

LECCIONES APRENDIDAS DEL COLAPSO DEL EDIFICIO CHAMPLAIN TOWERS SOUTH, FLORIDA, USA

Paulo Helene
Presidente y Consejero de IBRACON
Prof. Titular de Universidad de São Paulo
Fundador y ex-Presidente de ALCONPAT Int.
Deputy Chairman **fib** Mode Code for Service Life Design



1

Torres Champlain Towers South

8777 Collins Avenue, Miami Surfside

Inauguración 1981, inversión/constructor Nathan Reiber

Champlain Towers North, 1981 & Champlain Towers East, 1994

Todos en formato L con 12 pisos

Colapso alrededor 01h 30

24 de Junio de 2021 40 años de edad

98 muertos

2



3



4

Una residente dijo a *The Post* que minutos antes de que se derrumbara **Champlain Towers South** en **Surfside**, se dio cuenta de que una sección de la cubierta de la piscina y una zona de aparcamiento a nivel de la calle se habían derrumbado. El marido de otra residente ha dicho que su esposa, que no ha sido vista desde el desastre, hizo una observación similar en una llamada telefónica poco antes del colapso.

Sara Nir, una residente, dijo a *The Post* que poco antes de la 1 de la madrugada notó fue ruidos de “**golpes**” que supuso eran causados por las obras de construcción. Alrededor de la 1:14 de la madrugada, oyó un ruido que le pareció el de un muro que se derrumbaba, y salió de su apartamento de la planta baja para quejarse a un guardia de seguridad en el vestíbulo.

5

15 de septiembre de 2022, actualización sobre la investigación del NIST - Champlain Towers South

- Lo que se hizo:
- Almacenamiento y preservación de escombros;
- Catalogación y análisis de materiales y mediciones detalladas;
- Creación de modelos 3D para futuros análisis;
- Lo que quieren todavía hacer:
- Manipulación de pruebas, extracción de testigos, recolección de muestras;
- Caracterización de las propiedades mecánicas de los materiales: densidad, porosidad, ensayo de corrosión, etc.;
- Seguir con entrevistas a personas que pueden tener información relevante para la investigación;



<https://www.nist.gov/news-events/news/2022/06/june-15-2022-update-nist-champlain-towers-south-investigation>

6

Primera Lección

Manténgase atento y escuche los gritos de la estructura, ya que pueden ocurrir accidentes graves y colapsos en cualquier momento y edad de una estructura.

Todas las estructuras advierten que están a punto de colapsar, pero el desafío es saber cómo entender esos signos/señales de la estructura!

¡Solo aquellos que entendieron la advertencia fueron salvos!

7

CNN US Crime + Justice Energy + Environment Extreme Weather Space + Science

South Florida apartment building evacuated after engineers deem it structurally unsafe

By Amanda Musa and Melissa Alonso, CNN
Updated 1733 GMT (0133 HKT) April 5, 2022



More From CNN

- Doja Cat stuns at Grammys red carpet in dreamy Versace gown
- Rare black lion tamarin born at Jersey Zoo

REPERCUSSÕES

8

CNN US Crime + Justice Energy + Environment Extreme Weather Space + Science

Related Article: After Surfside tower collapse, condo residents in Florida and beyond wonder if they should worry

belongings. The city will schedule a time for residents to come back later this week to pick up heavier furniture and large items," Cabrera said in an email to CNN.

In July, North Miami Beach ordered the evacuation of a 10-story building, Crestview Towers, after a report determined the building's structure to be unsafe. The residents have not yet returned, Cabrera said.

"The residents at Crestview have not been allowed back to the property because the structural repairs just started two weeks ago," Cabrera told CNN. "The electrical repairs have not started yet. Therefore, the building is still unsafe until the property completes the repairs needed for re-occupancy."

REPERCUSIONES Inmediatas !

PAID CONTENT

USA company, Live in São Paulo
Find Jobs Online | Search Ads

254x282x400cm
Marrom Material
Leroy Merlin

SPONSORED CONTENT



E num piscar de olhos, eles deixaram de ser celebridades

Investing.com - BR

Recommended by Outbrain

Smartfeed

9



Colapso Champlain Towers South

website oficial del NIST
<https://www.nist.gov/disaster-failure-studies/data-portal>
 NIST Disaster Data Portal

10

NIST encourages members of the public to submit any information, including video, photos or other documentation

- ✓ June 24, 2021, Champlain Towers South, collapse at 1:30 a.m.
- ✓ June 25, 6 NIST scientists and engineers began to collect firsthand information on site.
- ✓ June 30 decided National Construction Safety Team (NCST) Act, diagnosis responsible.
- ✓ NCST's work will not interfere with the ongoing search-and-rescue operation at the scene of the collapse.
- ✓ NCST's role is not to determine any culpability.
- ✓ NCST investigation is to determine the technical diagnose and cause of the collapse and, learning from that, to recommend changes to building codes, standards and practices, and appropriate actions to improve the structural safety of buildings.

11



Inspeções

recolheram para análise em laboratório cerca de 200 elementos construtivos

12

Segunda lección

Transparencia: crear un portal de acceso público con toda la información y fotos

Valorar la investigación tecnocientífica, junto con la policía y los bomberos, desde el primer día

Nombrar un equipo multidisciplinario y responsable, con poder y autonomía

"público y privado"

13

Sobre la secuencia del colapso hay consenso:

1. losa de recreación
2. 1ª parte de la torre
3. 2ª parte de la misma torre
4. 3ª parte de la misma torre
5. parte lateral de la torre



14

... entonces, ¿cuál es la pregunta?

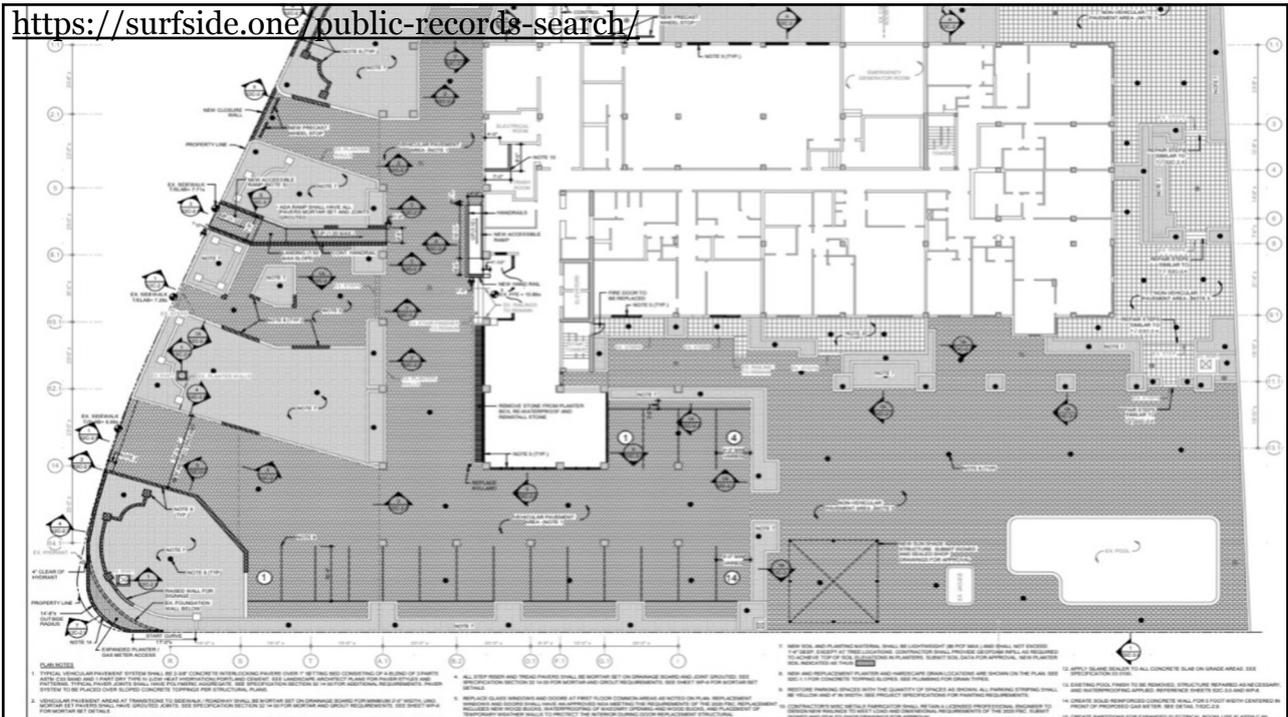
¿Cuál fue el detonador/gatillo/trigger?

¿Por qué una parte se extendió a la otra?

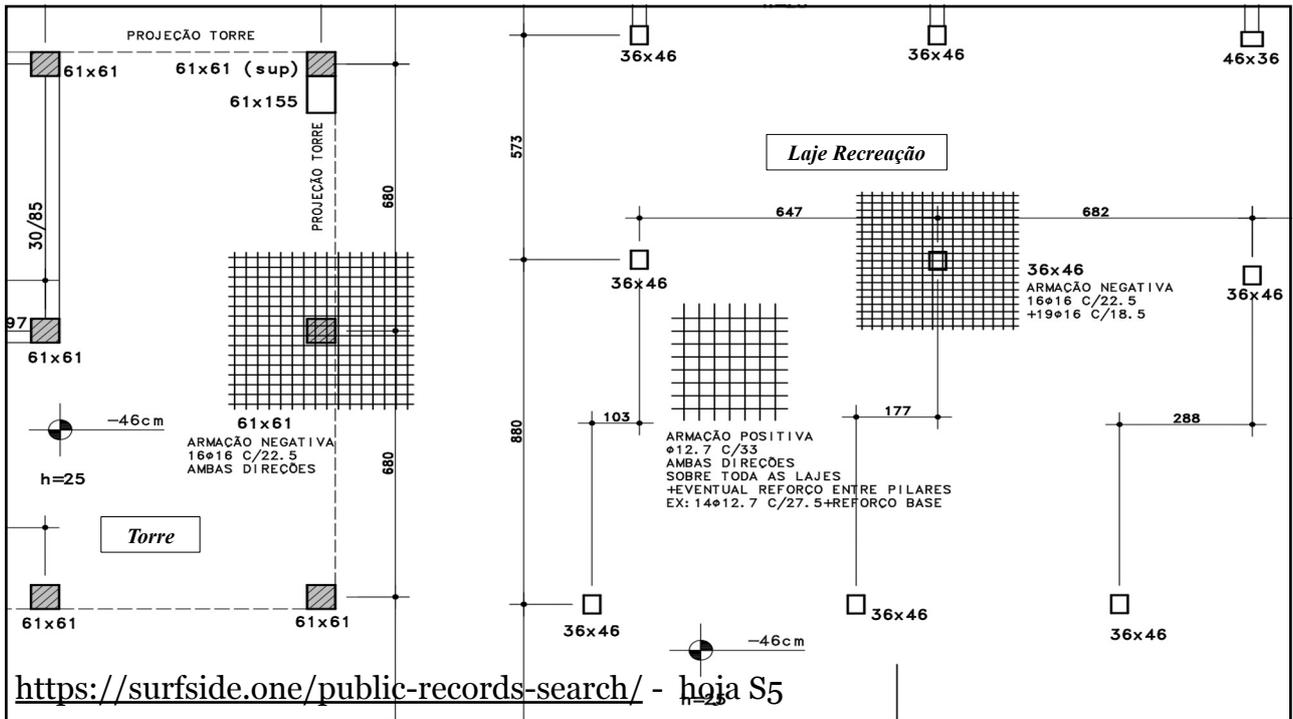
¿Por qué después de 40 años?

15

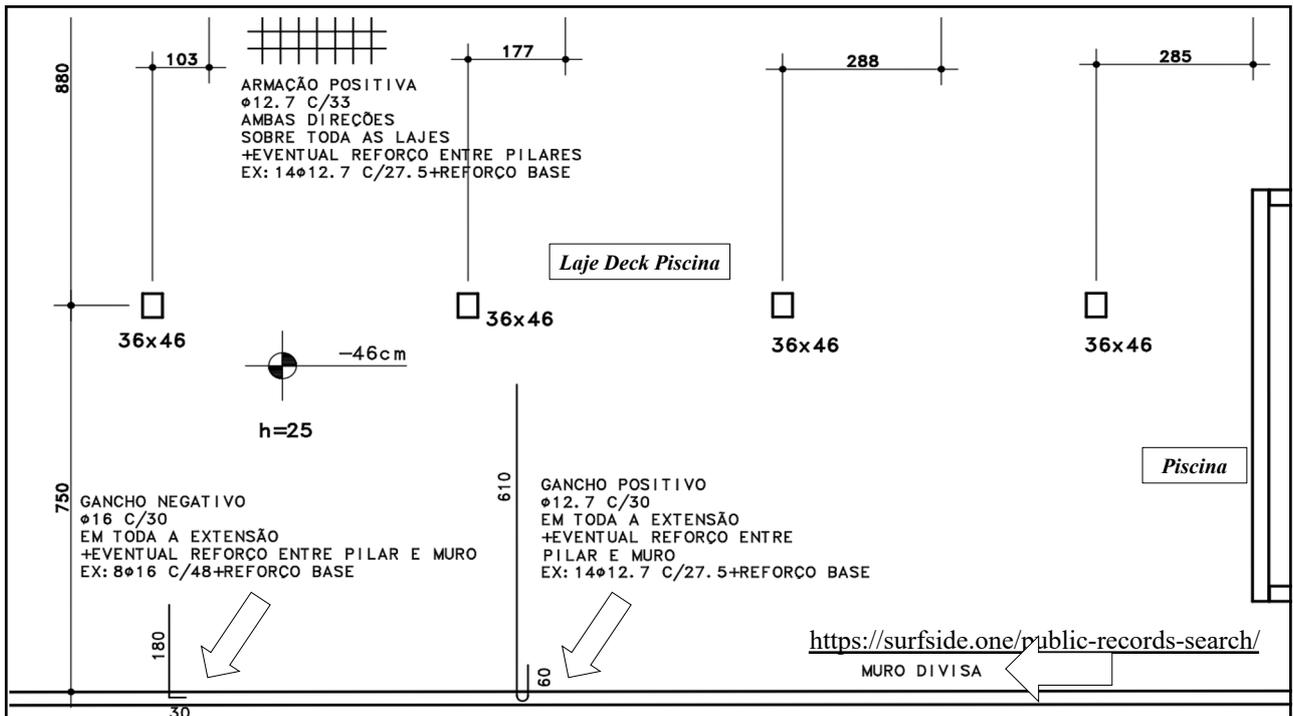
<https://surfside.one/public-records-search/>



16



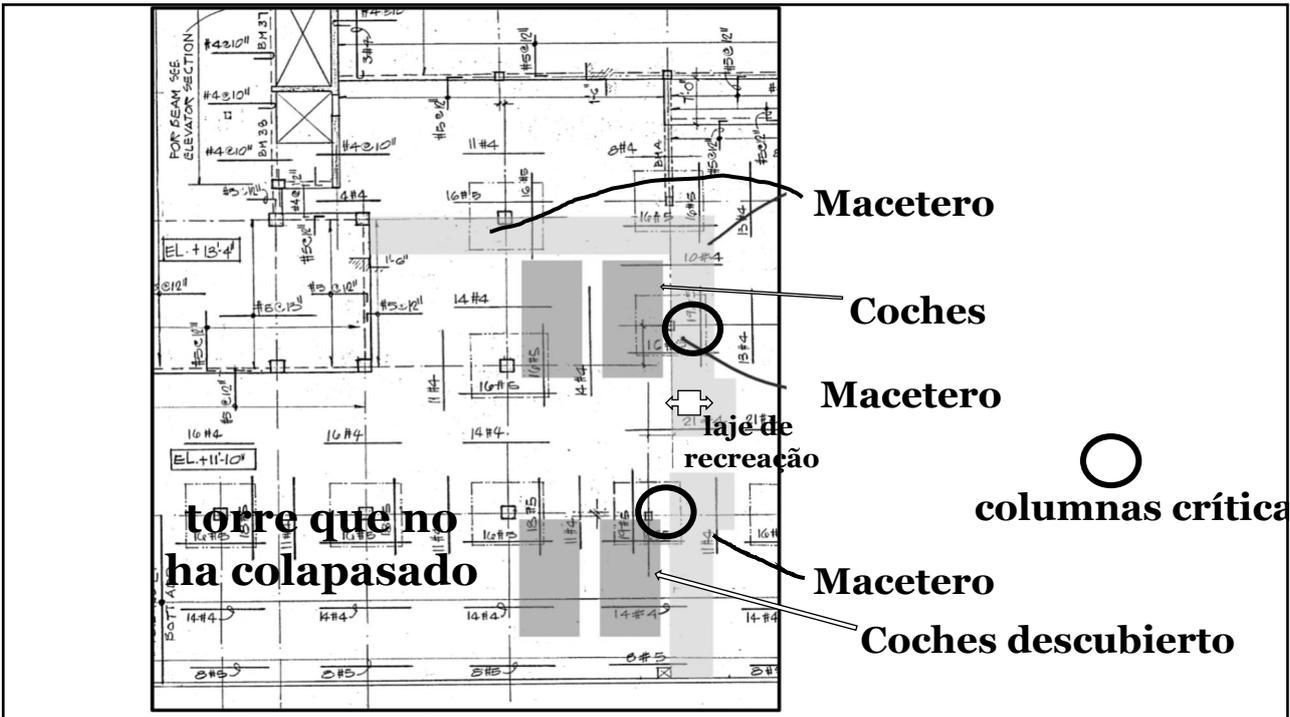
19



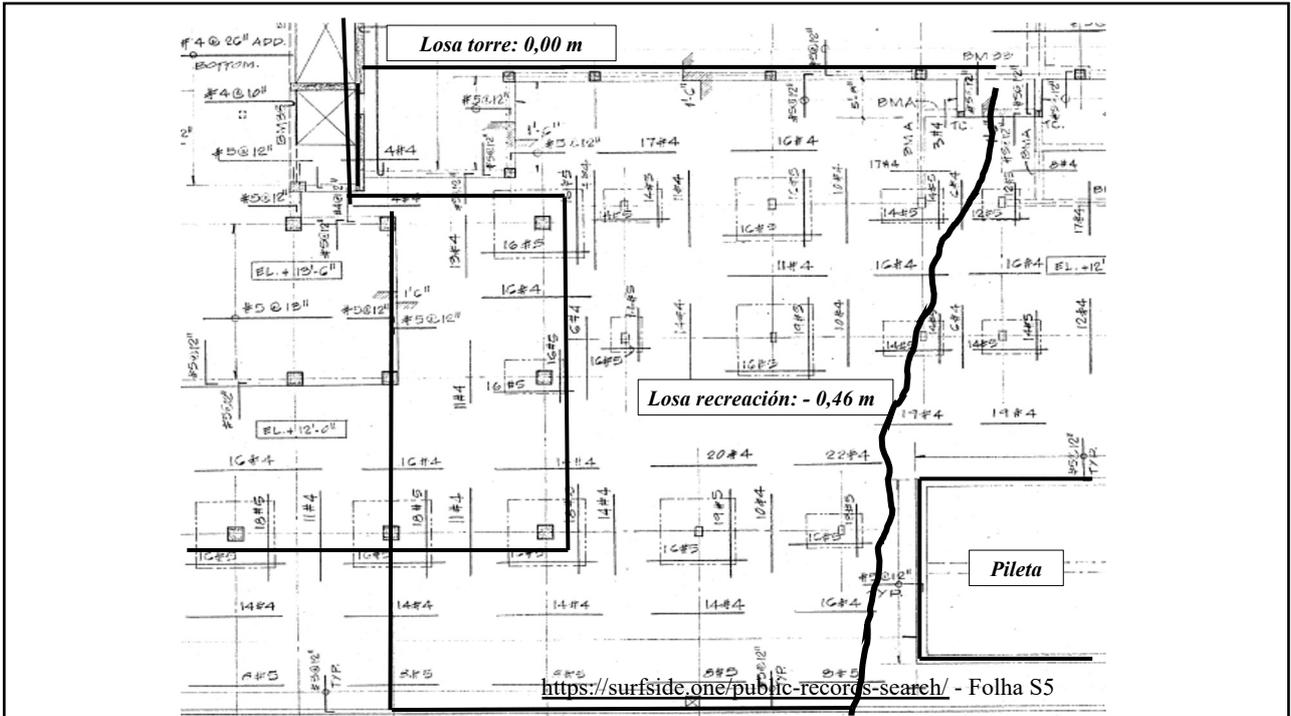
20



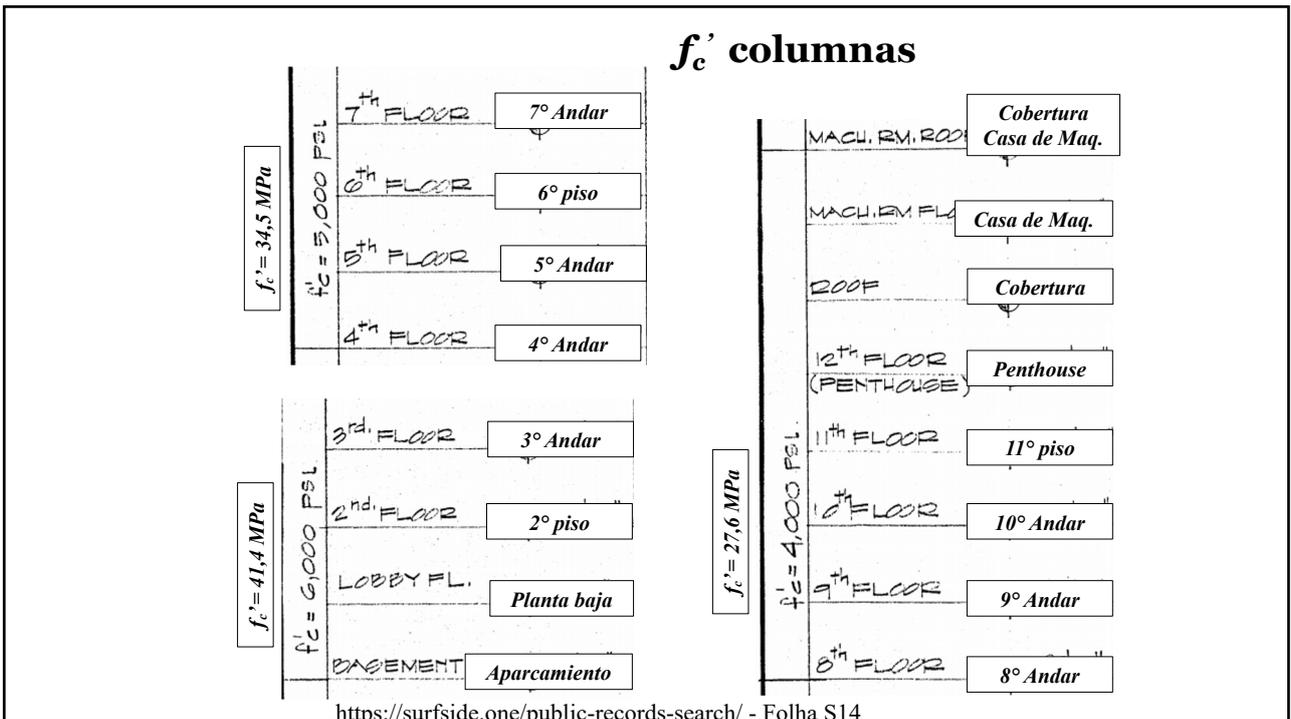
21



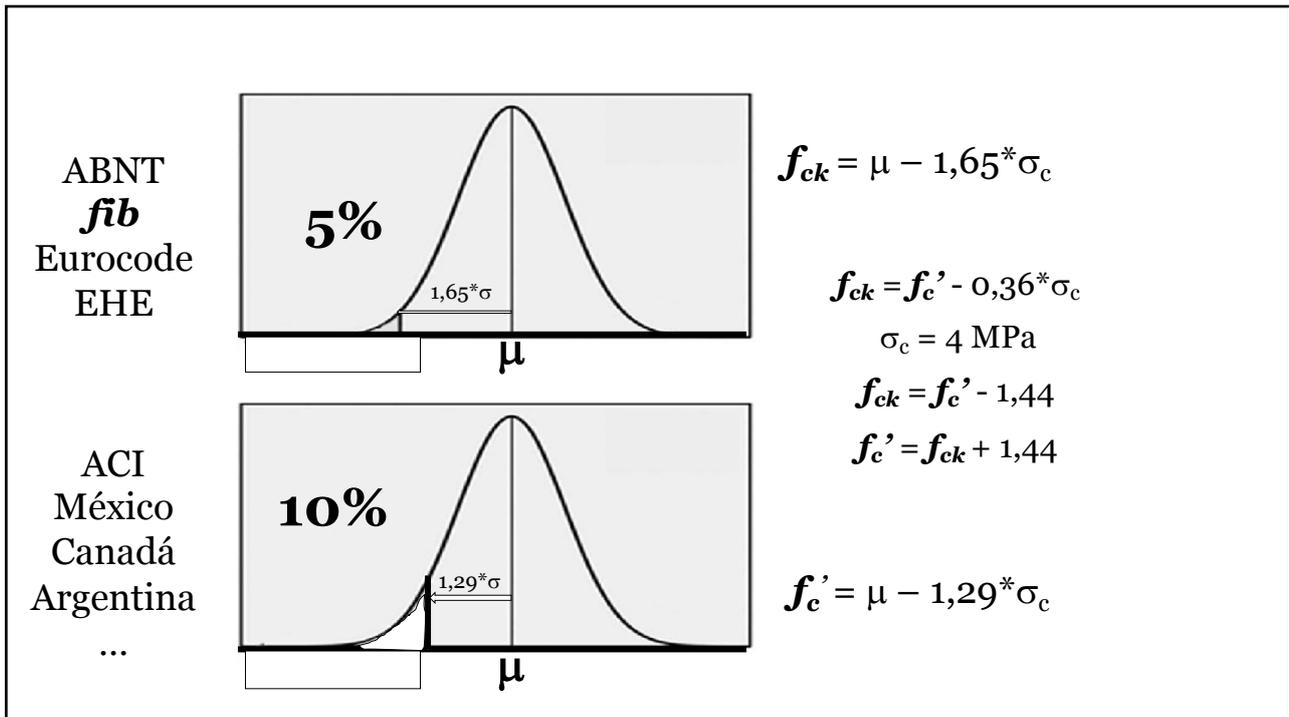
22



23



24



25

- ✓ Columnas de hormigón: 6,000psi (41.4 MPa)
 - ✓ Losas de hormigón: 4,000psi (27.6 MPa)
 - ✓ Cuantía columna 61x61cm : 12Ø32 → As=98.28cm² → ρ=2.64%
 - ✓ Cuantía columna 41x41 cm : 8Ø36 → As=80.48cm² → ρ=4.79%
 - ✓ Cuantía columna 36x46 cm: 10Ø32 → As=81.9cm² → ρ=4.95%
 - ✓ Losas espesor: 25cm (planta baja), 20cm (tipo)
 - ✓ Losas cuantía: Ø12.7 C/30cm → ρ=0.17% (planta baja), 0.19% (tipo)
 - ✓ No se encuentra en el diseño detalles de armadura punzonamiento
- <https://surfside.one/public-records-search/> - Folhas S14 e S6

26



Columnas

<https://www.nist.gov/disaster-failure-studies/champlain-towers-south-collapse/news-and-updates->

27



Columnas

<https://www.nist.gov/disaster-failure-studies/champlain-towers-south-collapse/news-and-updates->

28



Columnas

<https://www.nist.gov/disaster-failure-studies/champlain-towers-south-collapse/news-and-updates->

29



Losas

<https://www.nist.gov/disaster-failure-studies/champlain-towers-south-collapse/news-and-updates->

30



Losas

<https://www.nist.gov/disaster-failure-studies/champlain-towers-south-collapse/news-and-updates->

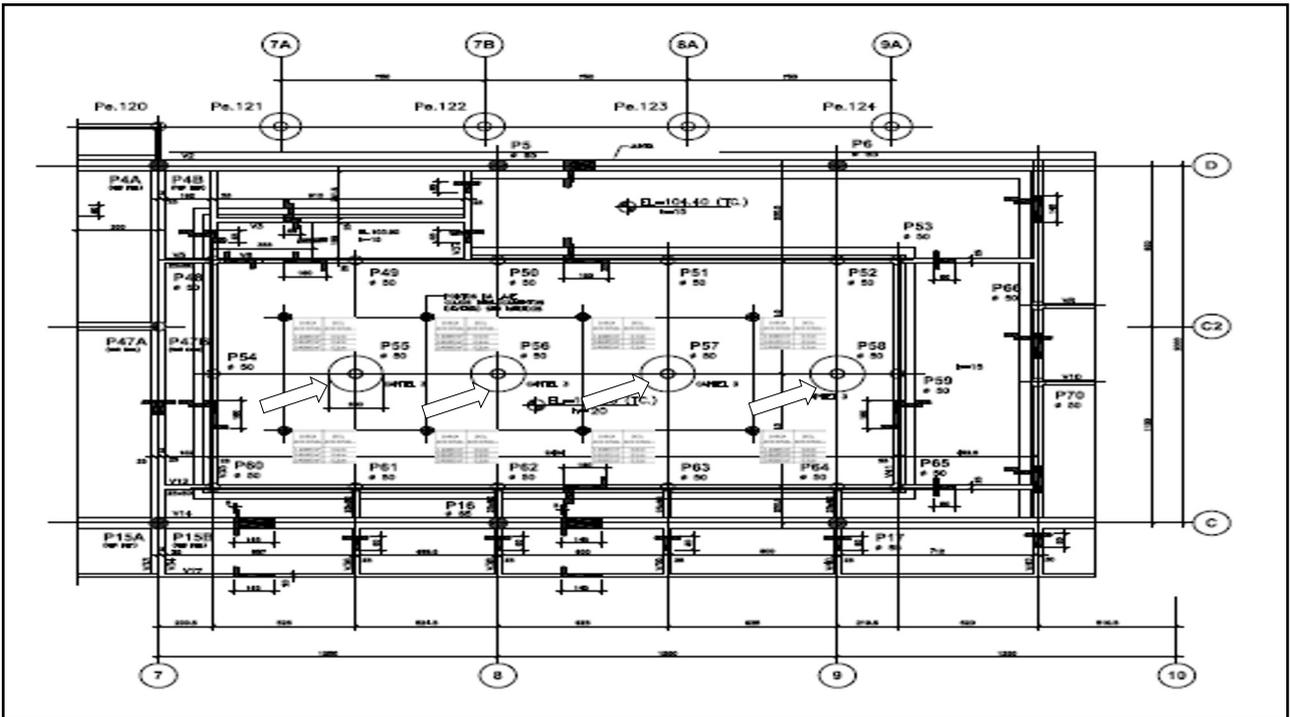
31

Punzionamento *ilustración*

32



33



34



35



36



37



38

Paulo Helene

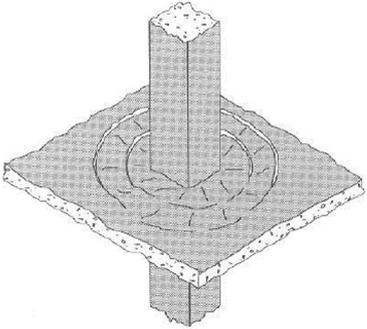
MANUAL

PARA REPARO, REFORÇO E PROTEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO



Punção

Manifestação Típica



Projeto de Divulgação Tecnológica

PINI

FOSROC

39



Losa

<https://www.nist.gov/disaster-failure-studies/champlain-towers-south-collapse/news-and-updates->

40

MENU G1 ESPÍRITO SANTO tvgazeta

19/07/2016 09h49 - Atualizado em 19/07/2016 19h32

Área de lazer em condomínio de luxo desaba e porteiro é achado morto

Drone mostra o estrago no Grand Parc, na Enseada do Suá, em Vitória. Suspeita é de vazamento de gás, segundo Corpo de Bombeiros.

Wiviane Machado e Victoria Varejão
Do G1 ES

FACEBOOK TWITTER G+ PINTEREST



As torres do condomínio de luxo Grand Parc Residencial Resort, na Enseada do Suá, em Vitória, foram esvaziadas após toda a **área de lazer desabar, na manhã desta terça-feira (19)**. Quatro pessoas ficaram feridas e **um porteiro ficou desaparecido até as 17h. Ele foi encontrado morto**. O desabamento aconteceu por volta de 3h.

<http://g1.globo.com/espírito-santo/noticia/2016/07/torres-de-condominio-de-luxo-no-es-sao-evacuadas-apos-desabamento.html>

Exemplo de punzionamento y robustez

41



42



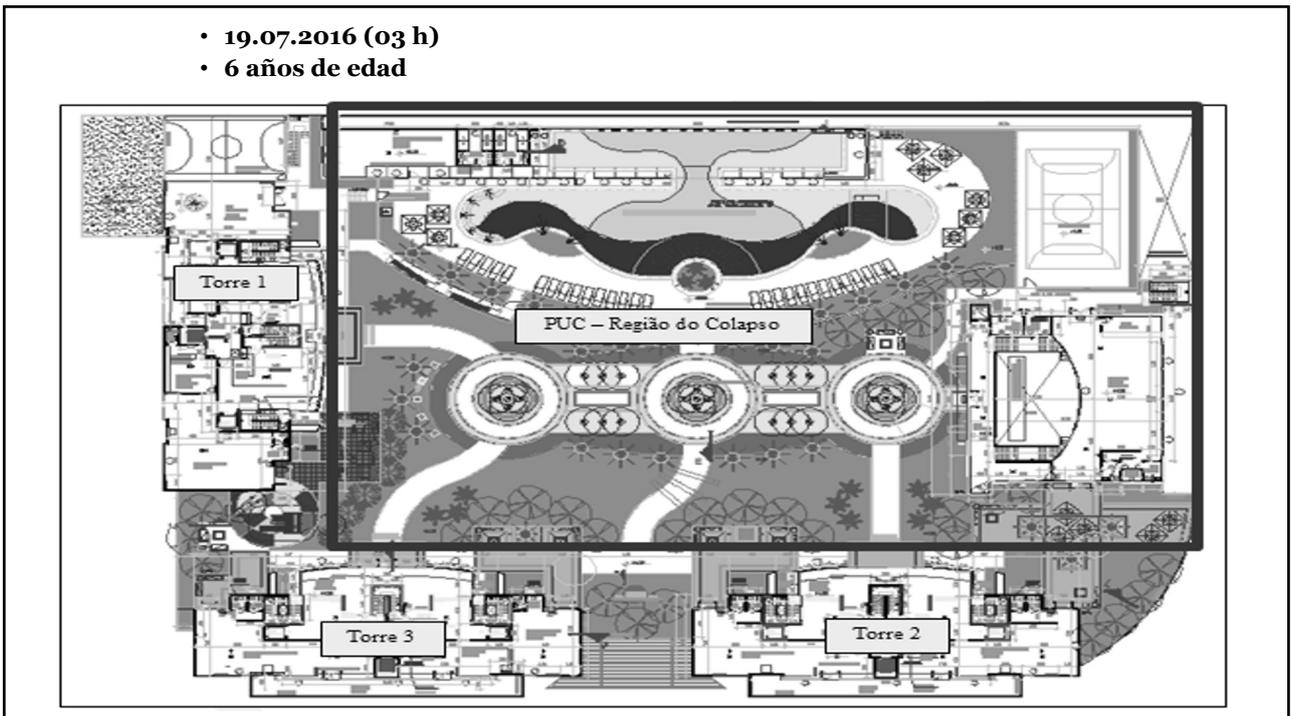
43



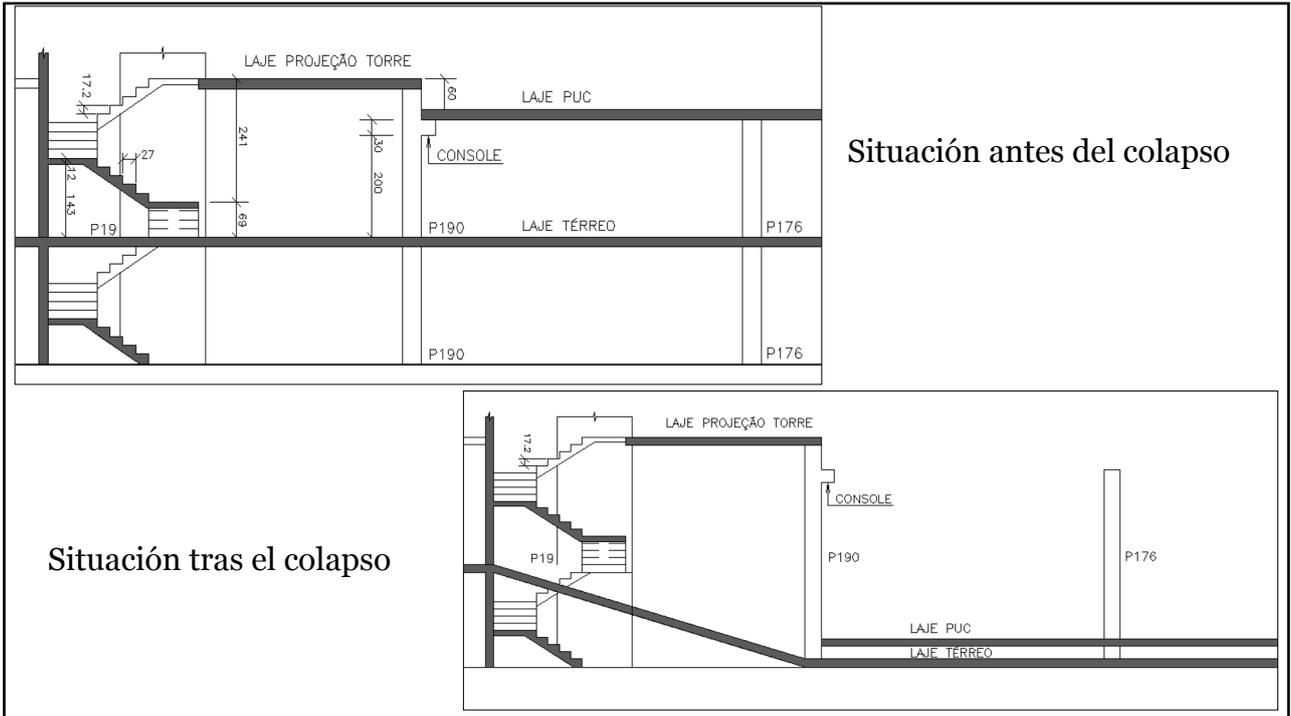
44



45



46



47



48



49



50

Falsas Hipótesis del “Gatillo”

1. Corrosión de los refuerzos de las columnas
2. Estructura con losas planas sin vigas
3. Efectos ambientales de los sumideros
4. Corrosión de la armadura de losa cerca de la pileta

51

October 8, 2018

Re: *Champlain Towers South Condominium
Structural Field Survey Report*

MC Job# 18217

Page 8

El Informe Estructural Morabito, 2018, demuestra que la corrosión de los refuerzos en las columnas son pocas y jamás suficiente para justificar un colapso

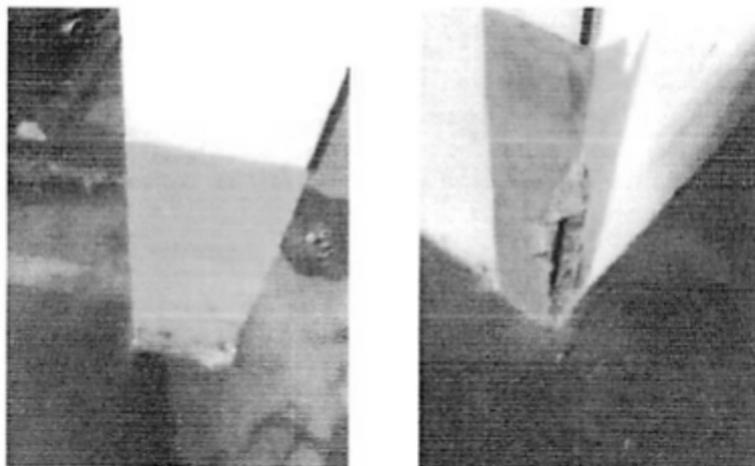
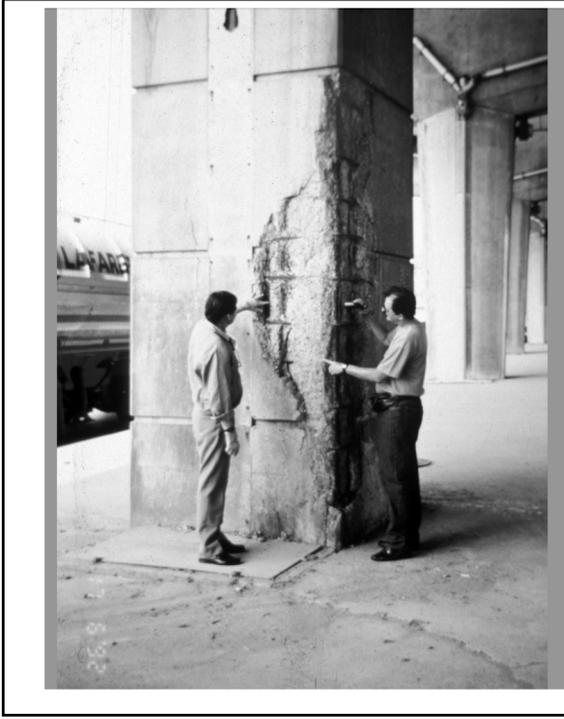
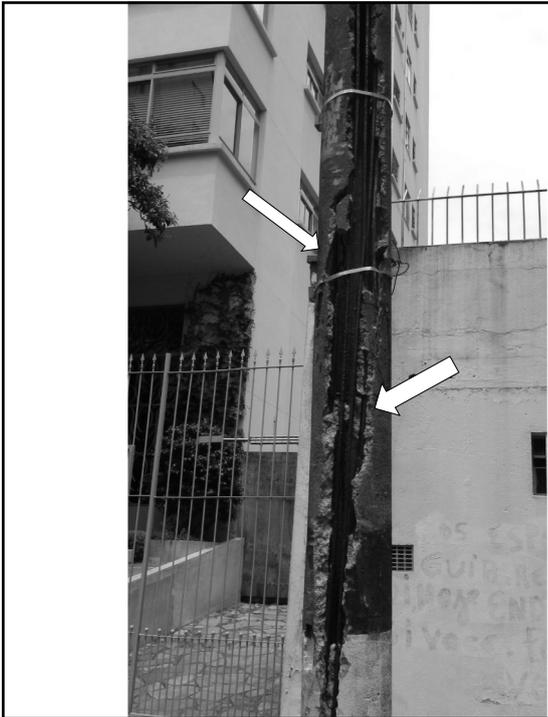


Figure J1: Typical cracking and spalling at parking garage columns

52



53



54

Falsas hipótesis del “Gatillo”

1. Corrosión acero de las columnas - Negativo
2. Estructura con losas planas sin vigas - Negativa
3. Efectos ambientales de los sumideros
4. Corrosión de la armadura de losa cerca de la pileta

55



56

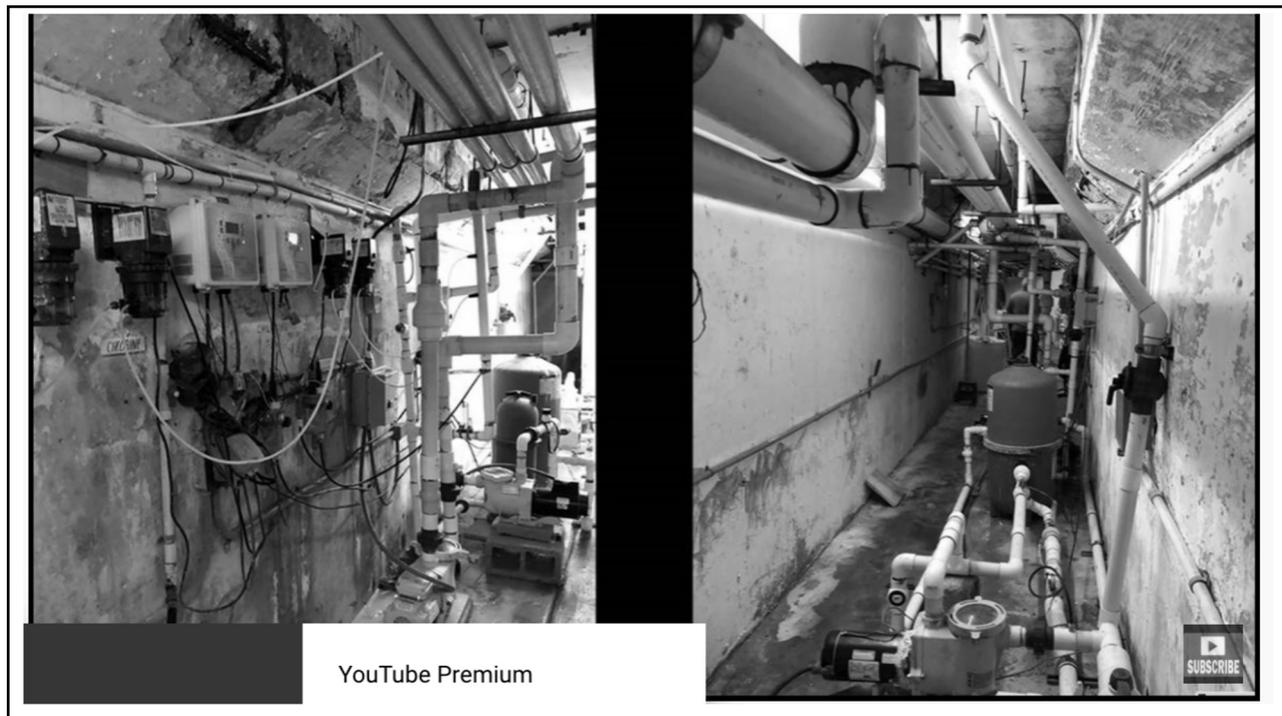
O geofísico **Mika McKinnon** apontou uma série de falhas no plano de **Elon Musk** para cavar túneis em **Miami**, como a sua empresa **The Boring Company** tem feito em várias outras cidades dos **Estados Unidos**. Em entrevista ao site *Curbed*, McKinnon explicou que o solo embaixo da cidade da Flórida é composto de um cárstico de calcário altamente dissolúvel, que é cheio de cavidades e cavernas – assim como o solo do oceano.



Esse seria o motivo pelo qual Miami não possui um sistema de metrô, e também porque a grande maioria das casas da cidade não tem porões. Essa característica geográfica também faz com que a cidade seja particularmente suscetível a inundações.

Por causa disso, ela necessita de um complexo sistema de bombeamento apenas para garantir que suas ruas são navegáveis por carros. Isso mesmo em épocas em que não há grandes tempestades na região.

57



YouTube Premium

58



59

Falsas hipótesis del “Gatillo”

1. Corrosión de acero en las columnas - Negativo
2. Estructura con losas planas sin vigas - Negativo
3. Efectos ambientales de los sumideros - Negativo
4. Corrosión del refuerzo de losa cerca de la pileta • Negativo

60

Tercera Lección

- ✓ Mantener una visión crítica de las noticias en los medios de comunicación

Por ejemplo en el caso de la Torre Grenfell (Londres) los bomberos ordenaron a los propietarios para quedar en los apartamentos → 72 muertos

61

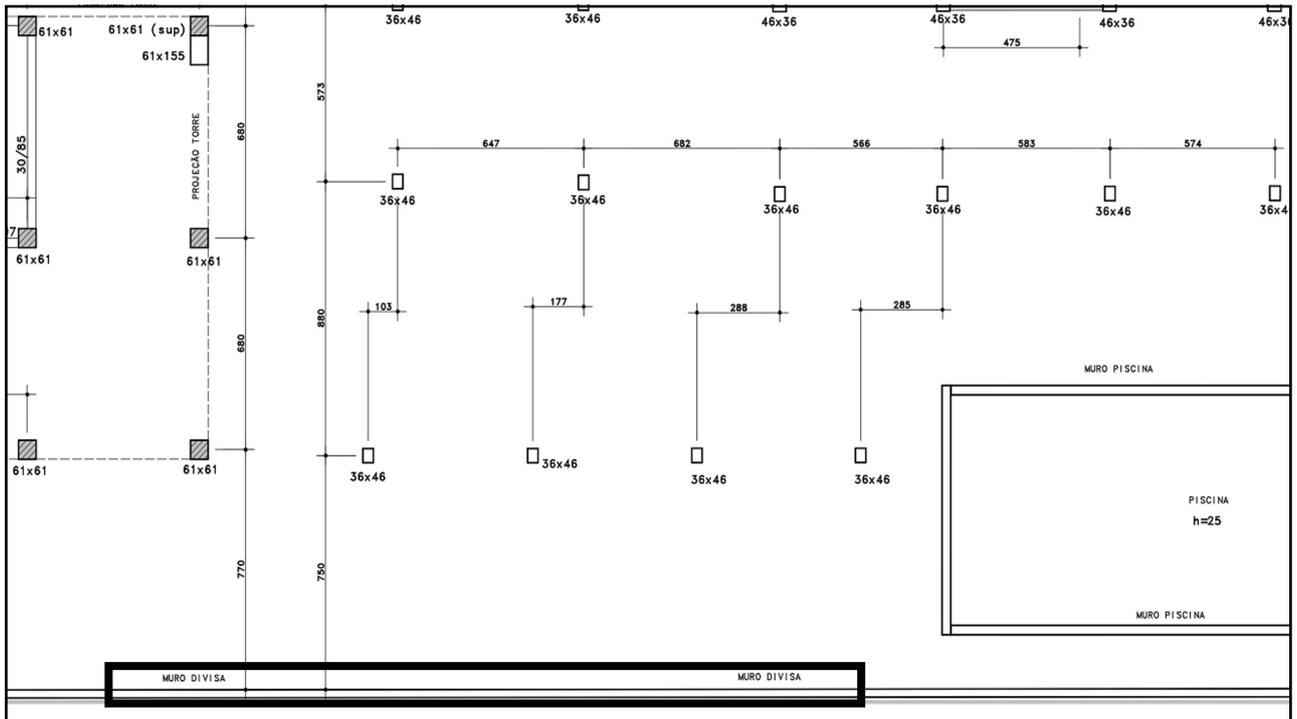
“Verdaderas” hipótesis del “Gatillo”

→ Fisura + corrosión → pared divisa

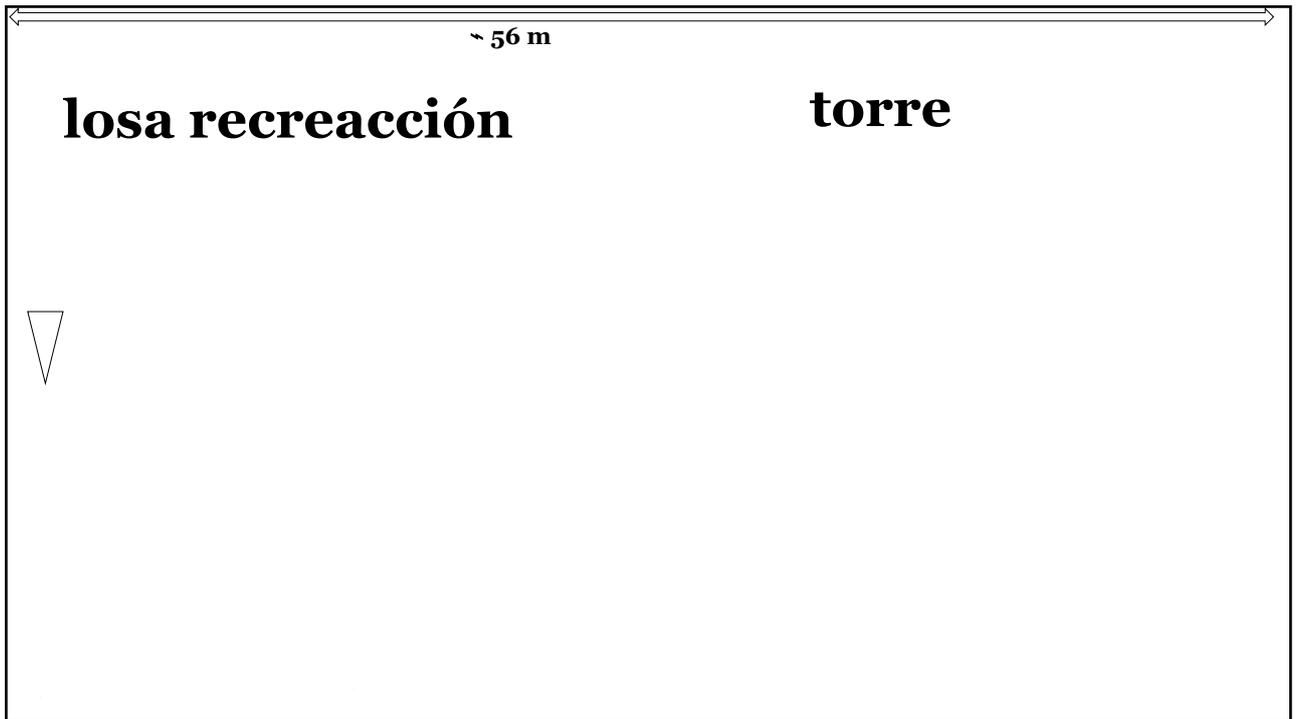
→ Punzonamiento + corrosión → losa recreación

→ Recalce diferencial → punzonamiento

62

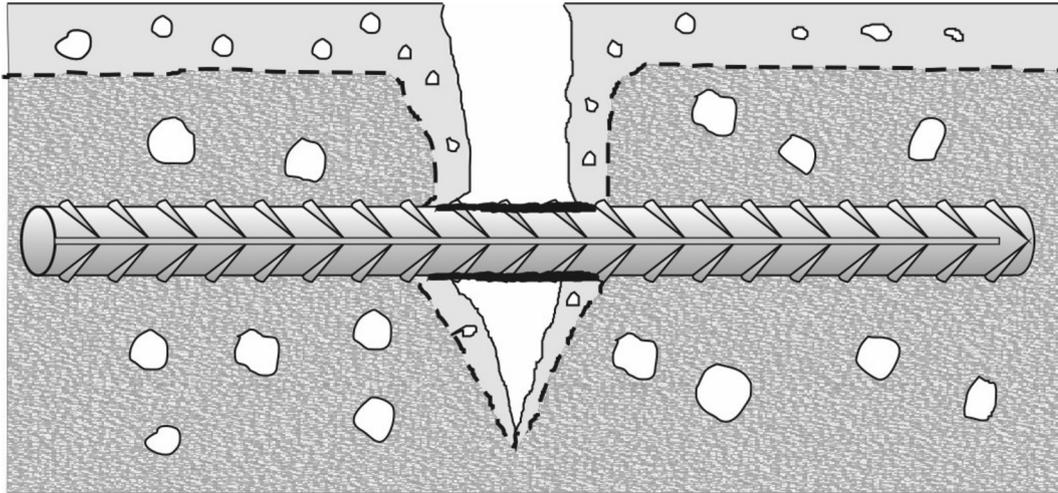


63



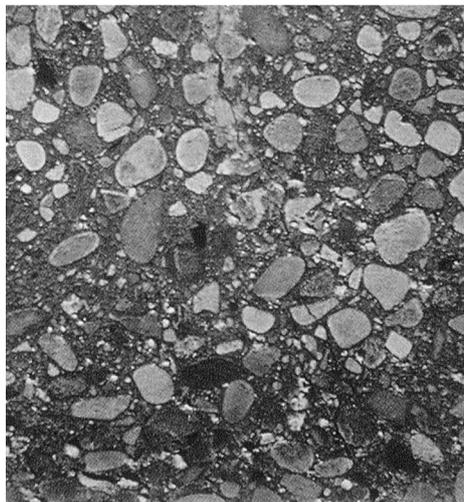
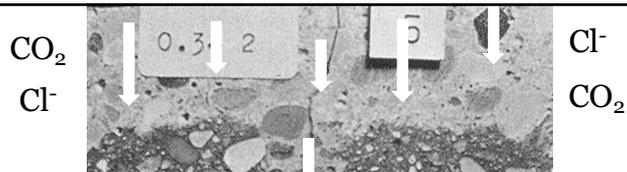
64

Fisuras por Carbonatación o Cloruros

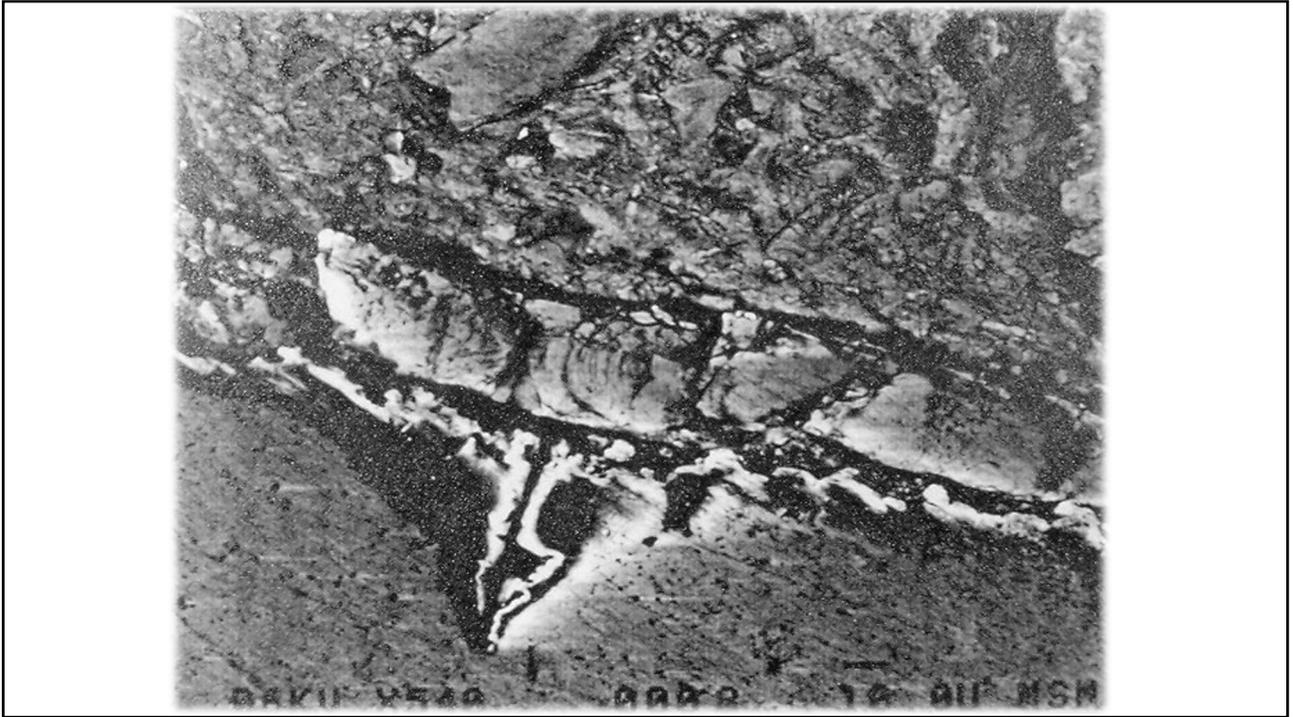


w_k ánodo pequeño vs cátodo enorme

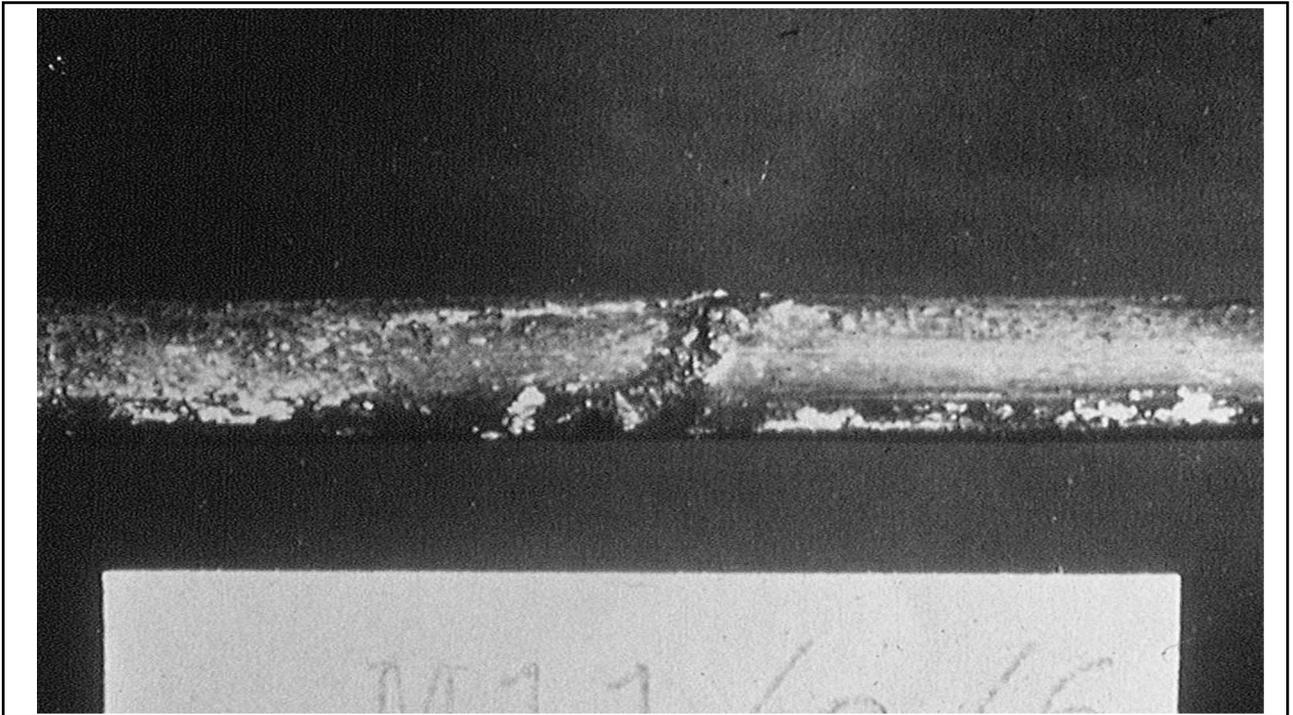
65



66



67



68



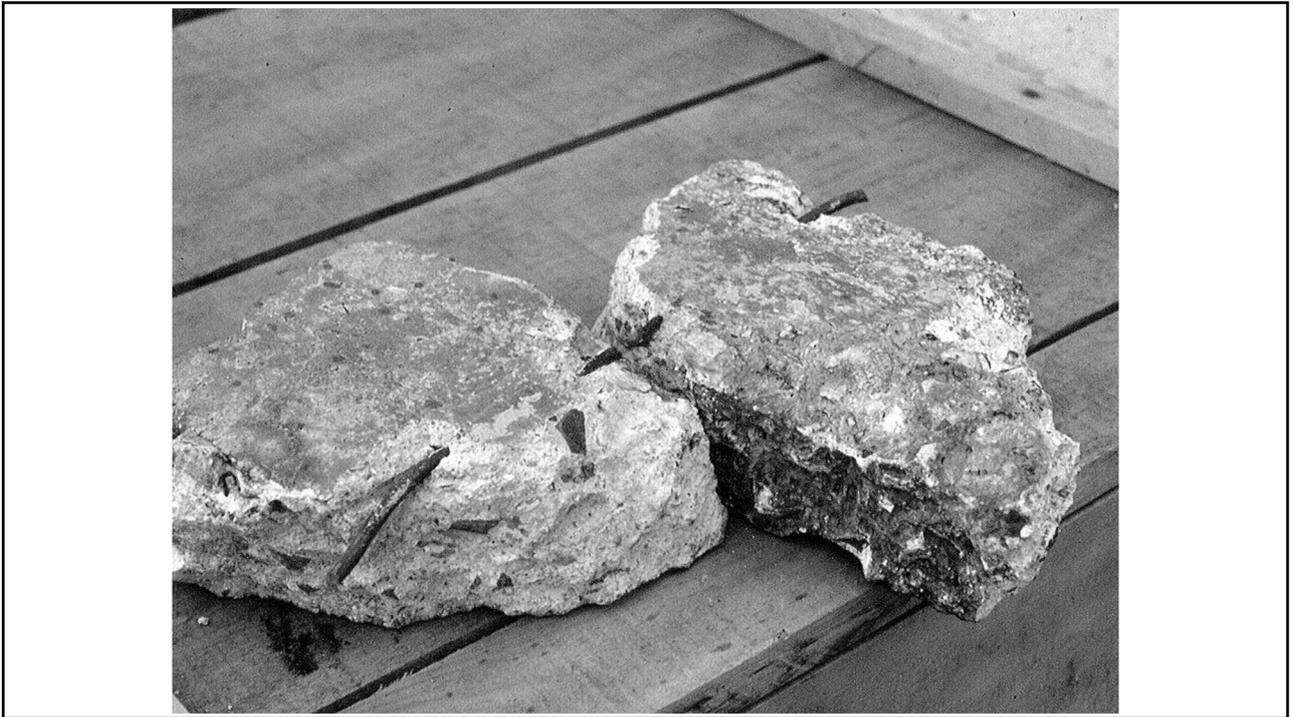
69



70



71



72



73



74



75



76



77

**Thursday
April 21, 2022**

**MIAMI
HERALD**



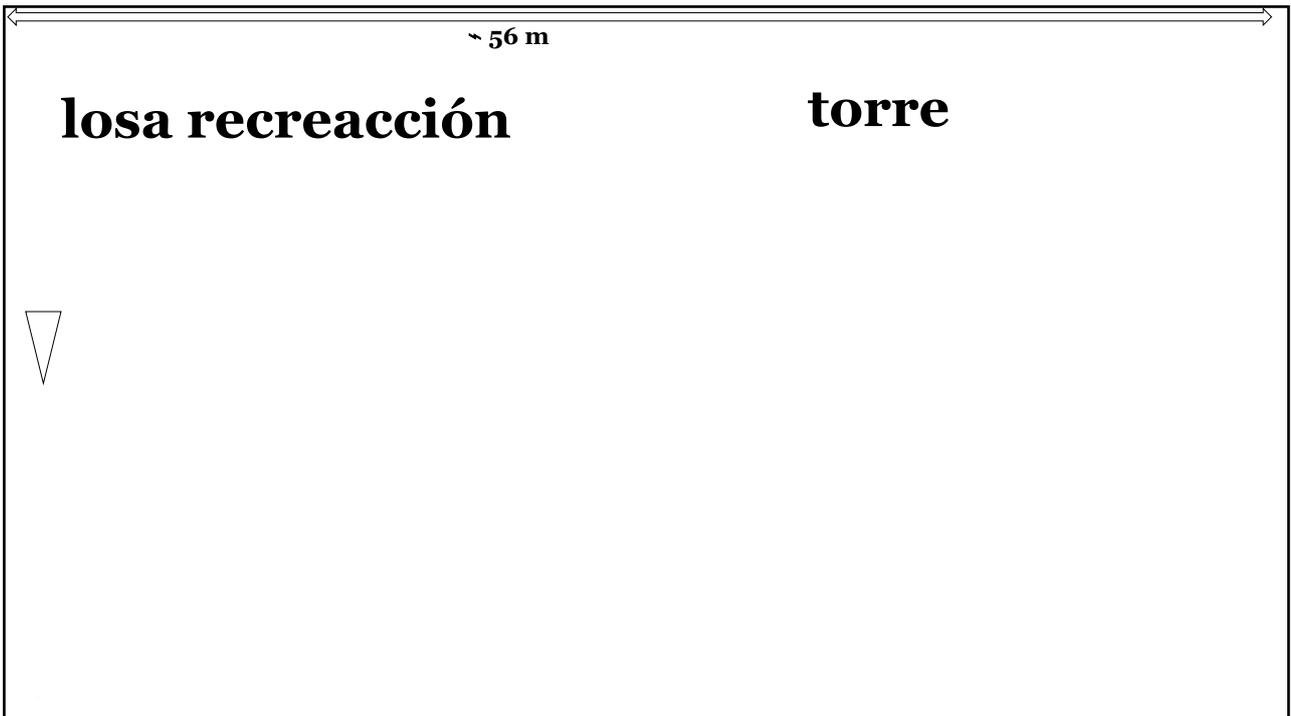
A photo of the Champlain Towers South pool deck shows the slab disconnected from the southern wall during the June 24 collapse. Damage in the failure plain is not uniform, indicating pre-existing damage to portions of the slab at the connection, according to engineer Dawn Lehman. Robert Lisman

<https://www.miamiherald.com/news/special-reports/surfside-investigation/article260418037.html>

78



79



80



October 8, 2018

Champlain Towers South
8777 Collins Avenue
Surfside, FL 33154

Attention: Ms. Maggie Manrara
Treasurer

**Re: Champlain Towers South Condominium
Structural Field Survey Report
MC Job# 18217**

Dear Ms. Manrara:

Morabito Consultants, Inc. (MC) is pleased to submit this structural engineering report of the Field Survey completed at the existing Champlain Towers South Condominium Complex (CTS) in Surfside, FL. The scope of this project includes a review of the existing 12 story plus penthouse 136-unit residential building, below-grade parking garage and at-grade exterior entrance drive, pool and recreation area. MC reviewed a representative sample of ~68 condominium units (half of the total units found in the building) along with the roof, exterior facade (observed from the balconies surveyed), parking garage,

81

https://www.townofsurfsidefl.gov/docs/default-source/default-document-library/town-clerk-documents/champlain-towers-south-public-records/8777-collins-ave---structural-field-survey-report.pdf?sfvrsn=882a1194_2

" The Pool Deck and Entrance Drive areas were reviewed

...

Many of the existing pavers on the pool deck are cracked

...

The joint sealant was observed to be beyond its useful life and are in need to complete replacement

...

The failed waterproofing is causing major structural damage to the concrete structural slab below these areas "

82

- ❖ Pacometría - posición de la armadura
- ❖ Esclerometría - dureza superficial
- ❖ Ultrasonido – nidos de hormigonado
- ❖ Testigos - f_c y módulo concreto + +
- ❖ Espesor recubrimiento
- ❖ Espesor de carbonatación
- ❖ Presencia y perfil de cloruro
- ❖ Geometría de grietas y fisuras
- ❖ Identificación de áreas problemáticas



83

Cuarta Lección

- ✓ Es fundamental realizar una inspección correcta y detallada, realizada por profesionales experientes que sepan identificar los puntos críticos de la estructura que está bajo inspección.

"... todo lo que dice a Red DURAR, ALCONPAT, Normativas ACI/fib/EH/Mexico, ... anmencia, pruebas, conocimientos de diseño estructural, cloruros, prospección..."

84

“Verdaderas” hipótesis del “Gatillo”

→ Fisura+corrosión en el muro/pared divisa

→ **Punzonamiento + corrosión**

→ Recalque diferencial

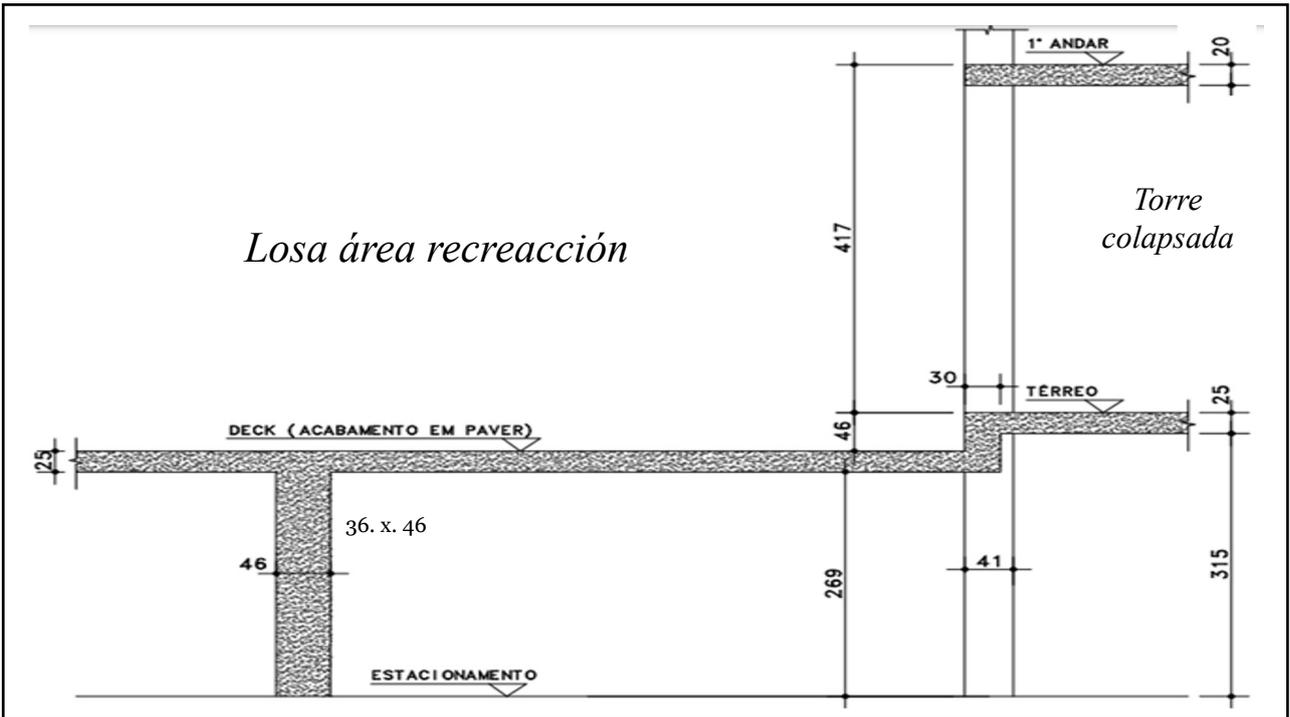
85



86



87



88

Losa Recreación → Punzonamiento

$e_{\text{nominal}} = 25 \text{ cm} \rightarrow \text{canto} \rightarrow d = 22 \text{ cm}$

Peso losa (25cm) = 625 kgf/m²

Coches+pavers+impermeabilización= 325 kgf/m² Total : 1.200 kgf/m²

Personas+macetero= 250 kgf/m²

“área de influencia” ou modelo

Carga em la columna = 50.000 kgf (50tf)

Nota: no se consideró ningún efecto de momento en la cabeza de la columna, ni de flexión, por lo que se realizó una verificación aproximada de la realidad.

89

Losa Recreación → Punzonamiento

$f_{ck,losa} = 27,6 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$

$f_{ck,columna} = 41,4 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$

Acero en x = $\phi 16$ cada 15,3cm $\rho_x = 0,60\%$

Acero em y = $\phi 16$ cada 17,5cm $\rho_y = 0,52\%$

$$\rho = \sqrt{\rho_x * \rho_y}$$

Cuantía = 0,0056 = 0,56%

90

Losa Recreación → Punzonamiento *resumen*

$$f_{ck,losa} = 27,6 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$$

$$f_{ck,columna} = 41,4 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$$

$$\text{Cuantía} = \rho = 0,0056 = 0,56\%$$

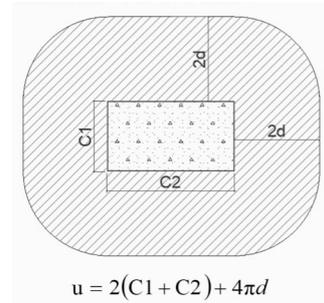
$$\text{Normal solicitante} \rightarrow F_{sd} = 500^* \gamma_f \quad (\text{kN})$$

$$\text{Perímetro crítico} \rightarrow \mu = 440 \text{ cm}$$

$$\text{Canto } d = 22 \text{ cm}$$

$$C1 = 36 \text{ cm} \quad C2 = 46 \text{ cm}$$

Contorno C'



91

apartado 20.12

“Punzonamiento”

pág. 418 a 422

Hormigón Armado

14^o Edición

Refere-se a EHE

Publicada em 2000

Pedro Jiménez Montoya

Álvaro García Meseguer

Francisco Morán Cabre



92

EHE 2000 → Punzonamiento

$$\tau_{Rd} = 0,12 * \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}}\right) * \sqrt[3]{(100 * \rho * f_{ck})}$$

Contorno C'

$$\tau_{sd} = \frac{\beta * F_{sd}}{\mu * d}$$

$$1 + \sqrt{\frac{200}{d}} * \sqrt[3]{(100 * \rho * f_{ck})}$$

93

Norma Española EHE 2000 → Punzonamiento

$$\tau_{Rd} = 0,12 * \left(1 + \sqrt{200/220}\right) * (100 * 0,0056 * 27,6)^{1/3} = \mathbf{0,58 \text{ MPa}}$$

$$\tau_{Rd} = 0,12 * \left(1 + \sqrt{200/220}\right) * (100 * 0,0056 * 41,4)^{1/3} = \mathbf{0,63 \text{ MPa}}$$

$$\tau_{sd} = \frac{\beta * F_{sd}}{u * d} = \frac{1,15 * 500kN * \gamma_f}{440cm * 22cm} = 0,59 \text{ MPa} * \gamma_f$$

94

EHE 2000 → Punzonamiento

$$\tau_{Sd} < \tau_{Rd}$$

$$\tau_{Rd} = 0,58 \text{ a } 0,63 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Sd} = 0,59 * \gamma_f$$

$$\gamma_f = 0,98 \text{ a } 1,07$$

(1,5 ?!)

95

NBR 6118:2014 Resistente y Solicitante Punzonamiento

Columna interna, carregamento simétrico (sin efecto de momento)

$$\begin{aligned} \tau_{Rd} &= 0,13 * \left(1 + \sqrt{20/d}\right) * (100 * \rho * f_{ck})^{1/3} = \\ &= 0,13 * \left(1 + \sqrt{20/22}\right) * (100 * 0,56\% * 27,6)^{1/3} = 0,63 \text{ MPa} \\ &41,4 \rightarrow 0,72 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_{Sd} = \frac{F_{Sd}}{u \times d} = \frac{500kN * \gamma_f}{440cm * 22cm} = 0,52 \text{ MPa} * \gamma_f$$

$$\gamma_f = 1,21 \text{ a } 1,38$$

(1,4 ?!)

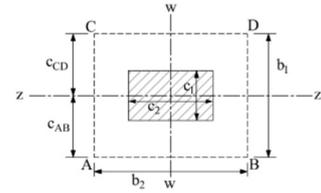
96

ACI 318:14 Punzonamiento

$$\tau_{Rd} = 0,25 * \sqrt{f_{ck}}$$

$$\tau_{Rd} = 0,25 * \sqrt{27,6} = 1,31 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Rd} = 0,25 * \sqrt{41,4} = 1,60 \text{ MPa}$$



$$\tau_{sd} = \frac{F_{sd}}{u_1 * d} + \frac{\gamma_v * M_{sd} * b_1 / 2}{J_c}$$

$$\tau_{sd} = \frac{F_{sd}}{u_1 * d} = \frac{500 \text{ kN} * y_f}{252 \text{ cm} * 22 \text{ cm}} = 0,90 \text{ MPa} * y_f$$

97

ACI 318:14 Punzonamiento

$$\tau_{Rd} = 1,31 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Rd} = 1,60 \text{ MPa}$$

$$\tau_{sd} = 0,90 \text{ MPa} * y_f$$

(1,4 ?!)

$$y_f = 1,45 \text{ a } 1,77$$

Nota: según ACI pasa punzonamiento pero no pasa el refuerzo de flexión, por ejemplo.

98

fib Model Code:2010 Punzonamiento

$$F_{Rd} = k_{\Psi} * \frac{\sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c} * b_0 * d$$

$$F_{Rd} = 0,214 * \frac{\sqrt{27,6}}{1,5} * 2100mm * 220mm = 347 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = 0,214 * \frac{\sqrt{41,4}}{1,5} * 2100mm * 220mm = 424 \text{ kN}$$

$$F_{Sd} = 500 \text{ kN} * y_f$$

99

fib Model Code:2010 Punzonamiento

$$F_{Rd} = 347 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = 424 \text{ kN}$$

$$F_{Sd} = 500 * y_f$$

(1,5 ?!)

$$\gamma_f = \mathbf{0,69 \text{ a } 0,85}$$

Obs.: comparativa de esfuerzos resistentes versus esfuerzos solicitados.

100

ACI 318:	$\gamma_f = 1,45$ a $1,77$
<i>fib</i> Model Code:2010:	$\gamma_f = 0,69$ a $0,85$
Norma Española EHE.2000:	$\gamma_f = 0,98$ a $1,07$
NBR 6118:2014 → contorno C'	$\gamma_f = 1,21$ a $1,38$

+retracción + efectos térmicos + recalce diferencial + corrosión

101

Quinta Lección

- ✓ Los estándares no son los mismos, mucha atención
- ✓ Es fundamental proceder a una revisión por pares del proyecto estructural antes de comenzar a construir, realizada por expertos que sepan identificar los puntos críticos de la estructura.
- ✓ “ *...fib, norma brasileira ABNT NBR 6118 prescreve ATP...*”

102

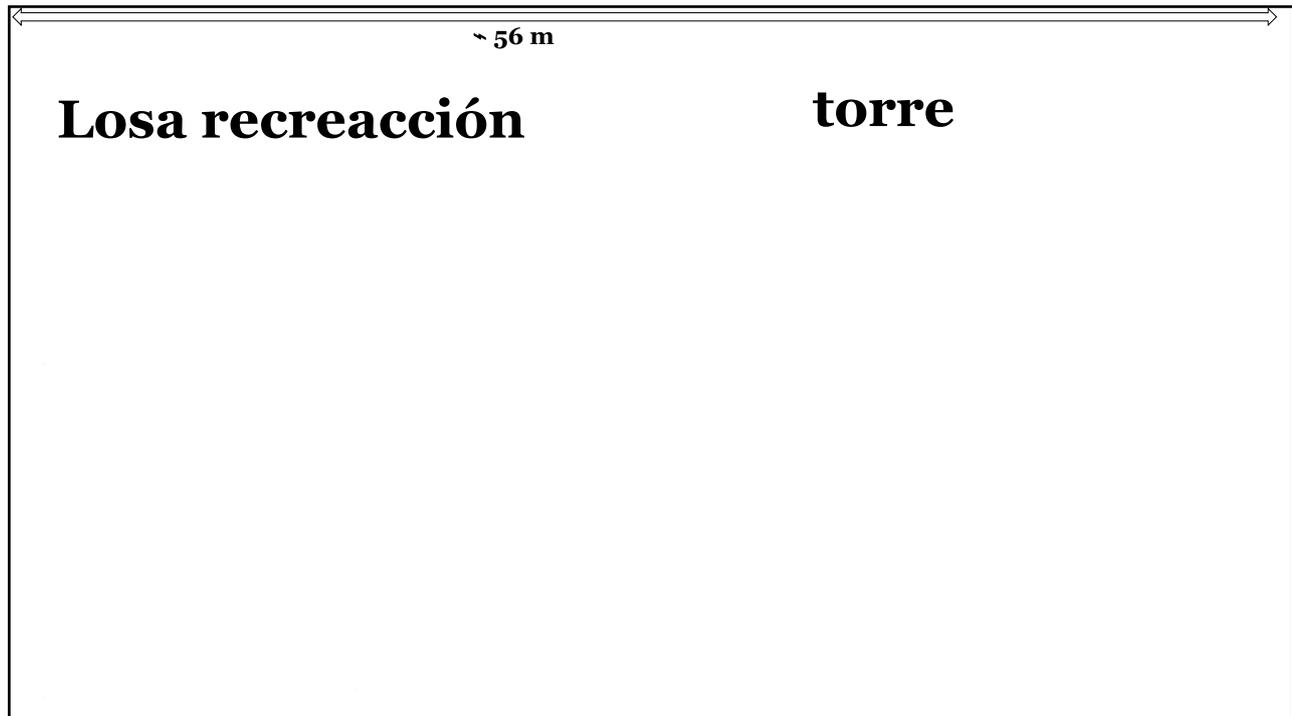
“Verdaderas” hipótesis del “Gatillo”

→ Fisura + corrosión muro divisa

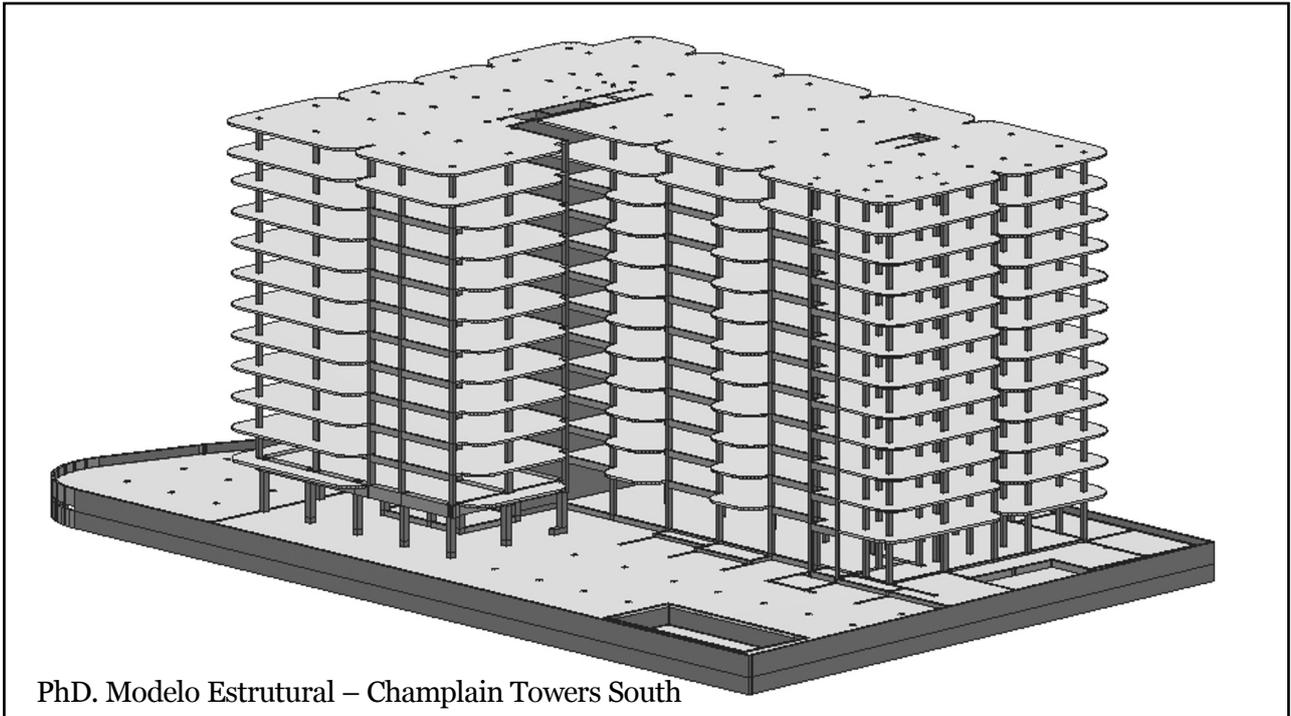
→ Punzonamiento + corrosión → losa

→ **Recalce diferencial**

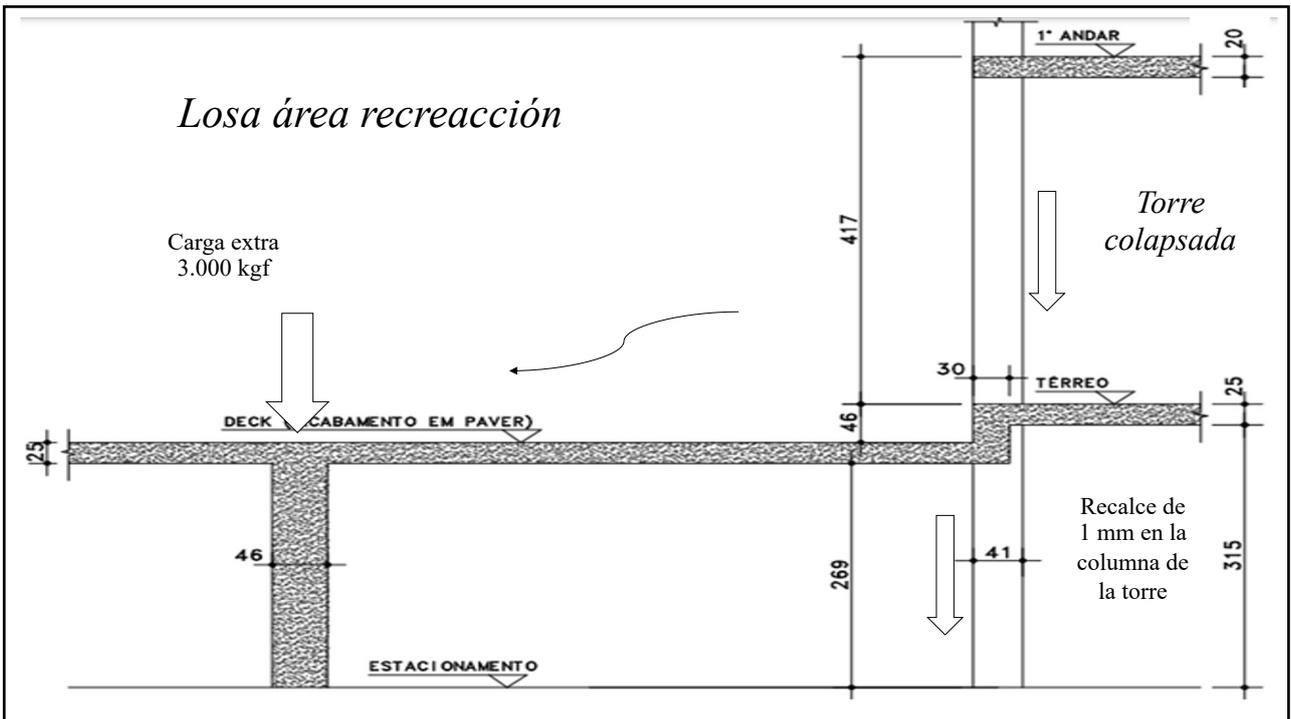
103



104



105



106

Recalque Diferencial

$$\gamma_f = 0,69; 0,98; 1,21 \text{ e } 1,45 = 1,09$$

Carga inicial (40 años) en las columnas = 50.000 kgf

Recalce 1 mm \rightarrow carga extra \approx 3.000 kgf

$$\gamma_f = 1,02$$

107

Recalque Diferencial

$$\gamma_f = 0,69; 0,98; 1,21 \text{ e } 1,45 = 1,09$$

Carga inicial em la columna = 50.000 kgf

Recalce 2 mm \rightarrow carga extra \approx 6.300 kgf

$$\gamma_F = 0,97$$

108



109

¿Qué recomendar a Champlain Towers North?

1. Prohibir el aparcamiento
2. Revisar proyecto/diseño
3. Inspeccionar fisuras (cabeza y encuentro losa muro)
4. Crear junta la dilatación de losa (consolas)
5. Introducir el concepto de robustez

110



Shoring is visible around at least 11 columns at Champlain Towers North, sister building to the Champlain Towers South condo that collapsed in June 2021.

111

Lecciones Aprendidas

- ❖ Transparencia para la sociedad y poder para la ingeniería (inspección y diagnóstico)
- ❖ ATP (revisión del diseño estructural, por expertos)
- ❖ ATO (control tecnológico de estructuras, por expertos)
- ❖ ATU (inspección periódica de uso, por expertos)
- ❖ Mantenimiento y renovaciones/obras (por constructor competente)
- ❖ Las estructuras no son eternas, sepa escuchar los gritos de la estructura!
- ❖ Elegir profesionales bien preparados (Certificación)
- ❖ Equipo multidisciplinario (el último ingeniero universal fue Leonardo da Vinci)

112

Muchas Gracias!

91 años!

113

MUCHAS GRACIAS

Paulo Helene
paulo.helene@concretophd.com.br
www.phd.eng.br



X CONGRESO NACIONAL DE ALCONPAT MÉXICO 2022

PATROCINADO POR



AUSPICIADO POR



114