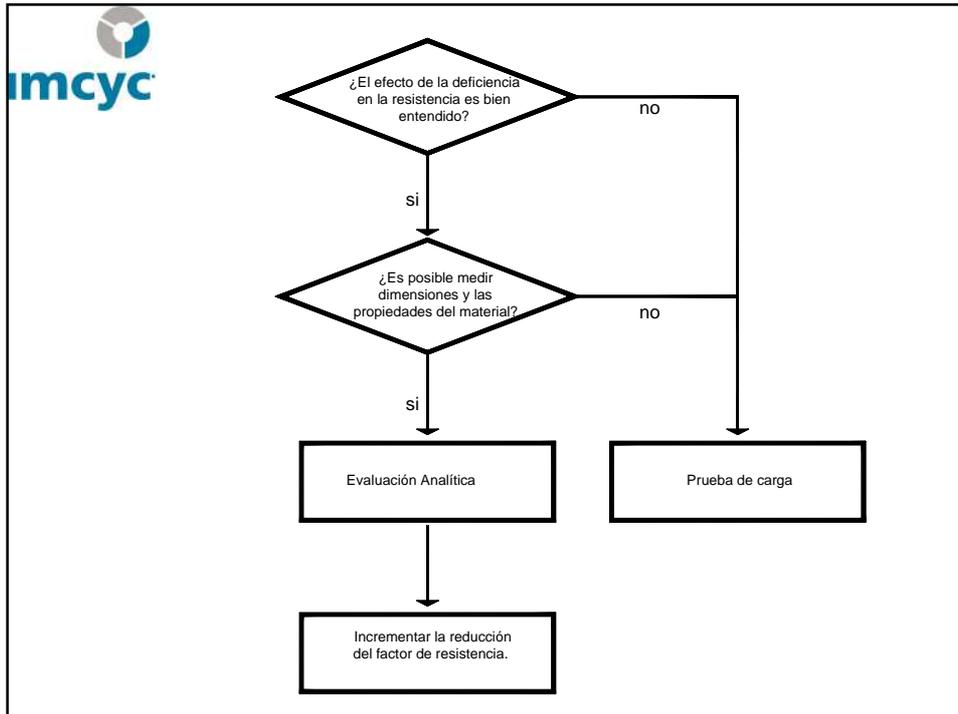
20.2 Determinación de las dimensiones requeridas y las propiedades del material

- La resistencia del concreto se puede obtener de cilindros o núcleos donde la resistencia del concreto esté en duda. **ASTM C 42M, ACI 214.4R**
- La resistencia del refuerzo o de los cables se obtendrá de pruebas a la tensión de muestras representativas del material.



Sí las dimensiones y propiedades del material requeridas se determinan a través de mediciones y ensayos, se puede determinar el valor de ϕ de acuerdo con:

Secciones		Capítulo 20	Capítulo 9
Tensión		1.00	0.90
Compresión	Elementos con espiral	0.90	0.75
	Otros elementos reforzados	0.80	0.65
Cortante y/o torsión		0.80	0.75
Aplastamiento		0.80	0.65



20.3 Procedimiento de prueba de carga

- El número y la distribución de claros cargados en la estructura se debe seleccionar a fin de maximizar la deflexión, los esfuerzos y la rotación en las secciones críticas de los elementos estructurales.
 - ⇒ Se debe realizar más de una prueba de distribución

20.3 Procedimiento de prueba de carga

- Intensidad de carga carga total de prueba. Incluyendo la carga muerta existente en el lugar:

$$\geq 0.85 (1.4D + 1.7L), (2008)$$

D - Cargas muertas ó fuerzas y momentos internos.

L - Cargas vivas ó fuerzas y momentos internos.

20.3 Procedimiento de prueba de carga

- Intensidad de carga carga total de prueba. Incluyendo la carga muerta existente en el lugar no deberá ser menor que:

$$(a) 1.15D + 1.5L + 0.4(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)$$

$$(b) 1.15D + 0.9L + 1.5(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R),$$

Factor = 0.45 donde $L > 500 \text{ kg/m}^2$

$$(c) 1.3D$$

D - Cargas muertas ó fuerzas y momentos internos

L - Cargas vivas ó fuerzas y momentos internos

Lr - Cargas vivas de cubierta ó fuerzas y momentos internos

S - Cargas por nieve ó fuerzas y momentos internos

R - Cargas por lluvia ó fuerzas y momentos internos



20.3 Procedimiento de prueba de carga

- La prueba de carga se deberá realizar en la estructura después de **56** días de edad.



20.4 Criterios de carga

- En el primer incremento de carga las mediciones de respuesta tales como la deflexión, la rotación, la deformación, el deslizamiento o los anchos de grieta se deben obtener en no más de **una** hora.
- La prueba de carga se aplicará en no menos de **cuatro** incrementos iguales.

20.4 Criterios de carga

- Si se tiene una prueba uniforme
⇒ Asegurar la distribución uniforme de la carga. El arqueo debe evitarse.
- Realizar mediciones de respuesta después de la aplicación de cada incremento de carga y después de que la carga total haya sido aplicada en por lo menos 24 horas.

20.4 Criterios de carga

- Retirar inmediatamente la totalidad de la carga después de haber obtenido todas las mediciones de respuesta.
- Realizar una serie de mediciones finales 24 horas después de haber retirado la carga de prueba.

20.5 Criterios de aceptación

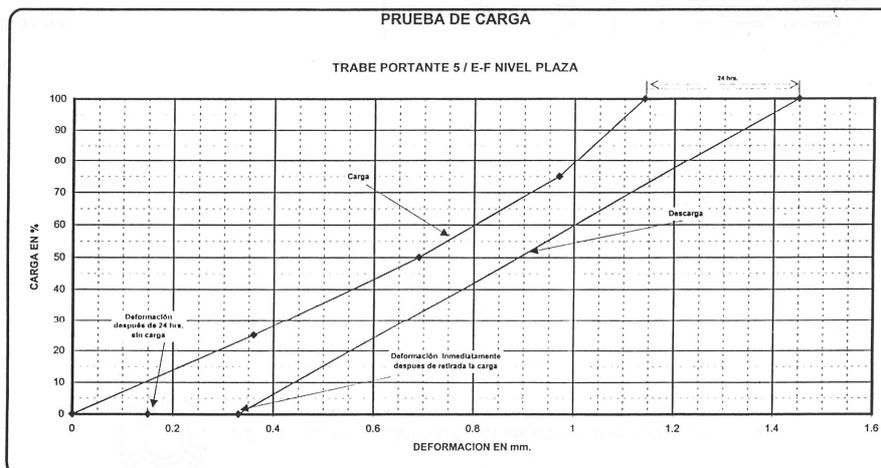
- El desconchamiento y aplastamiento del concreto a compresión son evidencia de falla.

$$\Delta_{\text{máx.}} \leq [l_t^2 / 20,000 h]$$

$$\Delta_r \text{ máx.} \leq [\Delta_{\text{máx.}} / 4]$$

$\Delta_{\text{máx.}}$ - Deflexión máxima medida, cm

$\Delta_r \text{ máx.}$ - Deflexión residual medida, cm





A.C.I. 501

*Vol. 36 PROCEEDINGS OF THE AMERICAN CONCRETE INSTITUTE,
JOURNAL OF THE AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, JANUARY 1940*

PROPOSED REVISION OF "BUILDING REGULATIONS FOR REINFORCED CONCRETE"

A.C.I. 501-36T
Committee 501, Standard Building Code
32nd Annual Convention
February 25, 1936



ACI 318-41 VS 63

PROPOSED REVISION OF BUILDING REGULATIONS FOR REINFORCED CONCRETE (ACI 318-41)*

$$D = \frac{0.001 L^2}{12 t}$$

Revisión Propuesta:

- BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR REINFORCED CONCRETE (ACI 318-47)

Cambiar fórmula para leer:

$$D = \frac{L^2}{12,000 t}$$

- BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR REINFORCED CONCRETE (ACI 318-63)

$$D = \frac{L^2}{20,000 t}$$

*Fuente: Journal del ACI, Diciembre 1946, IMCYC

Expresión clásica deflexión

La deflexión máxima de una viga libremente apoyada y con carga uniformemente distribuida se obtiene con la expresión:

$$a_{\text{máx.}} = \frac{5 \omega L^4}{384 E I}$$

Obtenida como solución de la ecuación:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{E I}$$

$$y = \iint \frac{M}{E I}$$

Sustituyendo para una sección rectangular:

$$I = \frac{b h^3}{12} ; \text{ Donde } h = t$$

$$y \quad t_{\text{mín.}} = \frac{L}{16} ; \text{ Se obtiene:}$$

$$a_{\text{máx.}} = \frac{40 \omega L^2}{E b t}$$

20.5 Criterios de aceptación

- Si no se satisfacen $\Delta_{\text{máx.}}$ y $\Delta_{\text{r máx}}$ se puede repetir la prueba de carga.

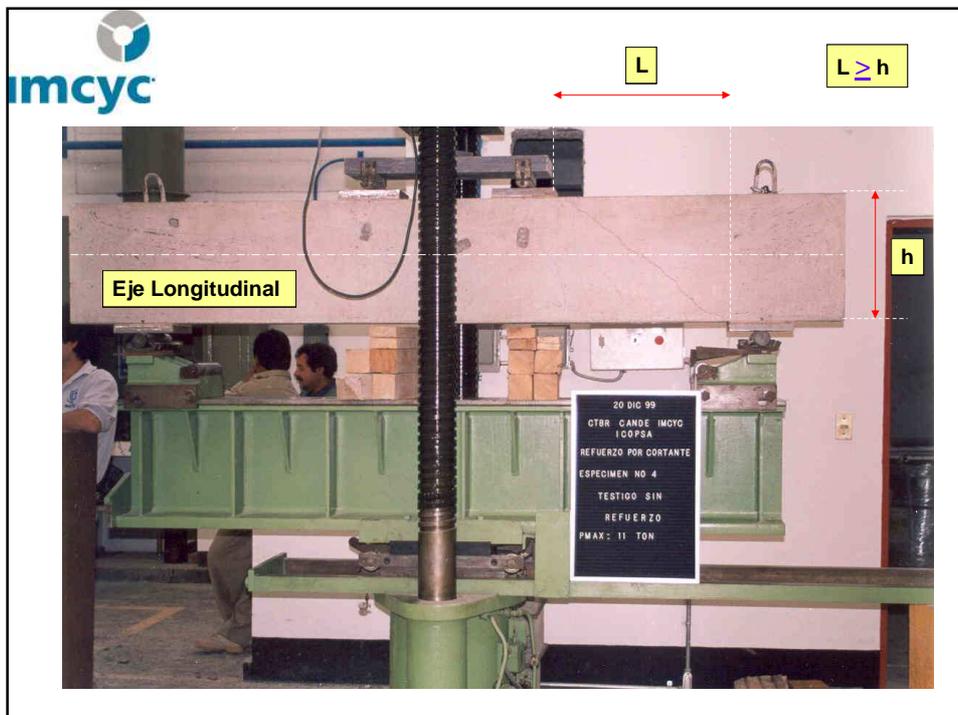
La prueba se podrá repetir no antes de **72** horas después de retirar la primera carga de prueba.

$$\Delta_{\text{r máx.}} \leq [\Delta_{\text{f máx.}} / 5]$$

$\Delta_{\text{f máx.}}$ - Deflexión máxima medida durante la segunda prueba, cm

Observaciones

- No deben presentarse grietas que indiquen la inminencia de una falla por cortante.
- En elementos estructurales sin refuerzo transversal, se debe evaluar la apariencia de grietas estructurales inclinadas al eje longitudinal y que tengan una proyección horizontal más larga que el peralte del elemento en el punto medio de la grieta.





Observaciones

- En zonas de anclaje y de traslape, se deberá evaluar en el concreto la apariencia de grietas cortas inclinadas o grietas horizontales a lo largo del refuerzo.



20.6 Disposiciones para magnitudes de carga inferiores

Si no se satisface:

- La evaluación analítica
- $\Delta_{\text{máx.}}$, $\Delta_{\text{r máx}}$ o grietas por cortante

Se podrá utilizar la estructura para magnitudes de carga menores.

DRO y CSE

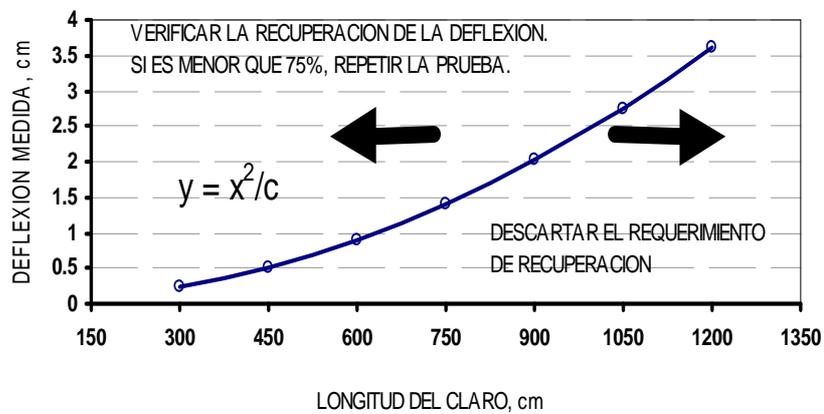
20.7 Seguridad

- Salvaguardar las vidas humanas y la seguridad de la estructura.

-Apuntalamiento

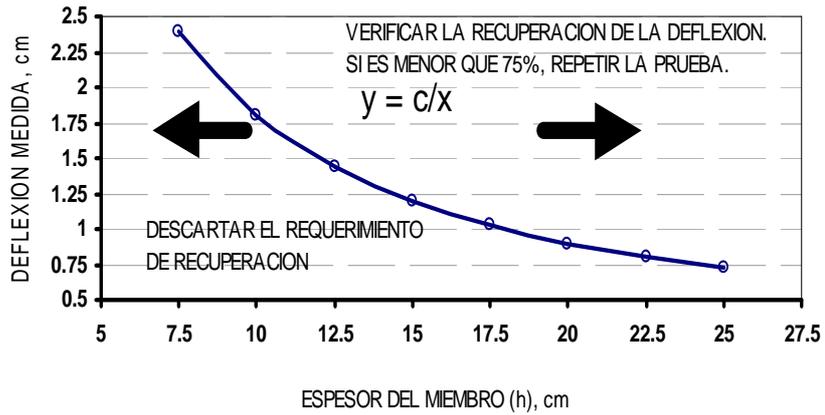
$$\Delta_{\text{máx.}} \leq [I_t^2 / 20,000 h]$$

FIGURA 30-3 CRITERIO DE PRUEBA DE CARGA PARA MIEMBROS CON UN ESPESOR TOTAL $h = 20$ cm



$$\Delta_{\text{máx.}} \leq [l_t^2 / 20,000 h]$$

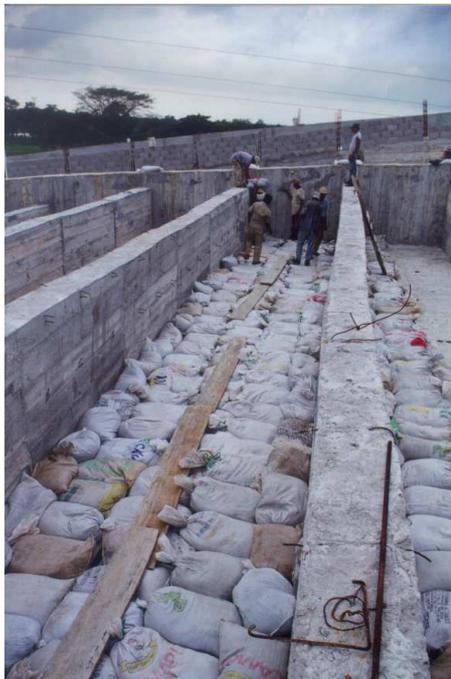
FIGURA 30-2 CRITERIO DE ACEPTACION PARA UNA PRUEBA DE CARGA DE UN MIEMBRO CON UN CLARO $l_t = 6$ m

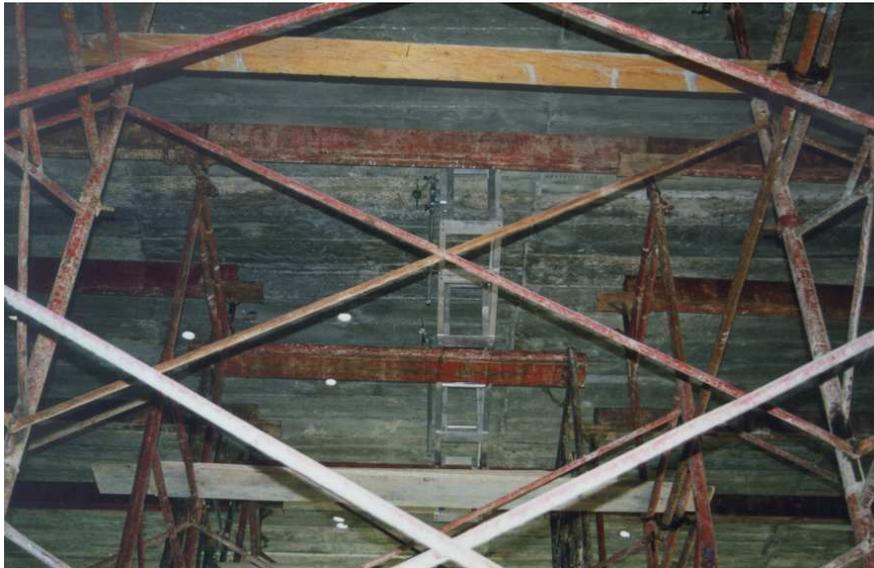














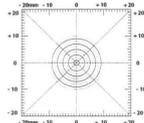
Hoja de Registro

OBRA: _____
 UBICACIÓN: _____
 PROPIETARIO: _____
 LOCALIZACIÓN DEL MONITOR DE FISURAS: (en el elemento estructural) _____

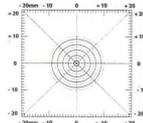
Procedimiento de instalación
 Para instalar el monitor de fisuras en los elementos estructurales de concreto hidráulico, se efectuara el siguiente procedimiento:
 1. Identificar la obra y la localización del monitor de fisuras en el elemento estructural indicando la fecha de colocación.
 2. Unir momentáneamente las dos carátulas con cinta adhesiva transparente.
 3. Colocar el fisurómetro en forma transversal perpendicular a la fisura del elemento estructural. (Figura 1)
 4. Marcar la ubicación de las perforaciones donde se colocarán las pijas y fijar. (Figura 2)
 5. Cortar con una navaja la cinta adhesiva.
 6. Tomar lecturas periódicas, 7, 15 o 30 días y anotarlas en la hoja de registro correspondiente.

Procedimiento de operación
 Con el propósito de verificar tanto la longitud como el ancho de las fisuras y establecer un registro en el tiempo, se sugiere seguir las siguientes recomendaciones:
 1. Dependiendo de la evolución de la fisura obtener lecturas cada 7, 15 o 30 días.
 2. La carátula superior podrá acusar un movimiento en cualquier dirección del plano. Por lo anterior, las lecturas se registrarán de manera individual en el formato respectivo, anotando la fecha de lectura.
 3. Un cambio positivo en la carátula representa una abertura de la fisura, un cambio negativo representa un cerramiento de la misma.
 4. Medir el ancho de la fisura y el ángulo con la horizontal.
 5. Las lecturas están dadas en milímetros y los ángulos en grados.

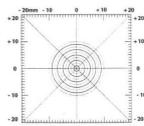
Fecha de lectura: _____
 Ancho de fisura: _____
 Ángulo: _____



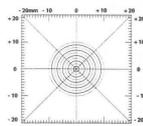
Fecha de lectura: _____
 Ancho de fisura: _____
 Ángulo: _____



Fecha de lectura: _____
 Ancho de fisura: _____
 Ángulo: _____

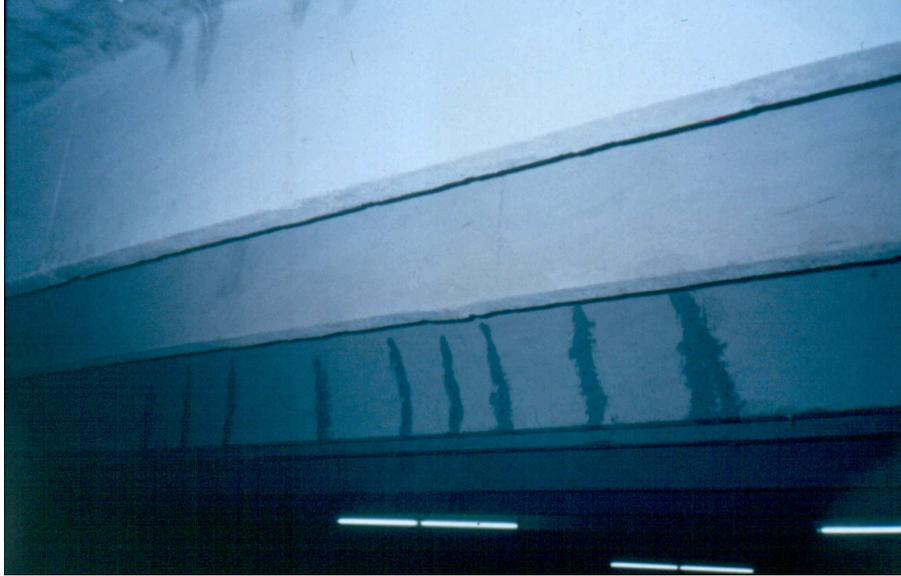


Fecha de lectura: _____
 Ancho de fisura: _____
 Ángulo: _____











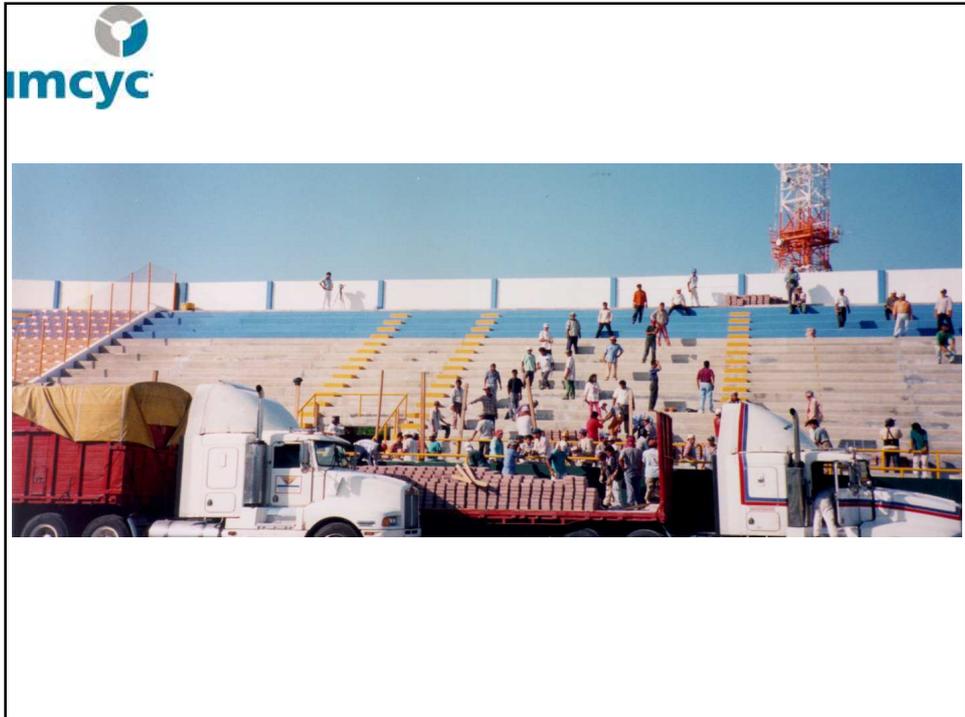










FIG 3



FIG



FIG 4



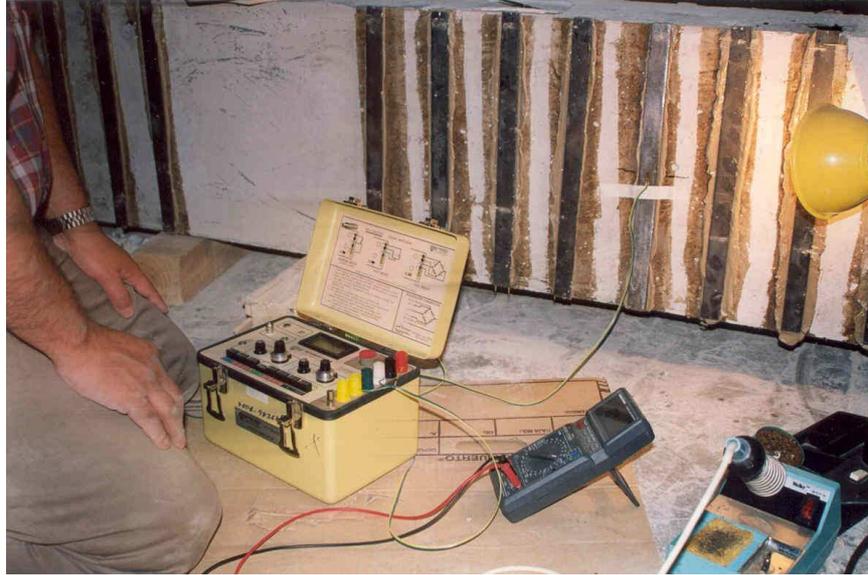
FIG. 8

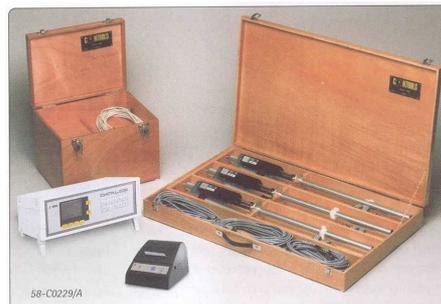












Instrumentos digitales para ensaye
Sensor tubular telescópico
Deflexión en elementos estructurales
Resolución: 0.01 mm
Recorrido del sensor: +/- 50 mm



Instrumentos utilizados para monitorear el comportamiento de un miembro sujeto a prueba, ACI 437R-03

Parámetro	Dispositivo	Medida mín. sugerida	Rango de la medición
Deflexión	LVDT*	0.0001 in	+/- 2 in
	Medidor de carátula	0.001 in (0.025 mm)	+/- 3 in
Rotación	Inclinómetro	0.001 grado	+/- 3 grados
Esfuerzo	Strain gage	5 $\mu\epsilon$	+/- 3,000 $\mu\epsilon$
	Extensómetro	50 $\mu\epsilon$	+/- 10,000 $\mu\epsilon$
	LVDT	50 $\mu\epsilon$	+/- 10,000 $\mu\epsilon$
Ancho de grieta	Extensómetro	0.0001 in	+/- 0.2 in
Carga	Celda de carga	10 lb	0 a 200,000 lb
	Transductor de presión	100 lb	0 a 200,000 lb

* LVDT, Linear variable differential transformer



GUIA APLICABLE EN LA INSTALACION DE UN SISTEMA DE INSTRUMENTACION DURANTE UNA PRUEBA DE CARGA, ACI 437R-03

1. Se deben inspeccionar deflexiones, deformaciones laterales, rotación de los soportes, asentamientos o deslizamientos de los soportes
2. La instrumentación debe ser capaz de determinar cambios relativos en la forma de la estructura
3. La instrumentación debe protegerse de la influencia del medio ambiente (rayos directos del sol, viento, lluvia, etc.)
4. Determinar los efectos de cambios térmicos en las deformaciones de la estructura y en los mismos instrumentos
5. En miembros sujetos a flexión los esfuerzos deben medirse en las secciones críticas e instrumentarse de manera doble
6. Error aceptable en los instrumentos $\leq 5\%$ deformación teórica calculada y no más de 0.13 mm
7. Las deflexiones de miembros estructurales pueden ser medidas con dispositivos mecánicos, electrónicos ó con equipo convencional de topografía



**GUIA APLICABLE EN LA INSTALACION DE UN SISTEMA DE INSTRUMENTACION DURANTE UNA PRUEBA DE CARGA
ACI 437R-03**

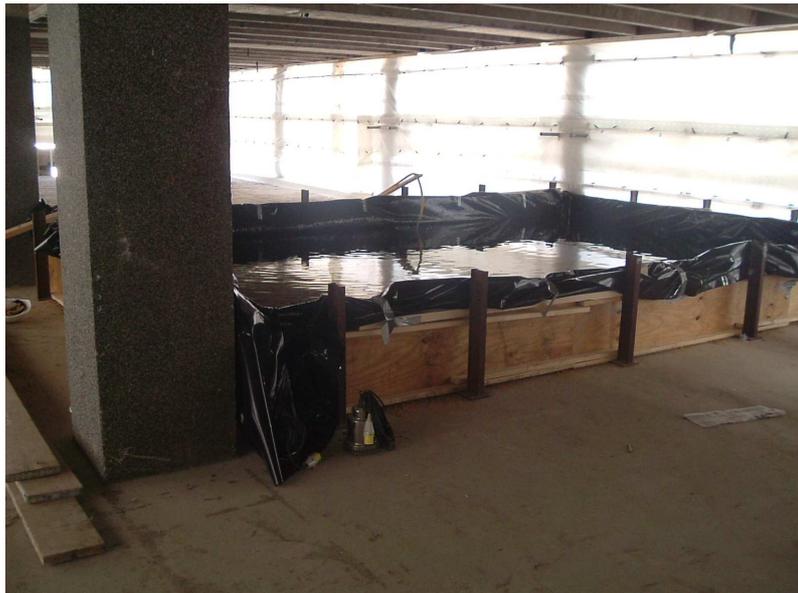
8. La instalación de transductores de desplazamiento, strain gages puede consumir tiempo y es costoso, particularmente a la intemperie
9. Los inclinómetros son utilizados para medir la rotación ó la pendiente de los miembros de prueba
10. Los dispositivos mecánicos como los medidores de carátula (cuadrante) se utilizan en estructuras con deflexiones pequeñas y rígidas. Puede ser peligrosa la toma de mediciones
11. Las deflexiones mayores pueden medirse fácilmente suspendiendo escalas graduadas desde puntos críticos y leerlas con un nivel
12. Los anchos de grieta pueden medirse con lupas ó con comparadores de grietas. Su uso está restringido durante la ejecución de la prueba por razones de seguridad
13. Los movimientos de las grietas pueden medirse con medidores de carátula ó transductores de desplazamiento
14. Distinguir el tipo de agrietamiento en estructuras deterioradas (grietas estructurales).

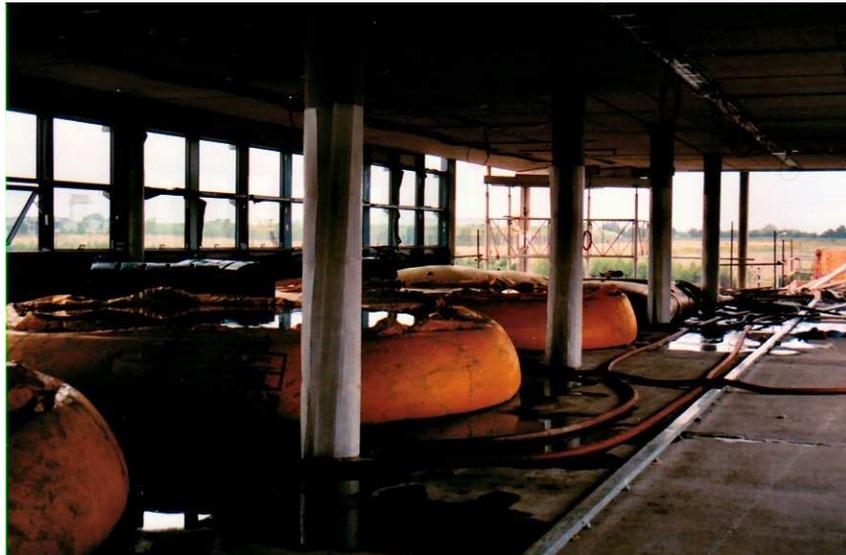


**GUIA APLICABLE EN LA INSTALACION DE UN SISTEMA DE INSTRUMENTACION DURANTE UNA PRUEBA DE CARGA
ACI 437R-03**

15. Emplear termómetros y termo-pares para medir la temperatura ambiental durante la ejecución de la prueba de carga. Se recomienda colocar termómetros por la parte de arriba y en lecho inferior de las losas cuando estan expuestas a la acción directa de los rayos solares.
16. Se pueden emplear celdas de carga de diferentes tamaños, formas y capacidades para medir la carga aplicada por los gatos hidráulicos o neumáticos. Los transductores de presión pueden tambien ser utilizados para medir la presión del fluido en los sistemas hidráulicos, los cuales pueden ser calibrados para cierto nivel específico de carga.
17. Los sistemas de datos pueden acumular lecturas de forma simultánea y en tiempo real de diferentes dispositivos tales como: transductores de presión, celdas de carga, LVDTs, inclinómetros, extensómetros y strain gages









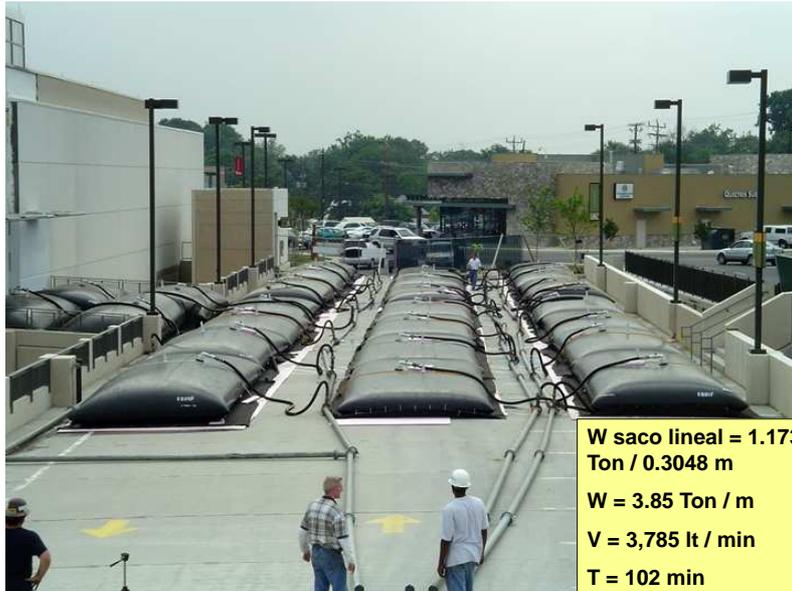








Para controlar la pendiente del drenaje se utilizaron hojas de poliuretano de alto módulo en incrementos de espesor de 1"



W saco lineal = 1.173
Ton / 0.3048 m
W = 3.85 Ton / m
V = 3,785 lt / min
T = 102 min





Método prueba de carga cíclica



Prueba de carga en puentes



Prueba de carga en puentes

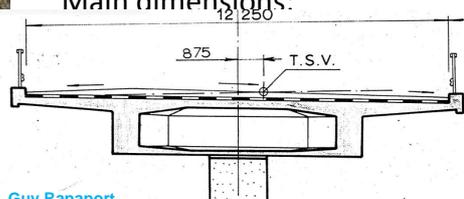
**CONDITION EVALUATION OF PRESTRESSED BRIDGES
NEAR THE ANCHORAGE ZONE
INVESTIGATION CASE No. 1 - LIEVIÖ
OVERBRIDGE, FINLAND**



General Description of the Bridge:

- Location: motorway no. 1 between Helsinki and Turku.
- Year of construction: 1971.
- The main type of the bridge: continuous prestressed concrete box-girder bridge.

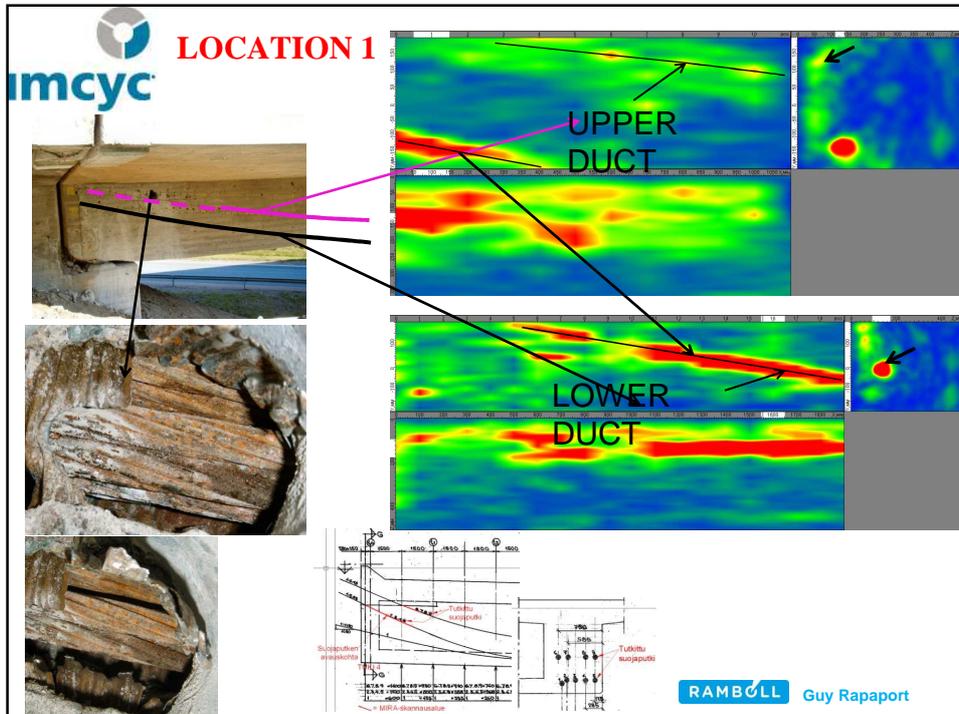
Main dimensions:





TEST CASES – ACTUAL USAGE OF THE 3D TOMOGRAPHER SYSTEM:

RAMBOLL Guy Rapoport





BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

1. Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings, ACI 437R-03, Manual of Concrete Practice.
2. Applications of ACI 318, Load Test Requirements, CRSI Professional Members' Structural Bulletin No. 16, November 1987.
3. Evaluation of Reinforced Bars in Old Reinforced Concrete Structures, Engineering Data Report Number 48
4. In Situ Load Testing of Parking Garage Reinforced Concrete Slabs: Comparison between 24 h and Cyclic Load Test
5. Inspection of Prestressed Concrete Road Bridge by Ultrasound 3D Tomographer System, Ramboll Infrastructure & Transport, Germann Instruments Inc., 2011



AGRADECIMIENTO

El IMCYC agradece a las siguientes personas e instituciones su apoyo para el desarrollo de esta presentación:

1. Ing. Luis Graf y Adrian Ciolko, CTL Group
2. Dr. Basile G. Rabbat, Portland Cement Association
3. Steve Pringle, Sandberg
4. Dr. Tarek Alkhrdaji, Strengthening Division Structural Group, Inc.
5. Dr. Horacio Ramírez de Alva, Universidad Autónoma del Estado de México



GRACIAS