

# Sobre él Arte de Proyectar y Construir Estructuras



Sheraton Asunción

17 de septiembre de 2012

Paraguay

Paulo Helene  
Presidente ALCONPAT  
D Engenharia  
Membro IBRACON  
São Paulo USP  
for Service Life  
Prof. Titular  
fbb (CEB-FIP) member of

1



2

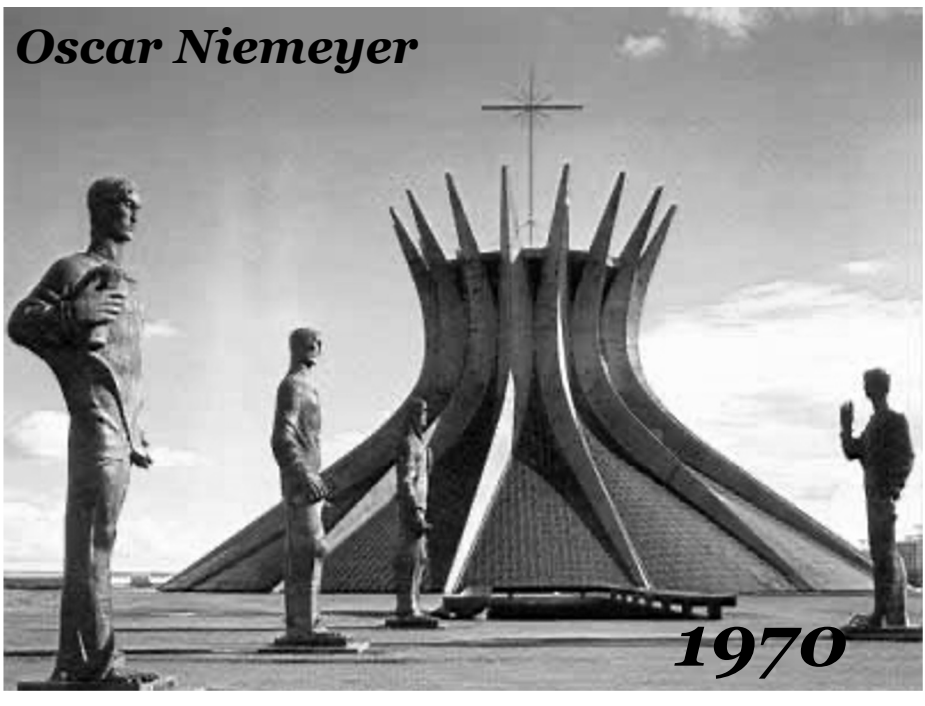


3



4

*Oscar Niemeyer*



5

*José Carlos de Figueiredo Ferraz*



**MASP Museu de Arte São Paulo 1968**

6

# **Importância de la “arquitectura & de la ingeniería civil” para él desarrollo de una Nación**

7

## **Investigación en Concreto**

No Canadá, CA → Pierre-Claude Aitcin – Diretor Científico

1989 National Research Council, NRC  
NCE 1989 → Network of Centres of Excellence  
NCE investe 40 milhões de dólares/ano

Concrete/Béton Canada (1989 → 1999)  
Université de Sherbrooke  
1,4 milhões de dólares/ano (10 anos)

Entidades integrantes:  
11 universidades  
15 Instituições Governamentais  
5 Entidades  
65 Empresas

8



## Béton Canada

The mission of Concrete Canada is to position the Canadian construction industry at the leading edge of concrete technology in order to enhance its competitiveness.

Its goal is to develop more durable, high-performance concrete and provides a longer life expectancy for structures, to develop innovative tools for designing new structures and repairing existing structures.

Beton Canada are demonstrating that HPC structures are safe, efficient and cost-effective, and providing direct transfer of technology from the laboratory to industry.

Béton Canada Network assure Canada as world leader in the industry field.

9

### CANADA → Networks of Centres of Excellence (14 em 1989, hoje 19)

#### *Advanced Technologies*

1. Canadian Network for Space Research
2. Centres of Excellence in Molecular and Interfacial Dynamics
3. Institute for Robotics and Intelligent Systems
4. Micronet - Microelectronic Devices, Circuits and Systems
5. NeuroScience Network

#### *Engineering and Manufacturing*

1. Canadian Institute for Telecommunications Research
2. **Concrete Canada**
3. Mechanical Wood-Pulps Network

#### *Health, Human Development and Biotechnology*

1. Canadian Ageing Research Network
2. Canadian Bacterial Diseases Network
3. Insect Biotech Canada
4. Inspiraplex - Respiratory Health Network of Centres of Excellence
5. Protein Engineering Network

#### *Natural Resources and Environment*

1. Ocean Production Enhancement Network

10

**NCE** Canada Network of Centres of Excellence

## *Engineering and Manufacturing*

1989 a 1999

Concrete / Béton Canada

1995- 2012

Intelligent Sensing for Innovative Structures

ISIS Canada

University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba

11

## **Pesquisas em Concreto**

Nos Estados Unidos, USA → Surendra Shah → Diretor Científico

1989 → National Science Foundation, NSF

ACBM Center for Advanced Cement-based Materials

NorthWestern University

University of Illinois

Purdue University

University of Michigan

National Institute of Standards and Technology

→ WMU, waste material utilization;

→ LCP, life cycle prediction;

→ DHPC, designing for high performance concrete

“Concrete & Science Engineering”

“Cementing the Future” média: 8 artigos por ano

12

## **ACBM: Worldwide leaders in new technology**

ACBM was established in 1989 as a National Science Foundation Science and Technology Center, dedicated to the cement and concrete industries. By focusing on research, education, and technology transfer, ACBM has contributed major advances in the knowledge of cement and concrete materials and their behavior.

Hundreds of students and visiting scholars have participated in research at ACBM and have gone on to careers in industry and academia to continue this important work.

Many companies have adopted and optimized new technologies based on expertise developed through collaborative efforts with ACBM. **Cement Research — Response to a real world need.**

Much of the way we live depends on concrete. Our houses, roads, cities and underground support systems are all structured from this.

13

## **Investigación en Concreto**

Brasil

- 131 grupos de pesquisa cadastrados em concreto na CAPES
- 22% de excelência

Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON

Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento

Banco de Teses e Dissertações

“Concreto Brasil”

50 Congressos → > 3.000 artigos → práticas recomendadas → livros

14

**CUANDO FUE  
RECONOCIDA LA  
PROFESIÓN DE  
ARQUITECTO POR  
PRIMERA VEZ EN LA  
HISTÓRIA DE LA  
HUMANIDADE ?**

15

**Político, alquimista, primeiro  
Arquiteto → Imhotep**



**Pirâmide escalonada de Djeser**

16



17

## **Materiales Estructurales!**

1. Madera / bambú;
2. Barro / arcilla (+ fibra);
3. Cerâmica;
4. Roca

18

# I Grande Revolução !

La Arquitectura podia  
construir obras duráveis,  
majestuosas y de grandes  
proporciones.

19



20



21



22



*Pirâmide de  
Chichen Itza  
Kukulcán  
Imperador  
Maya*

*1050.000  
visiting tourists  
2010*

*México 1.100 – 1.300 d.C.*

23

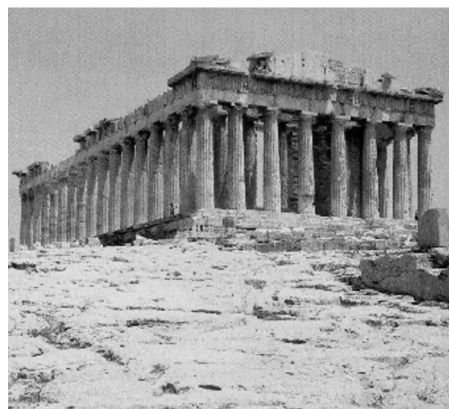
## EL CONCEPTO DE CONSTRUIR CON DURABILIDAD EXISTE DESDE LA ANTIGUEDAD

*razón áurea C/L = 1,618  
número phi (Phidias)*

*Arquitetos Ictinos de Mileto  
e Calícrates (escultor Phidias)*



**Pártenon, 440 aC**  
**“século de Péricles”**



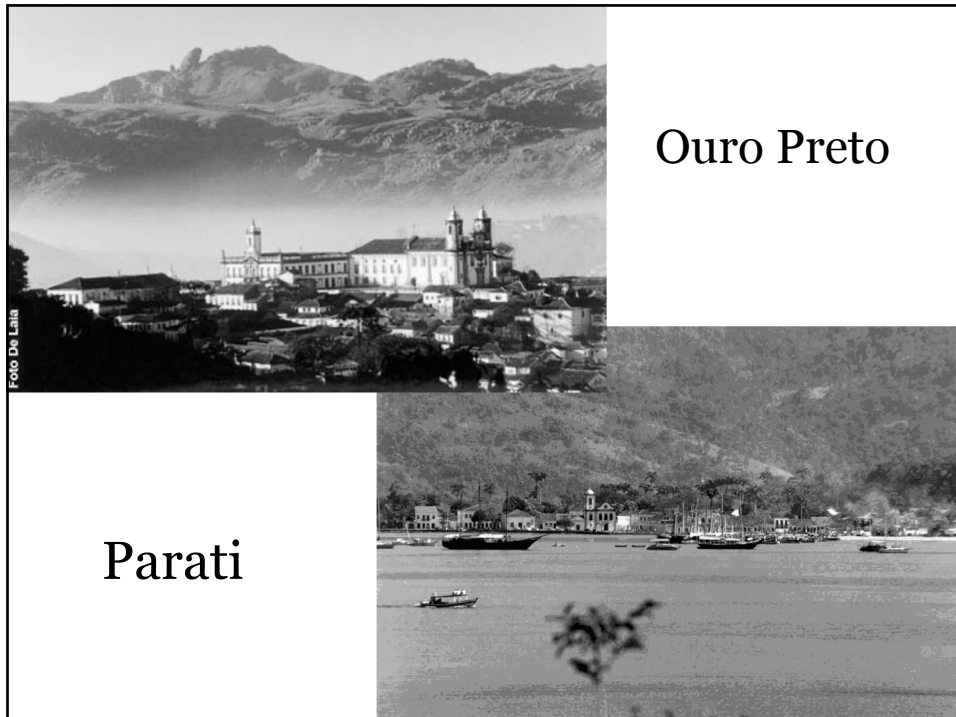
24



## Casa dela Independencia



25



26

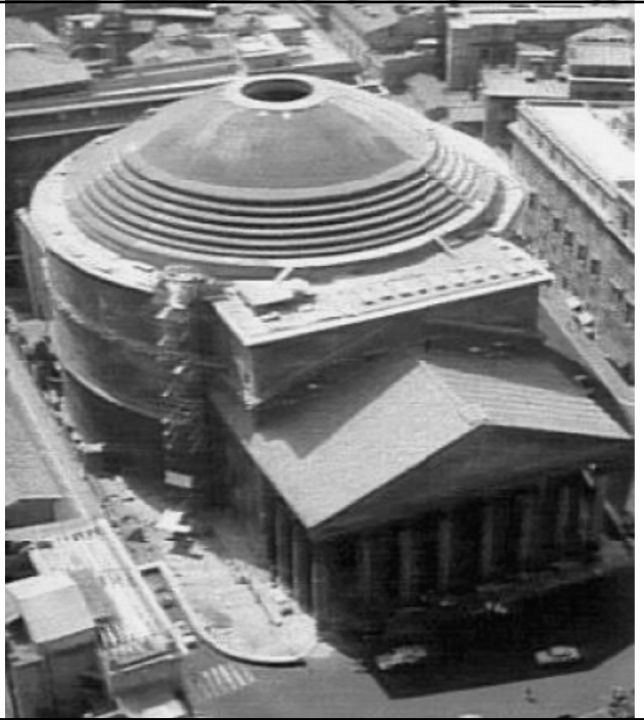


27

**CUANDO EL CONCRETO  
(estructural) HA  
APARECIDO POR  
PRIMERA VEZ EN LA  
HISTÓRIA?**

28

Panteón  
de  
Roma



29

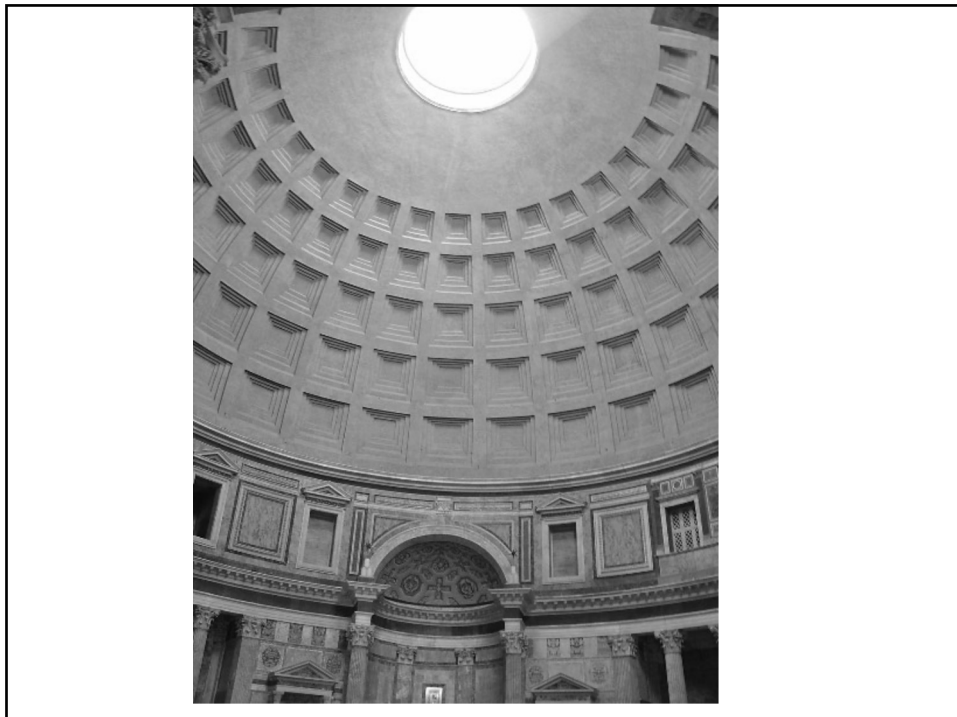


30

**Cúpula del Panteón de Roma**  
**Siglo II dC → Diámetro de 44m**



31



32

## **Siglos históricos**

**IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul**

**IX → Estilo Romanico → Abadia Cluny, France**

**XII-XIV → Estilo Gótico → Catedral Notre Dame, Colonia**

**XV → Estilo Renacentista**

**XVII → Estilo Barroco → Catedral São Pedro, Bernini**

**XVII → Estilo Neoclasico → Arco do Triunfo , Paris**

33

## **Catedral de Notre Dame**



**1163-1330**

**Abóbada da nave central → 35 m de altura**

34

## **Siglos históricos**

**IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul**

**IX → Estilo Romanico → Abadía Cluny, France**

**XII-XIV → Estilo Gótico → Catedral Notre Dame, Coloña**

**XV → Estilo Renacentista**

**XVII → Estilo Barroco → Catedral San Pedro, Bernini**

**XVII → Estilo Neoclasico → Arco del Triunfo , Paris**

## **XIX → Estructuras metálicas**

35

**Primer Puente Metálica → 1.779 d.C.**

**Coalbrookdale Bridge in Telford, Inglaterra**

*still in use today carrying occasional light transport and pedestrians*



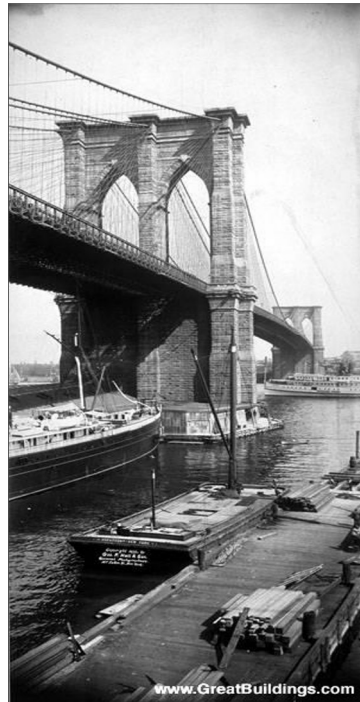
36



Puente del Brooklyn, New York, USA → 1.883  
John Augustus Roebling  
*ponte suspenso com cabos de aço galvanizados*

37

**cimentación  
en roca y  
albañilería  
de roca**



38

## **II Grande Revolución !**

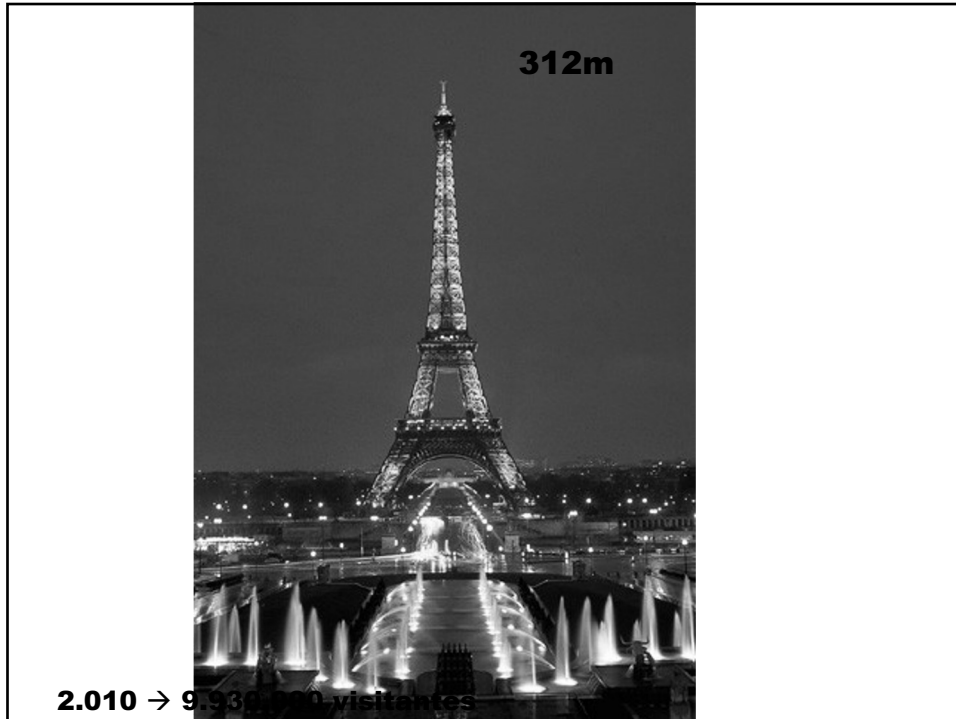
La Arquitectura de Estructuras  
podia diseñar obras antes  
inimaginables, con mucho más  
velocidad, seguridad para vencer  
grandes vanos y podia construir  
en altura como nunca antes.

39



40





41

**donde están los  
edificios de  
oficinas y  
habitación?  
  
que pasó?**

42



**Palácio de Westminster → Houses of Parliament**  
**1.868 dC                      Big Ben**

43

- **1.888 → Leroy Buffington  
USA, esqueleto reticular**
- **1.853 → Otis, elevador seguro,  
1889 → 1º elevador elétrico em  
NY**

44



**O início dos arranha-céus foi em 1.890-1.891 com a construção do edifício Wainwright com 42m St. Louis, USA.**

***Conhecido Escola de Chicago***

**Projetista  
Arquiteto Louis Henry Sullivan**

45

**SIGLO “XX”  
1892**

**APARECE UN  
NUEVO MATERIAL**

***Concreto Armado***

46

## **Primeras Normas sobre Estructuras de Concreto**

**1903**

**Suíça**

**1903**

**Alemanha**

**1906**

**França**

**1907**

**Inglaterra**

47



48



**Systeme  
Hennebique**  
*Paris, Rue Danton1*

**7 andares**  
**França 1.901**  
**30m**

**$f_{ck} = ?$**

*109 anos !*

*edificio em concreto mais  
antigo do mundo*

49



**Palácio Salvo**  
**Montevideu**

**27 andares**

**Uruguai 1925**

**103m**

**$f_{ck} = ?$**

*85 anos !*

**world record**

50



***Edifício  
Martinelli***

***1929***

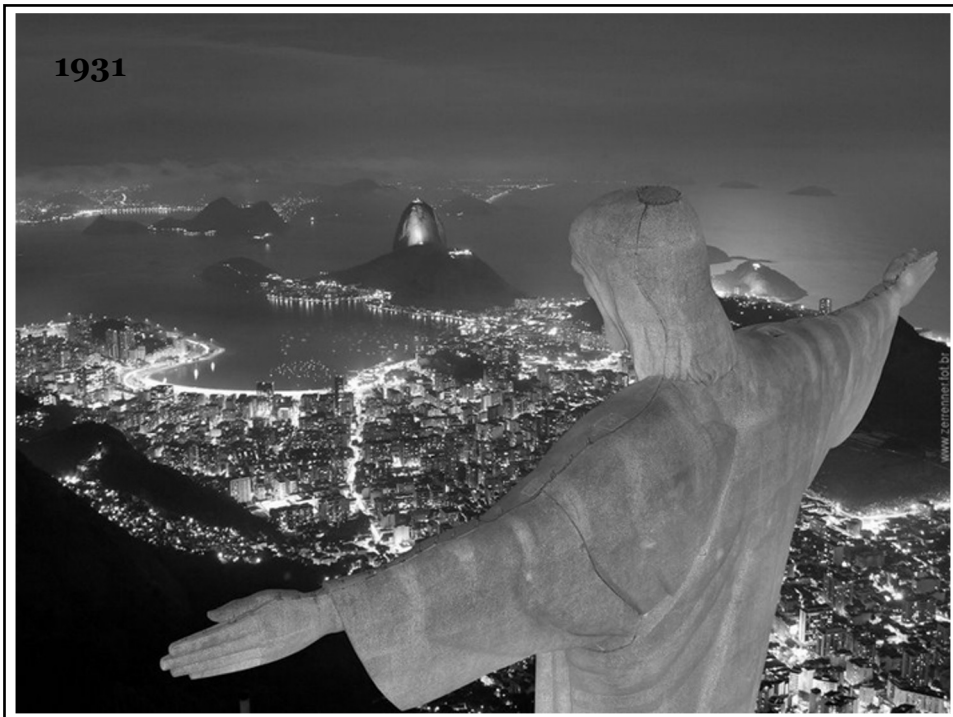
***106m***

***81 anos***

***world record***

***São Paulo, Brasil***

51

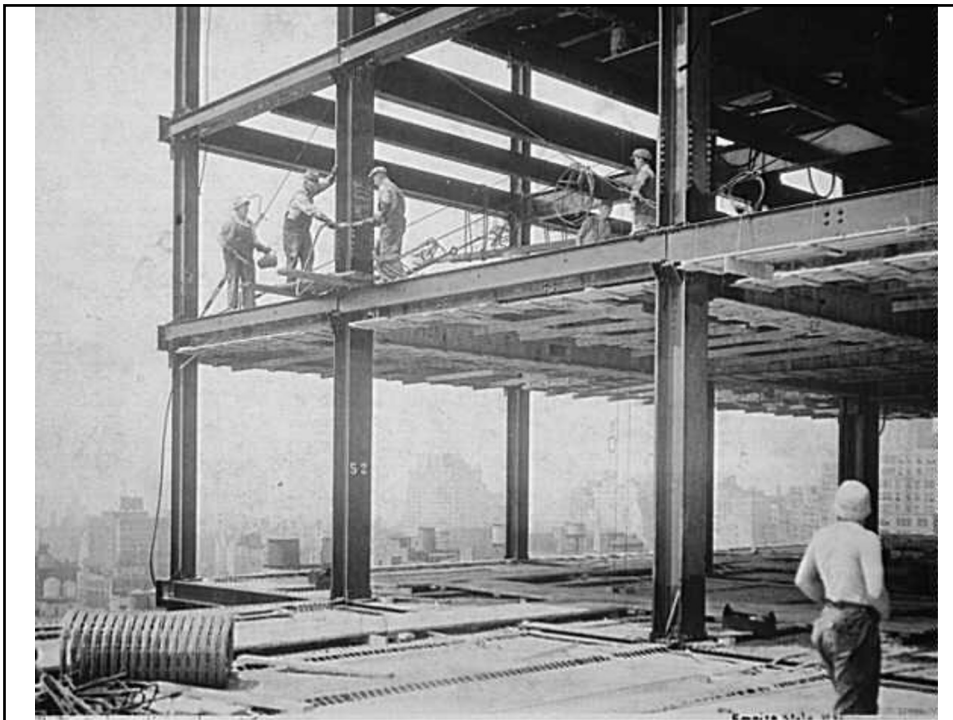


52



**Empire State Building  
381m , New York, 1.931**

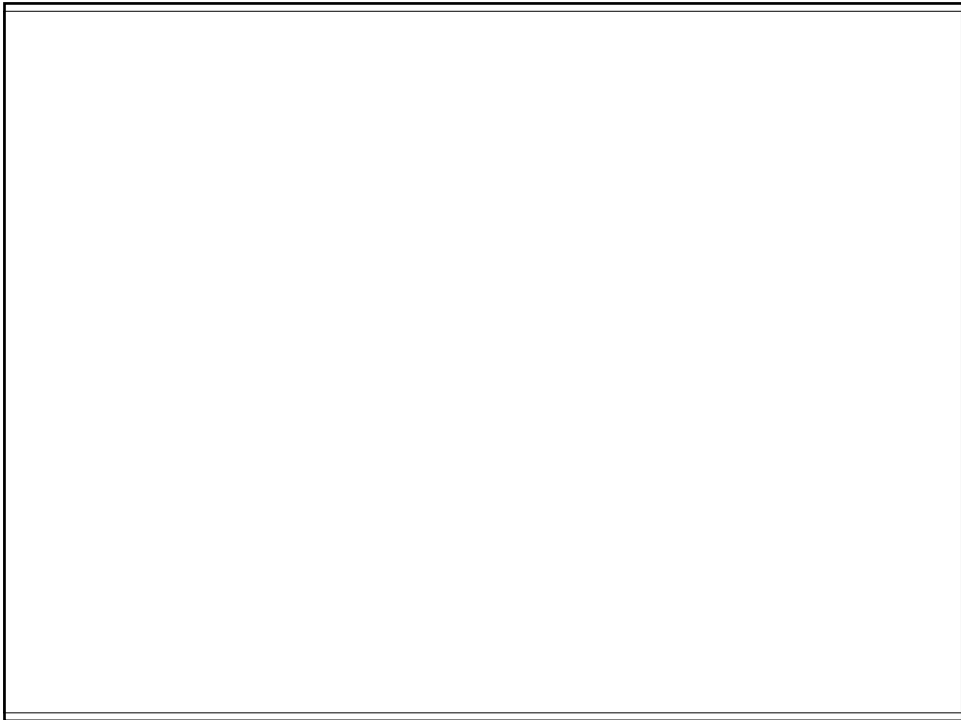
53



54



55



56





57



58

**Siglo XX  
1.928**

**“nuevo material estructural”**

***Concreto  
Protendido***

Eugene Freyssinet

59



60



61



62

## III Grande Revolução !

La Arquitectura de estructuras podía ousar mucho más pues ha descubierto como combinar dos materiales fantásticos. Él concreto tenía la durabilidad de la roca, era compatible con el acero e aún lo protegía “eternamente”

63

## Mejora arquitetônica

Concreto aparente, grandes vãos

*Bruno Contarini*



*Oscar Niemeyer*

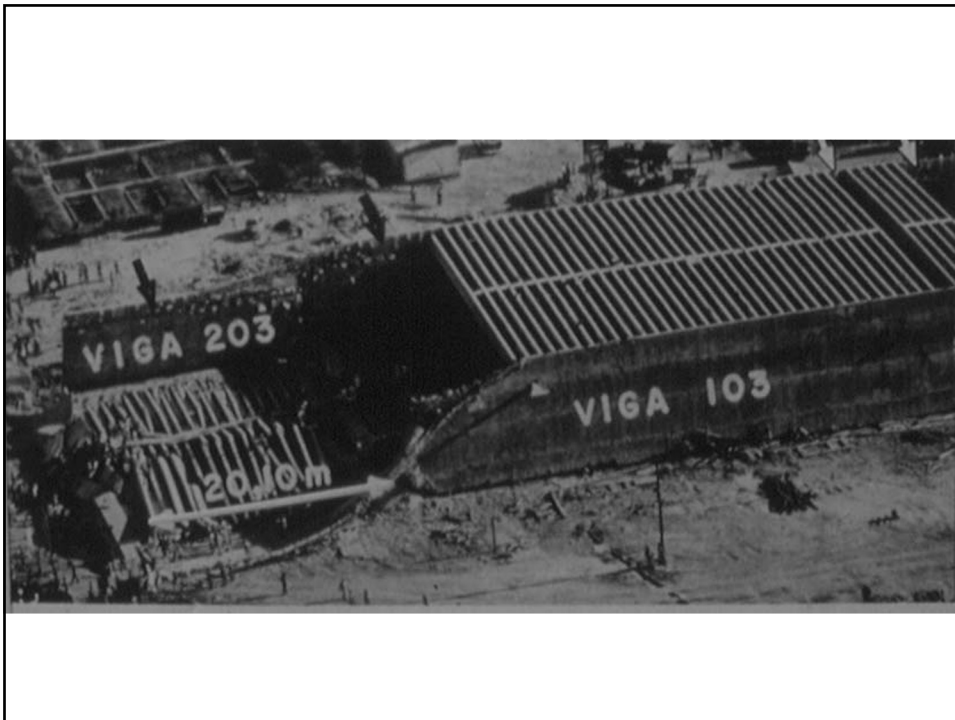
**Superior Tribunal de Justiça**

64

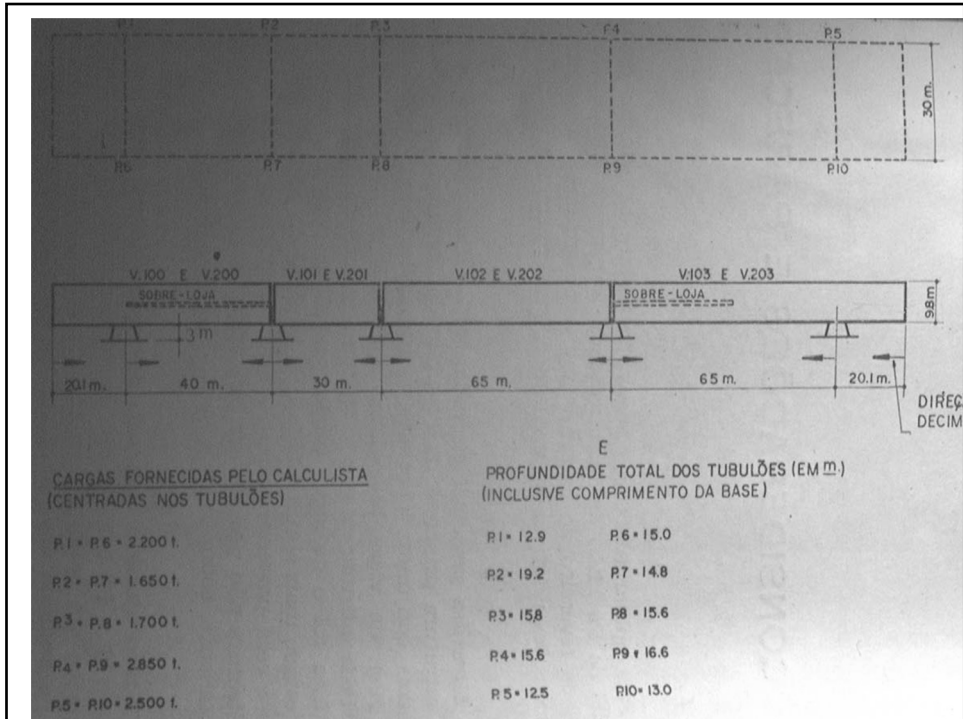


240m por 31m  
Vigas 9,8m de altura  
apoiadas em 5 pilares  
Desabou na hora do almoço

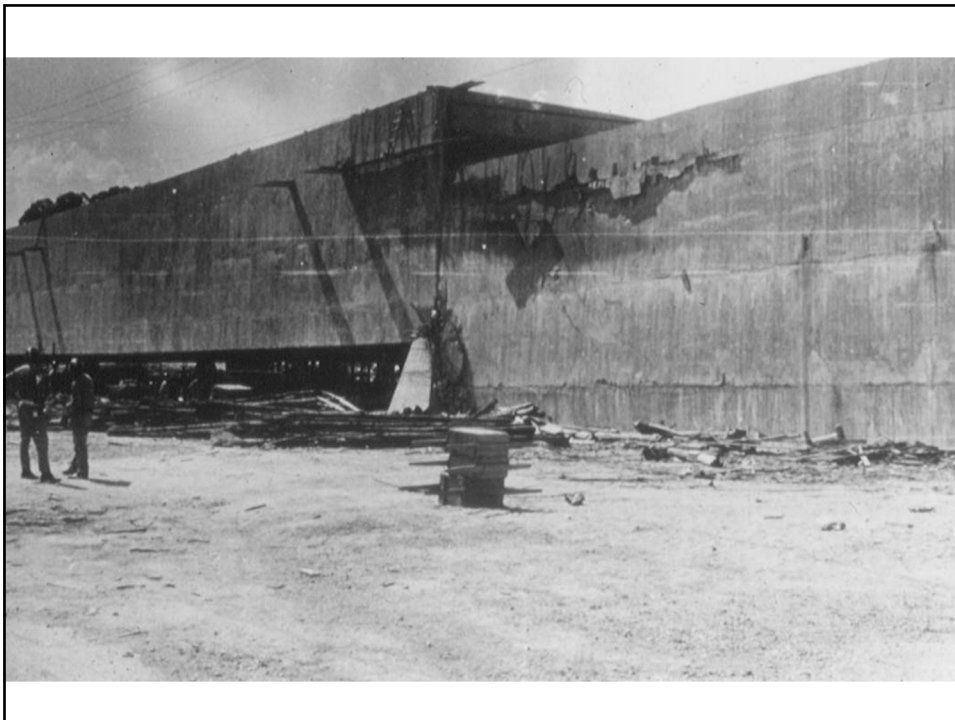
65



66



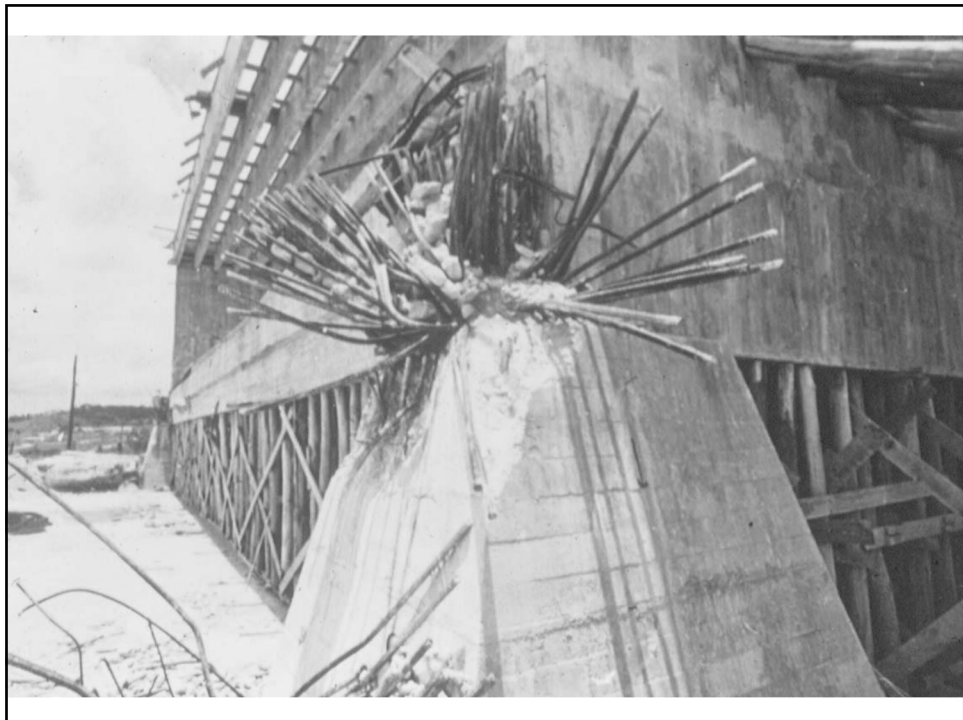
67



68



69



70

## **Melhoria arquitetônica**

**Concreto aparente, grandes vãos**

*Bruno Contarini*



*Oscar Niemeyer*

**Superior Tribunal de Justiça**

71

### ***fib (CEB-FIP) 1974, New York***

1. No se puede tener todo;
2. Todo tiene su precio;
3. Nunca es tarde demais;
4. No hay evolución sin riesgos;
5. Nunca exagere en la simplicidad da solução;
6. Pregunte quanto es mejor e no quanto custa;
7. Tenga placer en aprender

72





73

<b>Complejo Urbanístico Parque Central</b>	
<b>Ubicación</b>	<u>Caracas, Venezuela</u>
<b>Fecha de comienzo</b>	<u>1970</u>
<b>Construido</b>	<u>1979</u> Torre Oeste <u>1983</u> Torre Este
<b>Uso</b>	Oficinas
<b>Altura</b>	Altura 225 m
<b>Número de plantas</b>	Detalles técnicos 61
<b>Área total</b>	1400 m <sup>2</sup> cada una
<b>Arquitecto</b>	<u>Daniel Fernández-Shaw</u>
<b>Ingeniero de estructuras</b>	Carlos Delfino
<b>Constructora</b>	Siso & Fernández-Shaw
<b>Promotora</b>	<u>Centro Simón Bolívar</u>

74



75

**El día domingo 17 de octubre de 2004 a las 00:05 am., se inicio un incendio en el piso 34 de la Torre "Este" de Parque Central, Caracas, Venezuela, el incendio se extinguió por si solo al final del día domingo sobre las 20h de la noche.**

**Los bomberos de Caracas trabajaron arduamente para sofocar dicho incendio, múltiples irregularidades en los sistemas de prevención e extinción (rociadores automáticos de incendio, falta de agua y presión en las tuberías para subir agua a mas de 34 pisos entre otras cosas), motivaron que se perdió el control de la situación mas que todo por la falta de agua.**

**El incendio traspasó una macro losa de refugio contra incendios construida en concreto pretensado del piso 39 y siguió sin control hasta el piso 56, es de**

76



77



78



79



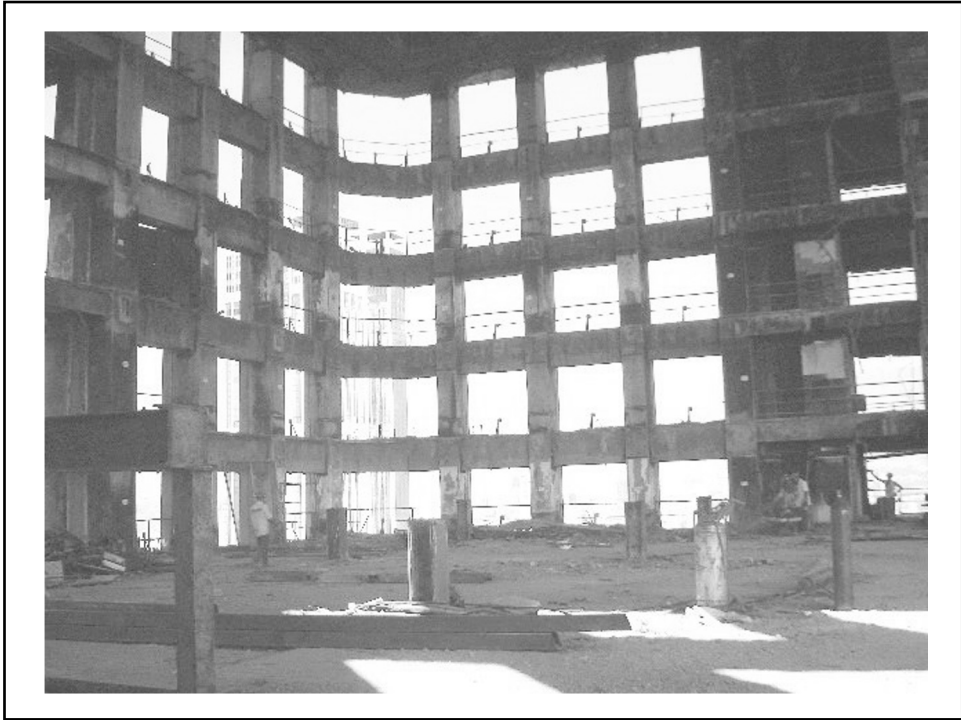
80



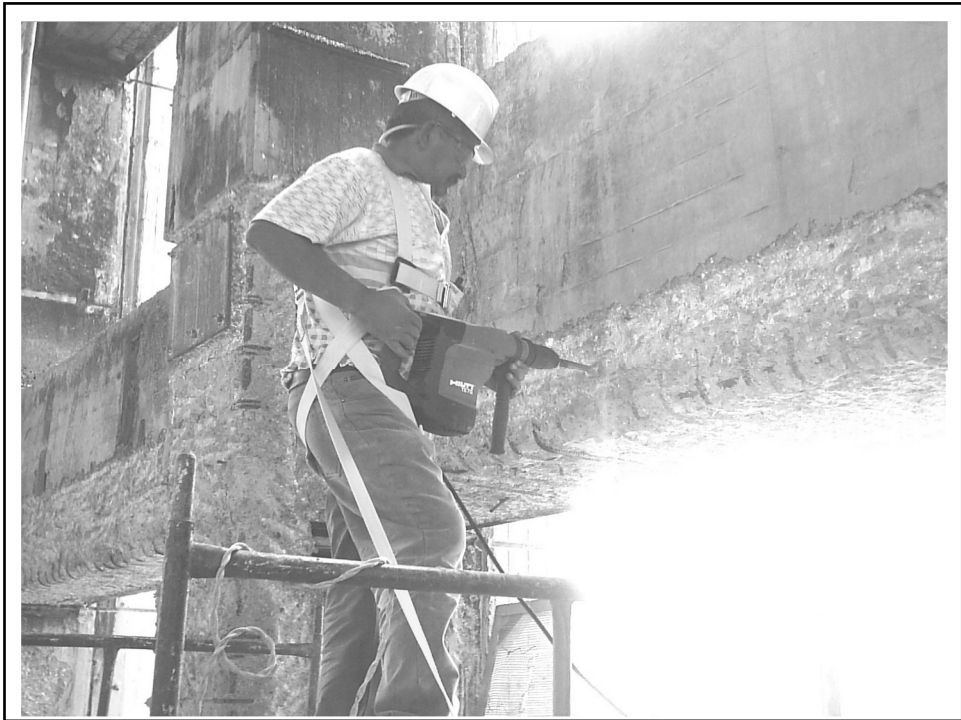
81



82



83

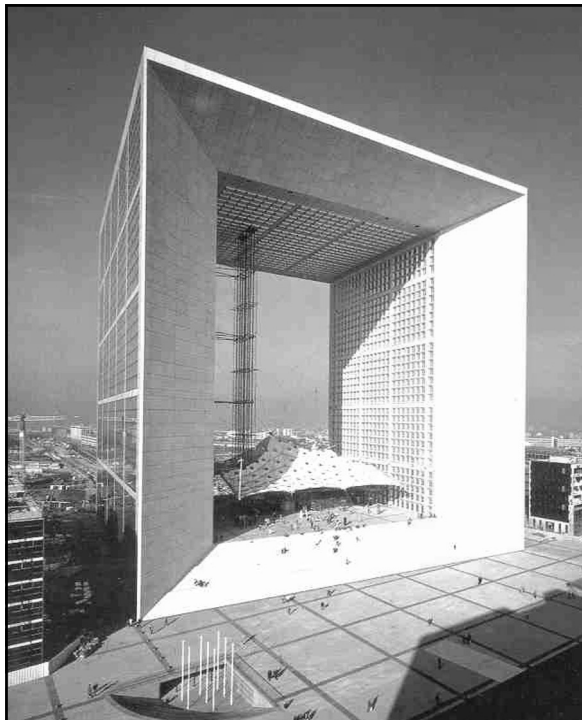


84



**Torre Gran Costanera**  
**70 pisos**  
**Santiago de Chile**  
**300m recorde Ibero Americano**  
**Febrero 2012 → inauguración 2013**

85



**Grand Arch**  
**La Defense**  
**Paris**  
**França 1990**  
 **$f_{ck} = 60 \text{ MPa}$**   
**“high-tech style”**

86



## **Petronas Towers**

*Cesar Pelli*

**Kuala Lumpur**

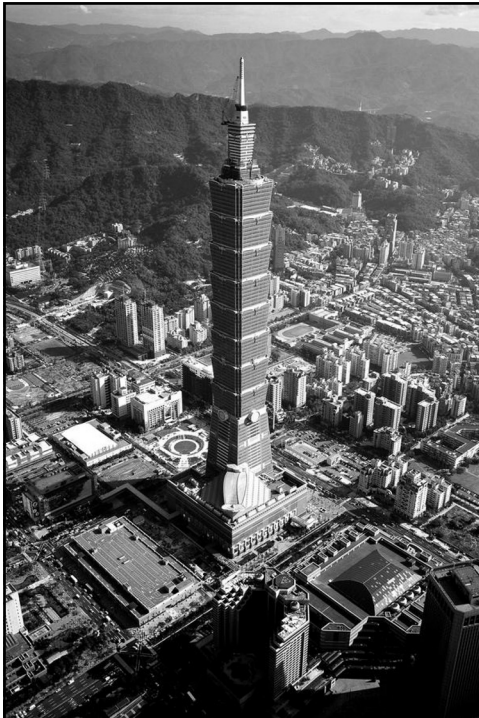
**Malasia 1.997**

**452m**

**$f_{ck} = 80 \text{ MPa}$**

*before / after*

87



## **TAIPEI 101**

*Shangai World Financial Centre*

**Taiwan, China**

**2005**

**509m**

**$f_{ck} = 80 \text{ MPa}$**

*steel / concrete*

88



# Como puede ser él futuro?

89

## Arte e Ciência da Construção

**Marcus Vitruvius Pollio** (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

*40 anos aC → "De Architectura"*

10 volumes → 800 anos como best - seller

*Utilitas*  
*Firmitas*  
*Venustas*

*(funcional)*  
*(estável e durável)*  
*(bonita)*

Até hoje pode-se considerar como os grandes marcos da pesquisa, da inovação e do desenvolvimento em construção civil

90

# *Venustas*

## *Bonita !*

91



92

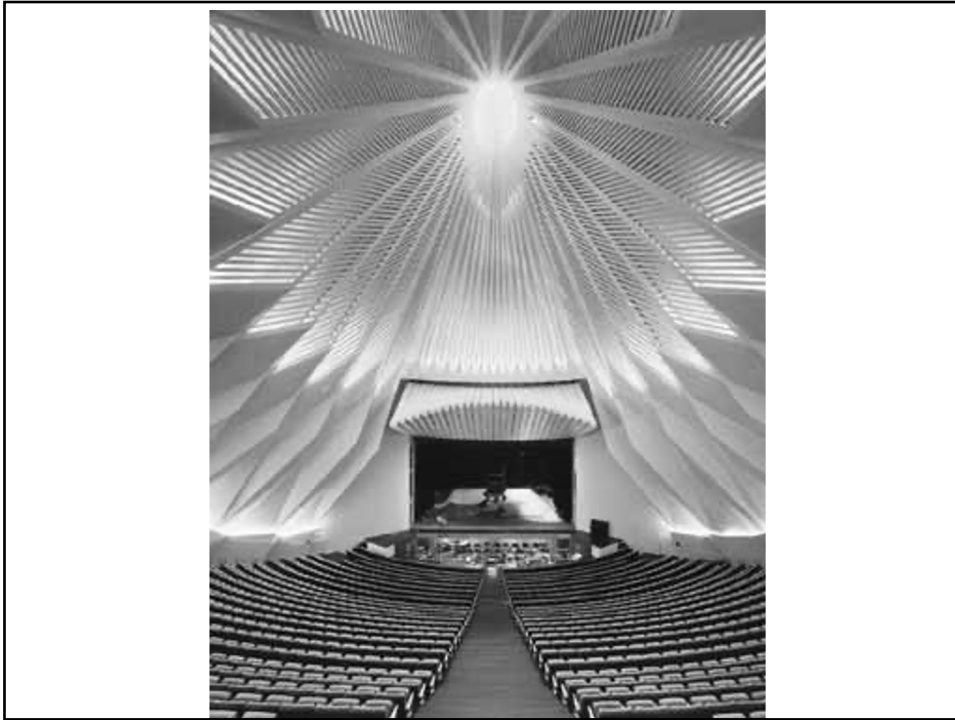
**Auditório de Tenerife**  
**Espanha**  
**2003**  
**Santiago Calatrava**



93



94



95

**China  
World Trade Center**

**Pequim, China**

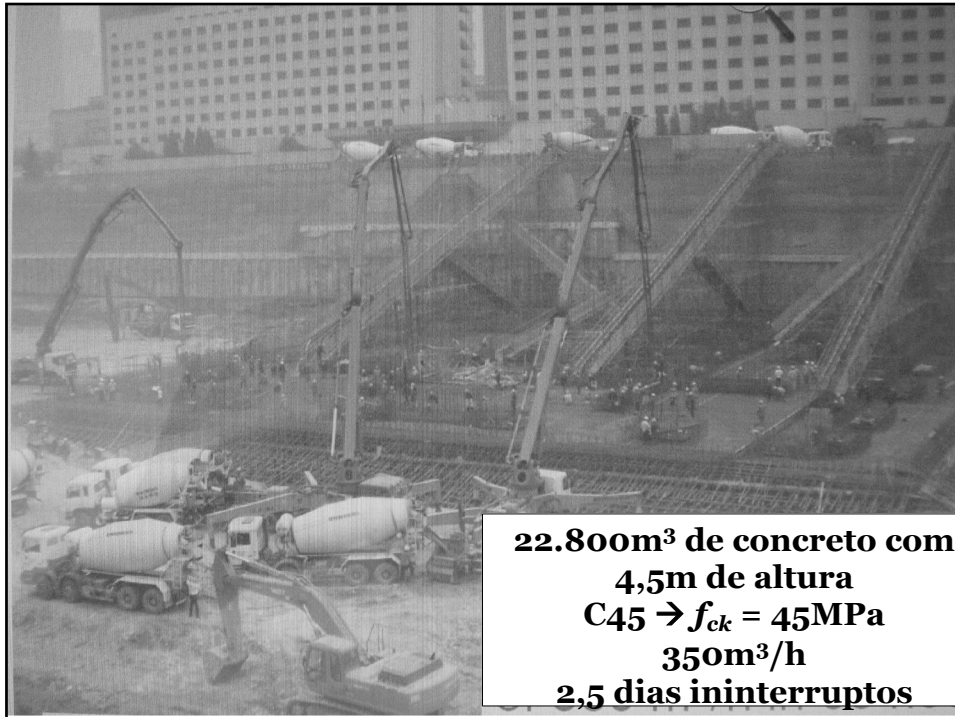
**2009**

**330m**

**74 andares**



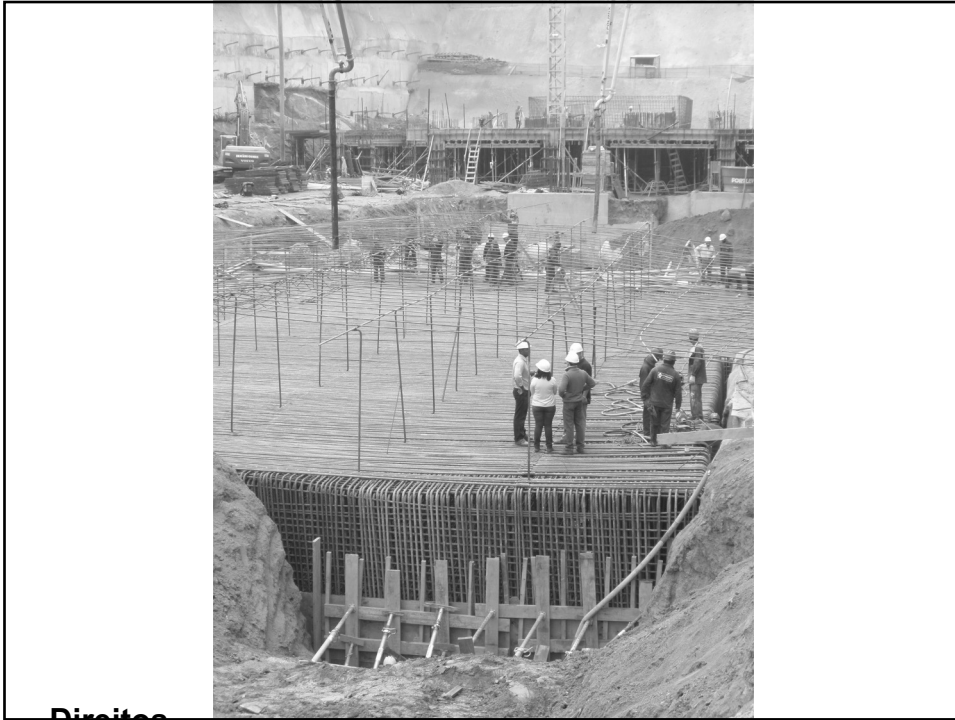
96



97



98



99



100

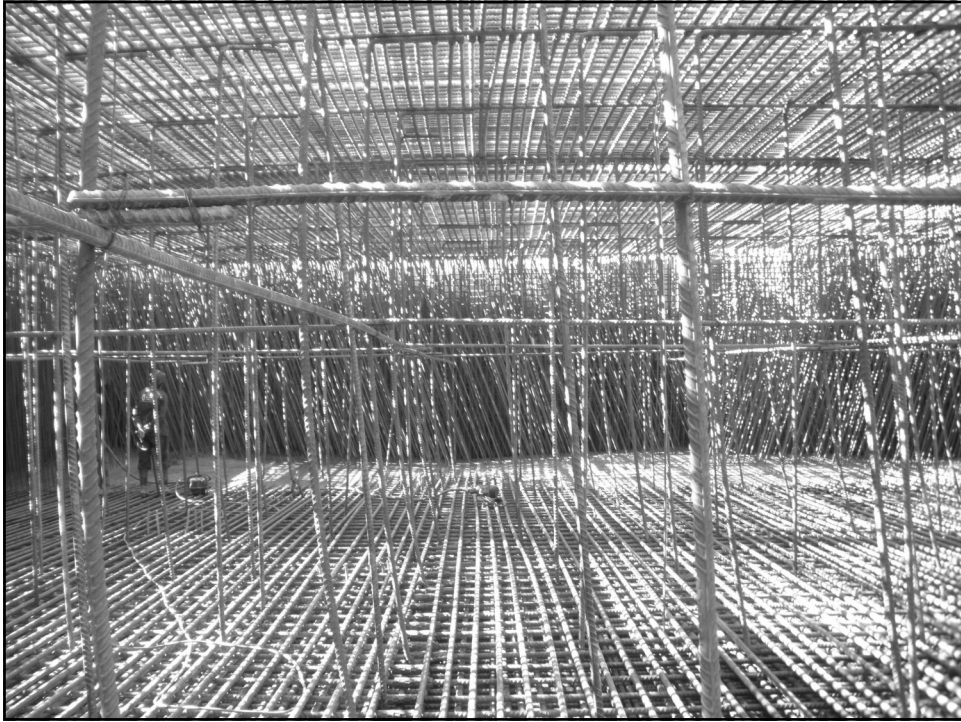


101



102





103



104



# *Firmitas*

*estável e durável*

105



**Centro  
Empresarial  
Nações  
Unidas**

**Torre Norte**

**São Paulo  
1997**

**Altura 179 m**

**$f_{ck} = 50\text{MPa}$**

106



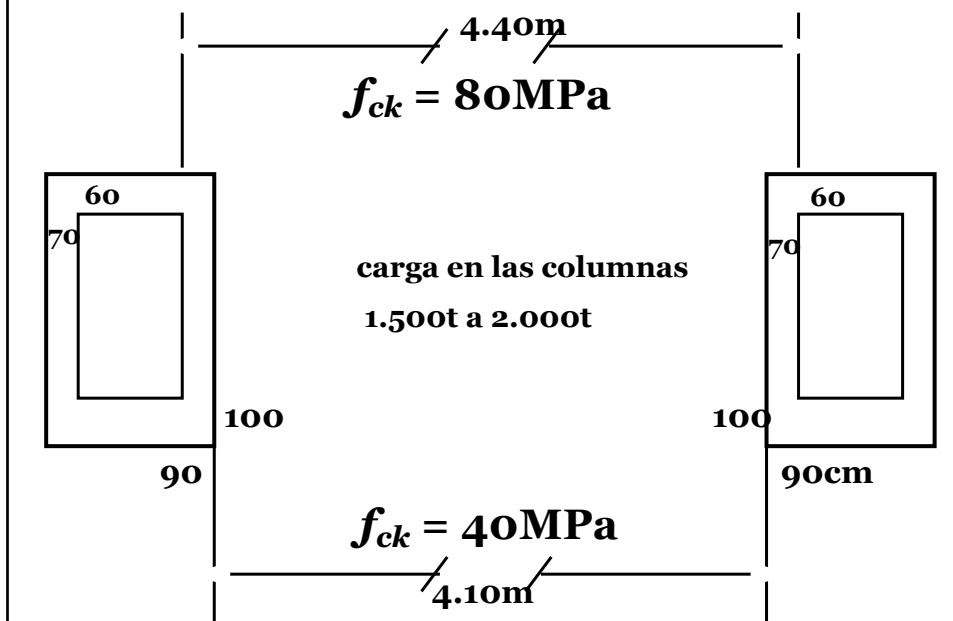


- ▼ Edificio e-Tower SP
- ▼ 42 pisos
- ▼ Heliponto
- ▼ Pileta semi-olímpica
- ▼ Academia de gimnástica
- ▼ 2 restaurantes
- ▼ Concreto colorido
- ▼  $f_{ck}$  pilares = 80MPa



111

Proyecto estructural (*e-Tower*)



112



113



114

## **Economía de recursos naturales**

**Original:**

$$f_{ck} = 40\text{MPa}$$

**sección transversal → 90cm x 100cm  
0,90m<sup>2</sup>**

**HPC / HSC:**

$$f_{ck} = 80\text{MPa}$$

**sección transversal → 60cm x 70cm  
0,42m<sup>2</sup>**

115

## **Economía de recursos naturales**

- 70% menos arena**
- 70% menos grava**
- 53% menos concreto**
- 53% menos agua**
- 20% menos cemento**

116

# Consideraciones Finales

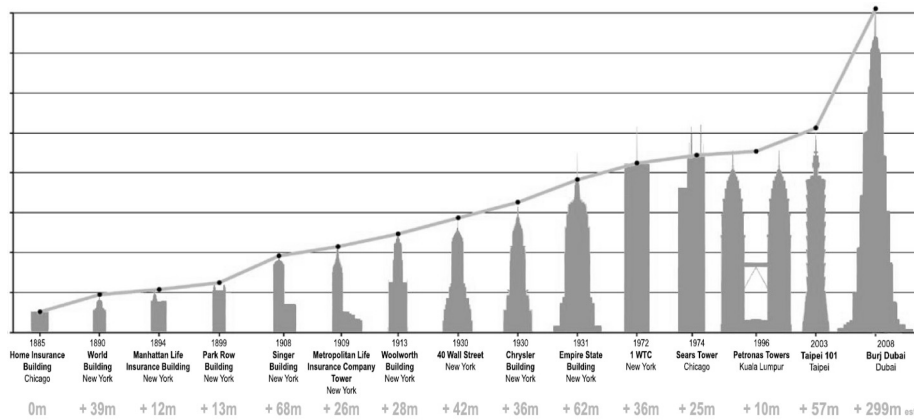
*basadas en CTBUH → Council on Tall Buildings  
and Urban Habitat*

117

En 1.997 las torres  
gemelas Petronas, en  
Kuala Lumpur,  
construídas en concreto,  
han superado en altura la  
torre metálica Sears en  
Chicago

118

## Edifícios Altos

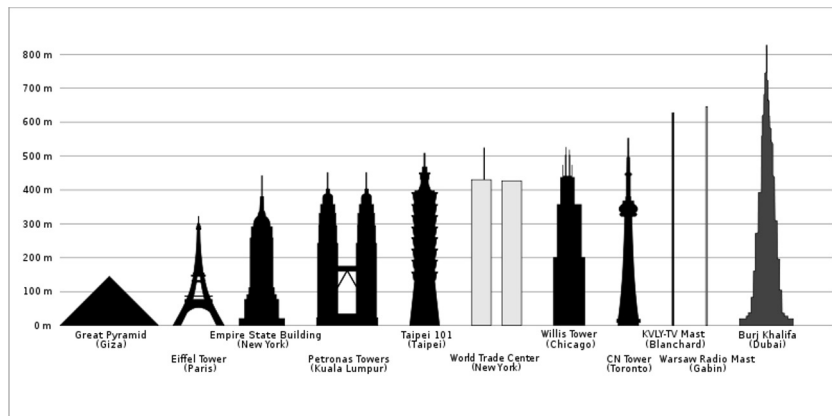


Fonte: CTBU Journal

*direitos reservados 2010*

119

## Comparação



*direitos reservados 2010*

120



## O Futuro Maior Edifício do Mundo



### KINGDOM TOWER (Projeto)

- O edifício terá mais de 1.000m de altura
- Localização : Jeddah, Arábia Saudita

Fonte: [www.nbmcw.com](http://www.nbmcw.com)

*direitos reservados 2010*

121

Pasados solamente  
13 años, 7 nuevos  
edificios más altos  
que Petronas han  
sido construídos

122

**Hoy há 57 edificios en construcción con altura superior a 300m, con inauguración prevista para 2013...**

123

De ese total de 57

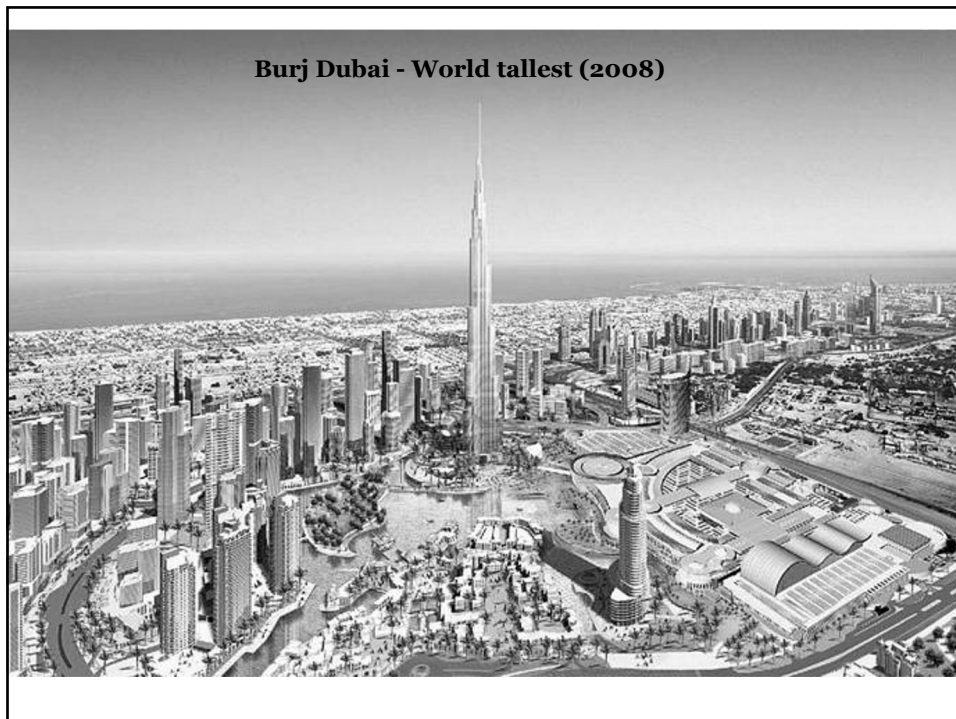
“rasca cielos”:

- 37 son en concreto
- 19 son mistos concreto / acero
- apenas 1 es metálico

124

Incluso el más alto edificio del mundo, la Burj Khalifa, en Dubai, con 820m, ha sido construida con concreto

125



126

En 100 años, el concreto  
ha superado todos los  
límites y fronteras del  
conocimiento en  
Arquitectura e  
Ingeniería de proyecto y  
de construcción !

127

y... todavía sigue en  
franco progreso e  
evolucción, tornando  
imposible preveer sus  
límites y su sustituto !

128



129



130



131



132



133