



Los Concretos de Altas Resistencias y la Economía y Sustentabilidad de las Estructuras de Concreto



Paulo Helene
*Diretor PhD Engenharia
Conselheiro Permanente IBRACON
Prof. Titular Universidade de São Paulo
Presidente de honra ALCONPAT Internacional
Member fib(CEB-FIP) Service Life Design of Concrete Structures*

Sheraton

17 de Agosto de 2015

Asunción/PY

1

Liderazgo por una cultura sostenible (Ing. Darío Ibarguengoitia)

(Revista Construcción y Tecnología en Hormigón, v.4, p. 50-53, Enero 2015)

- No es un lujo diseñar y construir con fundamentos sostenibles, sino que es un compromiso que ya no puede uno omitir
- “Ahora más do que nunca no puede concebirse la sostenibilidad si no es a través de un diseño holístico, integral, lo que significa una colaboración muy estrecha entre arquitectos y ingenieros, escuchar a todos”

2

Sostenibilidad

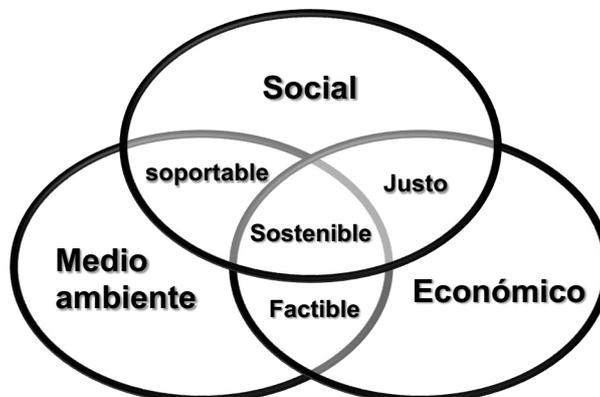
“...és el desarrollo que atiende las necesidades del presente sin comprometer las del futuro...”

Ambiental – Social - Economico

3

La Construcción Sostenible

Tripod de la Sostenibilidad



4

Concrete Joint Sustainability Initiative

About News & Events Contact

What is a Sustainable Material?
 The Sustainable Value of Concrete
 Examples & Data
 Choosing Concrete
 Concrete Resiliency

Concrete's Vital Contribution to Sustainable Development

After water, concrete is the most widely used material in the world. Concrete is literally the foundation of our homes, communities, and cities. As such it has a critical role to play in the future success of sustainable development.

Sustainability is complex. On the most basic level it means being mindful of the interdependence between our economic activities, our social values, and our planet's capacities. It is about finding ways to meet our needs in one area without diminishing or damaging another, today and for future generations. Society's impacts are too large to assume that nature can simply absorb them as it could even just a hundred years ago.

www.sustainableconcrete.org

Fast Facts
 Concrete bridges can withstand extreme forces without collapse.

Get the Toolkit >>
 The Concrete Sustainability Toolkit provides information sheets and presentations for quick reference or sharing information with others.

Connect with us

f t in

5

Investigaciones recientes en Brasil

6

Nanotubos e Fibras de Carbono:

Un camino para la sostenibilidad de materiales cementicios

Por SOUZA, T. C. C.; SUZUKI, S.; LUDVIG, P.; CALIXTO, J. M.; LADEIRA, L. O.
CONCRETO & CONSTRUÇÕES. São Paulo: Ibracon, jan. 2015. Trimestral.

Utilización de NTC y de NFC con el objetivo de aumentar la resistencia y de reducir los poros del hormigón.

7

Nanotecnología: NTC y NFC aplicado directamente sobre las partículas de Clinker.

■ Resultados:

Aumento de la durabilidad por refinamiento de los poros en el la pasta de cemento hidratado (reducción del 20% en el diámetro de poro).

Aumento del tiempo de fraguado de hasta 17%

Reducción del contenido de Clínger para una misma resistencia por aumento de la resistência del hormigón en hasta 21%.

8

Ayer hormigón: mañana Cemento: El uso de residuos de hormigón en la producción de Clínter

Por NOBRE, T. R. S.; GUERREIRO, A. Q.; KIRCHHEIM, A. P.

CONCRETO & CONSTRUÇÕES. São Paulo: Ibracon, jan. 2015. Trimestral.

Objetivo: Evaluar la posibilidad de utilizar residuos de hormigón molido como composición de la harina cruda de cemento Portland.

9

Resultados:

- ✓ Beneficio ambiental;
- ✓ Clausura del ciclo de vida;
- ✓ Reducción de la cantidad de CO₂ comparado con la muestra sin residuos.

¡ VIABLE !



10

Documentos Internacionales

11

Environmental Design of Concrete Structures – general principles

TASK GROUP 3.6, Lausanne: *fib*, 2008. (Bulletin 47).

- Se espera que la industria de la construcción en concreto contribuya a realización de una sociedad sostenible mediante el establecimiento de uno diseño y procedimientos de construcción ambientalmente correctos con desarrollo de las tecnologías necesarias.

12

Environmental Design of Concrete Structures – general principles

- Este informe proporciona los principios generales y las consideraciones necesarias conferidas a los impactos ambientales al realizar el diseño, construcción, dosificación, uso, mantenimiento / gestión, demolición, eliminación y la reutilización en la estructura de hormigón.
- Uno de los puntos principales es la reducción del uso de materia prima.

13

- Otras comisiones de **fib** (*féderation internationale du beton*) desarrollan trabajos a respecto de la sustentabilidad.
- En la Comisión 6 (comisión de estructuras prefabricadas), que cuenta con la participación de dos brasileños: Prof. Paulo Helene y Iria Lícia Doniak, esta siendo desarrollado un trabajo a respecto desde tema específico para la industria de prefabricados en el TG 6.15

14

Normas / Entidades / Grupos

- ✓ CEN/TR 15941:2010 - Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Methodology for selection and use of generic data
- ✓ ISO 13315:2011. Environmental Design of Concrete Structures
- ✓ ISO 21929:2012. Sustainability Indicators (energy, materials, water and land)

15

Documentos Recientes

Concrete Sustainability. *Forum I, 2009; Forum II, 2010; Forum III, 2011, Forum IV, 2012; Forum V, 2012 ; Forum VI, 2013 y Forum VII, 2014.*

*“reducir el volumen y reducir el CO₂”
“hormigón es un material regional, y como tal debe ser tratado”*

ISO TC 71/SC 8. Environmental Management for Concrete and Concrete Structures

- ISO 13315-1: General Principles*
- ISO 13315-2: System Boundary and Inventory Data*
- ISO 13315-3: Constituents and Concrete Production*
- ISO 13315-4: Environmental Design of Concrete Structures*
- ISO 13315-5: Execution of Concrete Structures*
- ISO 13315-6: Use of Concrete Structures*
- ISO 13315-7: End of Life including Recycling*
- ISO 13315-8: Labels and Declaration*

16

Novedades desde “ACI Concrete Sustainability Forum VI”. Phoenix, Arizona, Octubre 2013.

1. Comprender el impacto de la infraestructura y de la construcción de edificios con el cambio climático y agotamiento de los recursos;;
2. Comprender las oportunidades para extender la vida útil de las estructuras de hormigón, utilizando materiales eco eficientes, y incorporando hormigón de ultra-alto rendimiento;
3. Identificar las innovaciones que pueden potencialmente transformar la industria del cemento buscando cemento de bajo carbono;
4. Contribuir para que los pliegos y guías de diseño y construcción de todo el mundo introduzcan recursos para la incorporación efectiva del hormigón en proyectos ecológicos y sostenibles.

17

**“ACI Concrete Sustainability Forum VII”
Washington DC October 29, 2014**

Ha sido discutido la preparación el ACI 130R “Guideline to Concrete Sustainability”, y empezado un programa de pavimentos sostenibles.

18

En Estados Unidos también:

AHPBC American High-Performance Buildings Coalition

Unión de 27 asociaciones

Apoyar el desarrollo de edificios Sostenibles y normas

NRMCA

The National Ready Mixed Concrete Association

- ✓ *Empezó programa LCA (Life Cycle Assessment) completo y abrangente*
- ✓ *Introduce las mezclas de hormigón con EPD (Environmental Product Declaration).*
- ✓ *Desea incrementar ventas y mejorar image del sector*

19

Herramientas Interesantes

20

EPD

Enviromental Product Declaration

21

ENVIROMENTAL PRODUCT DECLARATIONS



22

¿Qué és?



“An EPD® is an certified environmental declaration developed in accordance with the standard ISO 14025:2010” Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures

El objetivo del sistema EPD es apoyar la oferta y demanda de productos y servicios de construcción que causan un menor impacto al medio ambiente, a través de la difusión de los procesos de producción de datos precisos y verificables y el desempeño ambiental.

Se trata de un documento que busca la neutralidad y la credibilidad de los productos con la finalidad de fomentar el desarrollo sostenible a través del mercado.

www.greenspec.co.uk

23

ECO PLATAFORM



- Es conjunto de operadores, con el objetivo de desarrollar la información ambiental verificada nos productos de construcción, en especial los EPD's.
- Los miembros de la plataforma ECO son responsables por una mejora continua de normalizaciones, evaluación de la calidad, mejores practicas y una comunicación eficiente de los datos generados y almacenados en la plataforma.

<http://www.eco-platform.org/>

24

ECO PLATAFORM



Consistency	▶	Mutual agreement Common procedures
Reliability	▶	Based on European and International standards Verified scientific approach
Volunteer	▶	Market driven Declaration of values
Transparency	▶	Credible information Full information dossier

<http://www.eco-platform.org/>

25

Nuevas Siglas

- ✓ LCA → Life Cycle Assessment
- ✓ LCI → Life Cycle Inventory Analysis
- ✓ RSL → Reference Service Life
- ✓ EPD → Environmental Product Declaration
- ✓ PCR → Product Category Rules
- ✓ LCIA → Life Cycle Impact Assessment
- ✓ ESL → Estimated Service Life
- ✓ EPDB → Energy Performance of Buildings Directive

26

LCA (*Life Cycle Assessment*)



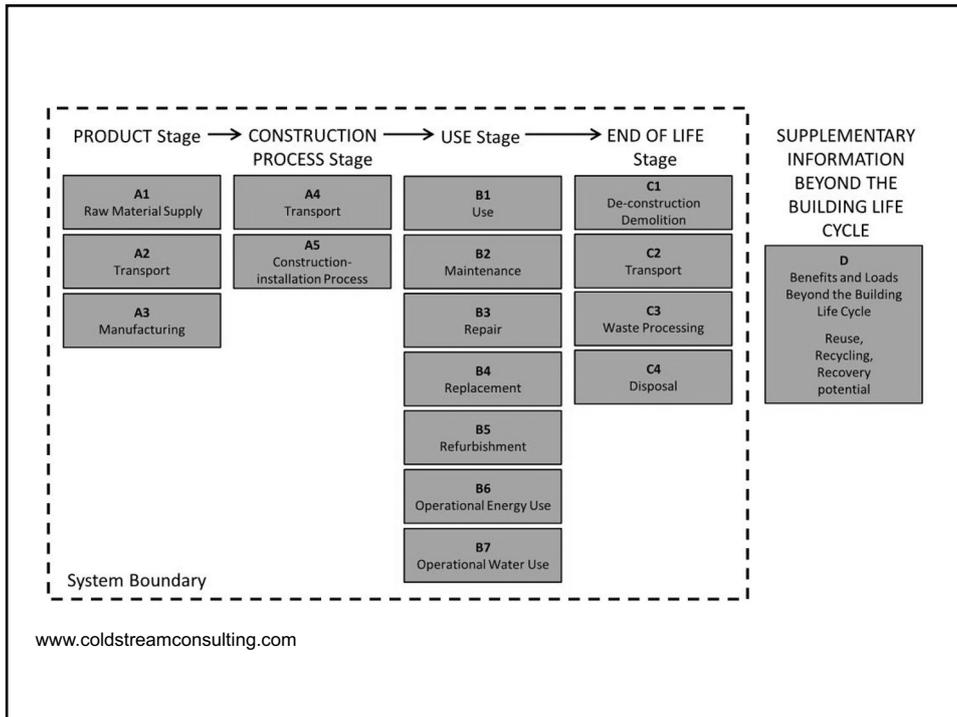
27

LCA (*Life Cycle Assessment*)

La *EN 15804:2012* establece un número mínimo de módulos de la vida útil para ser considerados en el EPD;

- EPD1 (Cradle to Gate) (cuna a la puerta)**
- EPD2 (Cradle to Gate with Options)**
- EPD3 (Cradle to Grave) (cuna a la tumba)**

28



29


Universidade de Brasília
 Departamento de Engenharia Mecânica



Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida-PBACV

Armando Caldeira-Pires
 Coordenador do CT2-Inventários/PBACV (Prof. UnB)

OFICINA 02: GT CONSTRUÇÃO/CT2/PBACV
 Inmetro, 21 de Junho de 2013

© Armando Caldeira-Pires - Projeto Brasileiro de ICV – Jun2013

30

 Universidade de Brasília
Departamento de Engenharia Mecânica



Projeto Brasileiro
“ICV para a Competitividade da Industria Brasileira”
ICV Brasil

MCT, IBICT, FINEP, Inmetro, INT, UnB, USP, UTFPr,
CNI, SEBRAE, Petrobras, ABCV, Abipti, ABNT

Coordenação: Instituto Brasileiro para Informação Científica e Tecnológica-IBICT/MCT
Apoio: MCT

© Armando Caldeira-Pires - Projeto Brasileiro de ICV – Jun2013

31

El futuro indica lo LCA, LCIA y LCI
ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA
”DE LA CUNA A LA TUMBA”

Indicadores de evaluación de impacto:

- Potencial de calentamiento global, en kg de CO_2, eq ;
- Potencial de agotamiento del ozono estratosférico:
en kg de $\text{CFC}_{11, \text{eq}}$;
- Potencial de acidificación, en kg de SO_2, eq ;
- Potencial de eutrofización, en kg de $\text{PO}_4^{3-, \text{eq}}$;
- Potencial de agotamiento de recursos abióticos, en
kg de Sb_{eq} ;
- Potencial de formación de ozono fotoquímico, en
kg de etano;

32

El futuro indica lo LCA, LCIA y LCI
ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA
"LA CUNA A LA TUMBA"

Indicadores de los inventarios de Ciclo de vida:

- Consumo de energía primaria no renovable, en MJ;
- Consumo de energía primaria renovable, en MJ;
- El uso de combustibles secundarios no renovables, en MJ;
- El uso de combustibles secundarios renovables, en MJ;
- El consumo de agua dulce, en m³;
- Producción de residuos (peligrosos, no peligrosos y radioactivos), en kg;
- El material para su reutilización, reciclado, recuperación de energía, en kg;

33

**Sistemas de
clasificación y puntaje
para la sostenibilidad
"el negocio"**

34

Que es LEED?

(Leadership in Energy and Environmental Design)

Certificación para edificios sostenibles creados y
concedidos por la ONG norteamericana *U.S. Green
Building Council (USGBC)*.

Paraguay Green Building Council



35

LEED

Leadership in Energy and Environmental Design

(Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental)

Se trata de un sistema de puntuación desarrollado por USGBC (Estados Unidos Green Building Council de los EE.UU.) para medir el desempeño ambiental de diseño, construcción y mantenimiento de edificios.

El sistema se utiliza para comparar el rendimiento ambiental de un edificio y otro por la suma de los créditos de 1-110.

Los cuatro niveles de acreditación y puntuación son :

Certified	→ 40-49 créditos
Silver	→ 50-59 créditos
Gold	→ 60-79 créditos
Platinum	→ 80+ créditos

36

Member login

Home | About Us | Contact Us | Login

WORLD GREEN BUILDING COUNCIL

Featured Featured Activities Events **Regions** People Resources Explore our Networks

Regions

Africa

Our networks are set up to focus on relevant activity and facilitate collaboration between 100 local GBCs for greater regional impact.

Americas

Asia/Pacific

Each region sets its own work program, with companies partnering to deliver agreed actions.

Europe

MENA

News

WorldGBC Appoints New CEO
April 09, 2015
WorldGBC has announced the appointment of Terri Willis as its new Chief Executive Officer.

Nomination Period Extended for Lee Kuan Yew World City Prize
April 08, 2015
The due date for Stage A

Twitter

follow me
RT @gbcindonesia: Welcoming new CEO of @WorldGBC, Terri Willis!
<http://t.co/cnU3d2JisW>

RT @terriwillis1010: @johnalker @WorldGBC likewise Jon! so much to accomplish working with @ukgbc and the rest of the family

Events

Pakistan presents: GREENBUILD INTERNATIONAL EXPO & CONFERENCE 2015 BROCHURE and LOGO DESIGN CONTEST
Online
Apr 14th - Apr 15th - All Day
All artworks are to be submitted as an individual, university or any organization. Participants are

GBC Brazil - Pathways to

37

Concrete Thinking for a sustainable world

PCA Portland Cement Association

SOLUTIONS APPLICATIONS RESOURCES CASE STUDIES THINKERS

Benefits > LEED Green Building Rating System

What is LEED?
Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) is a rating system devised by the United States Green Building Council (USGBC) to evaluate the environmental performance of a building and encourage market transformation towards sustainable design. The system is credit-based, allowing projects to earn points for environmentally friendly actions taken during construction and use of a building. LEED was launched in an effort to develop a "consensus-based, market-driven rating system to accelerate the development and implementation of green building practices." The program is not rigidly structured; not every project must meet identical requirements to qualify.

These LEED products are currently available:

- LEED - v3.0 for New Construction and Major Renovations
- LEED - For Homes
- LEED - for Core and Shell
- LEED - for Existing Buildings: Operations and Maintenance
- LEED - for Commercial Interiors
- LEED - for Schools
- LEED - for Retail
- LEED - for Healthcare
- LEED - for Neighborhood Development (in pilot stage)

Detailed information on the LEED program and project certification process is available from USGBC at <http://www.usgbc.org/>. The program outlines the intent, requirements, technologies, and strategies for meeting each credit. Credits are broken down into individual points. A building requires at least 40 points for certification in LEED-NC v3.0. Silver, gold, and platinum levels are also available.

LEED Certification Levels

- Certified 40 - 49 Points
- Silver 50 - 59 Points
- Gold 60 - 79 Points
- Platinum 80-110 Points

Print eMail

applications

- Cast in Place
- Controlled Density Fill
- Decorative flatwork
- Fiber cement siding
- Green Roofs
- Hardscape & Pavers
- ICF (Insulating Concrete Forms)
- Masonry
- Paving
- Pervious Paving
- Precast
- Radiant Floors
- Soil Stabilization/Solidification
- Tilt-Up Construction
- Water Infrastructure
- Whole Building Design

solutions

- Building Reuse
- Energy Performance
- Heat Island Reduction
- Locally Produced
- Minimize Site Disruption
- Recycled Content
- Stormwater Management
- Thermal Mass

case studies hide detail

38

Green Building Design & Construction (BD&C)					
Category	PREVIOUS LEED-NC v.2.2		NE LEED-BD&C v3*		CHANGE
	Prerequisites	Credits	Prerequisites	Credits	
Sustainable Sites	1	14	1	26	+12 credits
Water Efficiency	-	5	1	10	+1 prereq.; +5 credits
Energy & Atmosphere	3	17	3	35	+18 credits
Materials & Resources	2	13	2	14	+1 credit
Indoor Environmental Quality	3	15	3	15	No change
Innovation in Design	-	5	-	6	+1 extra credit
Regional Priority	-	-	-	4	+4 extra credit
Total Points	9	69	10	100+10	

39

**CLASIFICACIÓN DE LOS PAÍSES CON MÁS CASOS
EN CERTIFICACIÓN LEED EN EL MUNDO
02 de julio 2014**

POSICIÓN	PAÍS	PROYECTO REGISTRADOS	PROYECTO CERTIFICADOS
1°	EUA	50.129	19.778
2°	CHINA	1.738	492
3°	BRASIL	870	176
4°	EMIRATOS ARABES UNIDOS	858	107
5°	INDIA	561	238
6°	CANADÁ	554	351
7°	MEXICO	477	106
8°	ALEMANIA	385	107
9°	TURQUÍA	358	59
10°	CHILE	264	61

<http://es.wikipedia.org/wiki/LEED>

40

Como el hormigón puede Contribuir?

En el LEED Credit Contribution Potential

May contribute to earning LEED credits in the category:

Credit 1.1 → Innovation and Design, desde que cemento $\leq 0,6\%C$

Credit 4.1 → Recycled Content, 10% (un punto)

Credit 4.2 → Recycled Content, 20% (dos puntos)

Credit 5.1 e 5.2 → Materials and Resources category, if materials used in the mixture are extracted or produced within 500 miles of the project site (un punto para 10% y dos puntos para 20%)

41

Algunos emprendimientos con certificación LEED en Brasil:



f_c de proyecto: 50MPa

Utilización de pretensado para reducir las dimensiones de la estructura.

Ventura Corporate Towers
Rio de Janeiro/RJ
PLATINUM

42

Algunos emprendimientos con certificación LEED en Brasil:



f_c de proyecto: 50MPa

Eldorado Business Tower
São Paulo/SP
PLATINUM

43

Algunos emprendimientos con certificación LEED en Brasil:



Razones del Platinum:

- ✓ Uso racional del agua
- ✓ Desarrollo de la tierra
- ✓ Eficiencia energética
- ✓ Cuidado ambiental
residuos
- ✓ Aire acondicionado
- ✓ Frenado de elevadores
- ✓ Materiales sostenibles

44

Emprendimiento con certificación LEED en Paraguay:



<http://rseemparaguay.blogspot.com.br/2014/11/bourbon-conmebol-convention-un-aliado.html>

- Aprovecha el 100% del uso de luz solar para su iluminación;
- Utilizan lámparas de bajo consumo e iluminación LED;
- Durante el proceso de construcción se han reciclado vidrios y madera para transformarlos en pizarras, tapas de escritorios, estantes y tableros

*Bourbon Conmebol
Convention Hotel, Luque*

45

¿Porque esos Programas controlan mucho el edificio en USO y no dan mucha importancia al Concreto y la Estructura ?

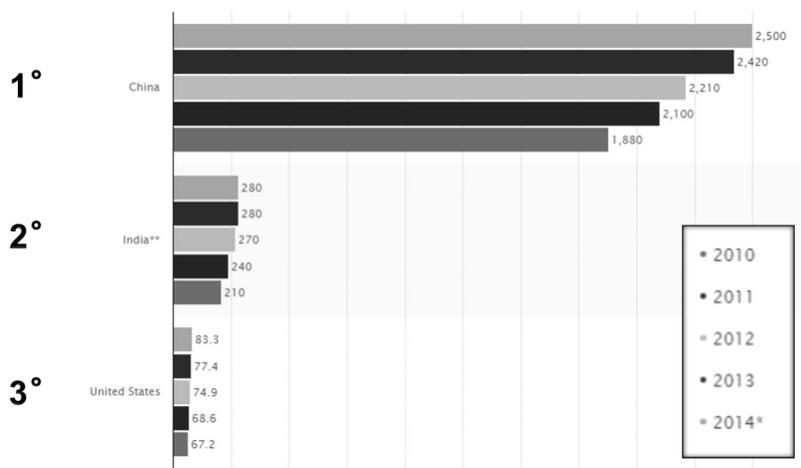
46

Paradojo !

¿ Si el cemento es responsable por 5% a 6% de toda la emisión de CO₂ del planeta porque no controlar hormigón desde un punto de vista de la Sostenibilidad?

47

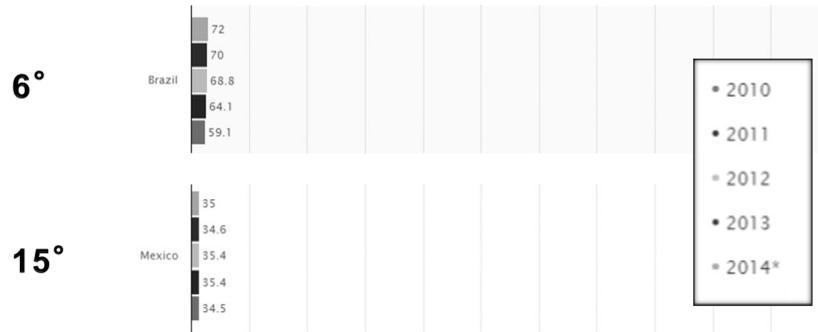
Major countries in worldwide cement production from 2010 to 2014 (in million metric tons)



<http://www.statista.com/statistics/267364/world-cement-production-by-country/>

48

Major countries in worldwide cement production from 2010 to 2014 (in million metric tons)

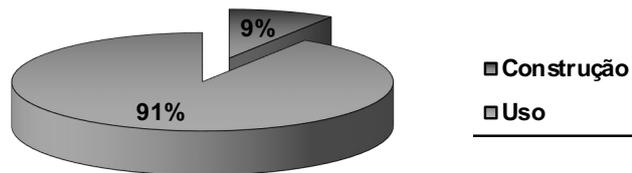


<http://www.statista.com/statistics/267364/world-cement-production-by-country/>

49

Edificación - Emisiones de GWP

Considerando una vida útil de 50 años para una habitación de clase mediana →
 Visión holística: *operación y uso*



50

CONCLUSIONES

51

- El cemento no es el villano principal
- El material hormigón no está prohibido o inservible
- Ingeniero Civil de hormigón no es irresponsable o el villano

52

El noble concepto de sostenibilidad es hermoso, se ha practicado en las estructuras de hormigón y se puede hacerlo aún mejor!

53

Sostenibilidad

“... es el desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer las de las futuras...”

Ambiental – Social - Económico

54

Como caminar en la dirección de la SOSTENIBILIDAD en las estructuras de hormigón?

55

Redefining High-Performance Concrete Structures

*Leo Panian; Phillip Williams; Mike Donovan
Concrete International nov. 2012 p. 23-30*

1. Traer áridos hasta de 800km de distancia es interesante
2. 70% de escoria o de ceniza volante clase F
3. Cimentación: 55MPa a 91días Contenido: 119kg/m³
4. Columnas 55MPa, a 91días Contenido: 133kg/m³
5. Losas pretensadas 31MPa a 3días y 41MPa a 56días.
Contenido = 208kg/m³

56

Alternativas:

1. actuar sobre los materiales
2. emplear áridos reciclados
3. emplear hormigón autocompactante
4. emplear hormigón de elevada vida útil
5. emplear hormigón de alta resistencia

57

1. Actuando sobre los materiales constitutivos:

- cemento
- árido miúdo
- árido grueso
- agua;
- aditivos;
- armadura / acero;
- encofrado / moldes

58

La INICIATIVA DE SOSTENIBILIDAD del CEMENTO (WBCSD – CSI)



World Business Council for Sustainable Development

Cement Sustainability Initiative

- 1999
- 10 grupos internacionales

59

La INICIATIVA DE SOSTENIBILIDAD del CEMENTO (WBCSD – CSI)



World Business Council for Sustainable Development

Cement Sustainability Initiative

- 24 grupos de todo el mundo son miembros del CSI
- En Brasil:



60

COMO MITIGAR LAS EMISIONES DE CO₂?



World Business Council for Sustainable Development

Cement Sustainability Initiative

- Eficiencia Energética
- Combustibles alternativos
- Adiciones al cemento
- Captura e aprisionamiento de carbono

61

Hormigón: Un futuro Sostenible

2. El uso de hormigón con áridos reciclados de los residuos generados por la nueva construcción o demolición

62

Áridos reciclados



- Reciclados de base cementicia (hormigón y morteros)
- Reciclados de base cerâmicas (pisos, albañilería)
- Sustitución de 20% a 50% del árido fino y grueso sin afectar resistencia y durabilidad

63

Durability of Recycled Aggregates Concrete: A Safe Way to Sustainable Development (2004)

Cement and Concrete Research 34(11) p. 1975-80

***citado por 273 artículos
Google Scholar***

64

Hormigón de Alto Desempeño: Un futuro
Sostenible

3. Empleando hormigón auto- compactable de elevado desempeño SCC

65



66

estúdio comparativo



67

hormigón auto-compactable



hormigón vibrado

68

10 X productividad

CC: vaciado y acabado: 4,4min + 3,3min
n° de obreros: 5 (cinco)
hormigón (2), vibración (1) e acabado (2)

0,870 hombres-hora / m³ de hormigón

CAA: vaciado y acabado: 1,2min
n° de obreros: três (3)
hormigón (1) e acabado (2)

0,081 h.h / m³ de hormigón

69



70

SCC

1. reduz ruido → salud
2. reduz tiempo → productividad
3. aumenta uniformidad
4. reduz energia eléctrica → no utiliza vibrador
5. reduz desgaste de encofrados / moldes
6. aumenta vida útil

71

Hormigón de Alto Desempeño: Un futuro
Sostenible

4. Empleando hormigón de elevada vida útil

72

Carbonatación

$$e = 2,0 \text{ cm}$$

$$f_c = 15 \text{ MPa} \rightarrow t = 8 \text{ años}$$

$$f_c = 50 \text{ MPa} \rightarrow t = 240 \text{ años}$$

$$f_c = 25 \text{ MPa} \rightarrow t = 38 \text{ años}$$

73

Centro Empresarial Nações Unidas -Torre Norte

São Paulo- 1997

Altura 179 m

$f_c = 50 \text{ MPa}$



74

250 anos de garantia.

Quem precisa de segurança, tecnologia e competência, precisa da Engemix. Com a Mixão Engemix e precisão, quanto mais realista o planejamento, maior será a taxa de sucesso. Engemix é a solução para quem quer construir com segurança e qualidade. Um exemplo de sucesso é o prédio de 200 metros de altura, o **mais alto do Brasil**, com 2000 metros de concreto, lançado em 2010, com tecnologia de concreto de alta resistência de 70 MPa para controlar a temperatura do concreto, volume equivalente a um robô de 40 x 40 x 20m. Quando a Concretagem é feita com precisão, a quantidade de concreto é reduzida em 10% em relação a 150 metros, o **mais alto do Brasil**, com 2000 metros de concreto de alta resistência. Estrutura que não está sendo construída em qualquer outro lugar, com um alto padrão de qualidade de concreto, a mais nova tecnologia em sistemas de concretagem, misturados em 10 segundos. É a mais alta taxa de CAC do Brasil, e não deverá apresentar qualquer tipo de problema pelos próximos 250 anos. Ou até 2500, segundo pesquisas e estudos realizados por especialistas e técnicos experientes para o desenvolvimento e aplicação de novos produtos. É na construção de edifícios de concreto (RSC) a grande maioria de bombamentos de concreto em altura (10 metros).

Em menos de 4 horas, foram bombeados 1000 m³ de concreto. Foi 30 Min. Bombeado de concreto de aplicação na altura em média de 100 m de concreto na obra de lançamento, equivalente a 100 toneladas.

O resultado é que, com o Concreto Engemix, há uma redução de custos, mas também diminuição do tempo de concretagem, otimização das paradas e dos equipamentos, redução da fiação do concreto e a redução da quantidade de resíduos e da quantidade de concreto na obra.

Quem precisa de estrutura segura em concretagem não sabe mais, chama a Engemix.

CONCRETO ENGEMIX

75

Sustainable Development

“Increasing service life of concrete structures we can preserve the natural resources.

If we develop the design and construction ability we can get concrete structures with 500 years service life. Doing this we can multiply by ten our productivity which means preserve the 90% of them ”

Kumar Mehta

Reducing the Environmental Impact of Concrete
Concrete International. ACI, v.23, n. 10, Oct. 2001. p.61-66

76

Hormigón de Alto Desempeño: Un futuro
Sostenible

5. Empleando hormigón de altas prestaciones HSC

77

Hormigón de Alto Desempeño: Un futuro
Sostenible

- **CO₂?**
- **Energía?**
- **Agua dulce?**
- **Vida útil?**

78

Hormigón de Alto Desempeño: Un futuro
Sostenible

Columna para 500t

$$f_c = 20\text{MPa}$$

$$f_c = 50\text{ MPa}$$

79

Considerando una columna central típica de un edificio de 20 pisos sección cuadrada, 3m de altura, Refuerzo principal

Fuerza normal característica = 500 tf			
f_c (MPa)	taxa de refuerzo (%) → total de las columnas	sección (cm)	adotado (cm)
20	0.4 → 49kg	71.8 x 71.8	72 x 72
50	0.4 → 24kg	46.9 x 46.9	50 x 50
20	4.0 → 255kg	51.2 x 51.2	52 x 52
50	4.0 → 151kg	39.5 x 39.5	40 x 40

80

Hormigón: Un futuro Sostenible

$$**f_c = 20MPa**$$

Cemento = 280 kg/m³

Arena = 845 kg/m³

Grava = 1036 kg/m³

Agua = 210 kg/m³

81

Hormigón: Un futuro Sostenible

$$**f_c = 50MPa**$$

Cemento = 420 kg/m³

Arena = 801 kg/m³

Grava = 1010 kg/m³

Agua = 160 kg/m³

82

Las emisiones gaseosas y el consumo de energía

Material	GWP (kg/t)	Energía consumida (kWh/t)
Clinker Portland	1447 (880)	998
ferro gusa (minério)	3006	5.060
CA 50 & CA 60 (sucata/chatarra)	719	20.000

**Global warming potential (GWP) is a measure of how much a given mass of greenhouse gas is estimated to contribute to global warming. It is a relative scale which compares the gas in question to that of the same mass of carbon dioxide.*

83

Hormigón estructural f_c 20MPa

	Para 1 m ³	GWP kg/t	GWP kg/m ³	Energía kWh/m ³
Cemento CP I	280kg	1447	405	280
Arena	845kg	0	0	1
Piedra	1036kg	0	0	12
Agua	210kg	0	0	0
Acero	32kg	719	23	640
	315kg		226	6300
Encofrado 12 m ² /m ³ 6 reutilizaciones chapa de 1,4cm	0,0280 m ²	0	0	43
TOTAL			428	933
			631	6636

84

Hormigón estructural f_c 50MPa

	Para 1 m ³	GWP kg/t	GWP kg/m ³	Energía kWh/m ³
Cemento CP I	420kg	1447	607	419
Arena	801kg	0	0	3
Piedra	1010kg	0	0	12
Agua	160kg	0	0	0
Acero	32kg	719	23	640
	315kg		226	6300
Encofrado 12 m ² /m ³ 6 reutilizaciones chapa de 1,4cm	0,0280 m ²	0	0	43
TOTAL			630	1117
			833	6777

85

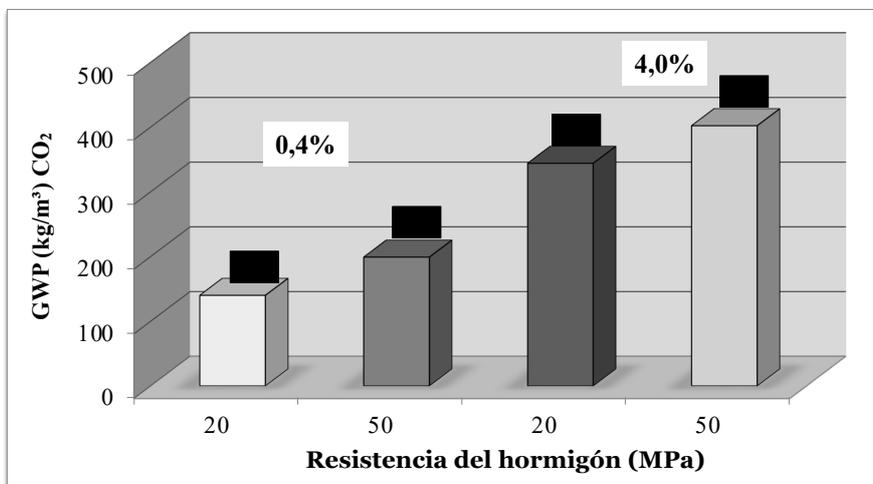
1 m³ de hormigón estructural

Material	Tipo	f_c	GWP	Energía
		MPa	kg/m ³	kWh/m ³
hormigón Reforzado	CP III	20	140 / 344	777 / 6437
hormigón Reforzado	CP III	50	199 / 402	820 / 6480

0,4% & 4% de
taxa de armadura

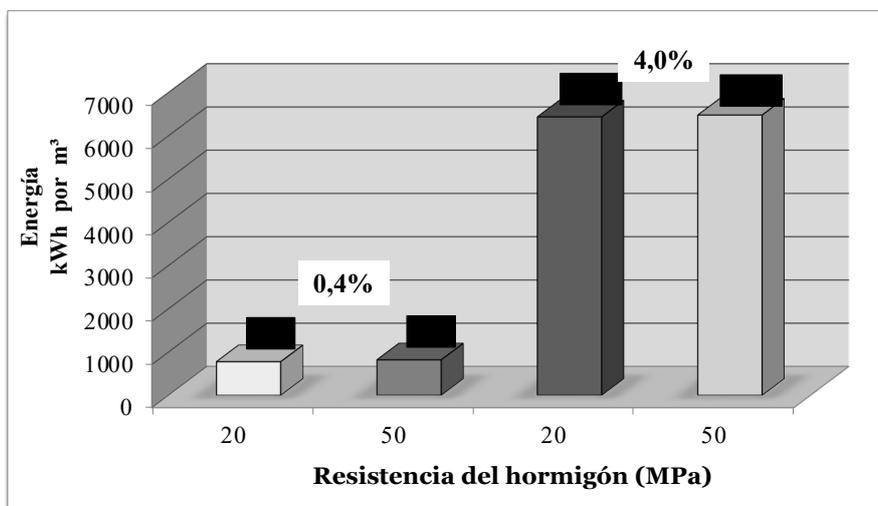
86

1 m³ de hormigón estructural cemento con 50% escoria



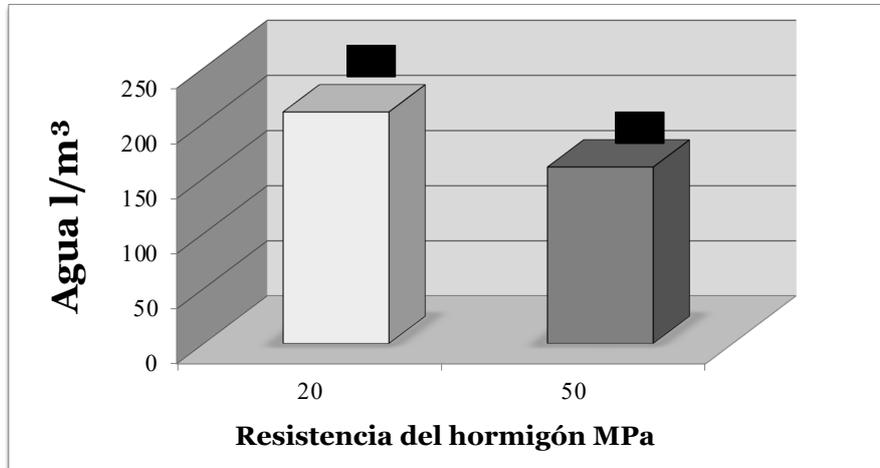
87

1 m³ de hormigón estructural



88

1 m³ de hormigón estructural



89

Columna con 3m 0,4% refuerzo, 500tf

Material	f_c	sección	energía	GWP
	MPa	cm	kWh	kg
hormigón Reforzado	20	72x72	1208	218
hormigón Reforzado	50	50x50	615	149

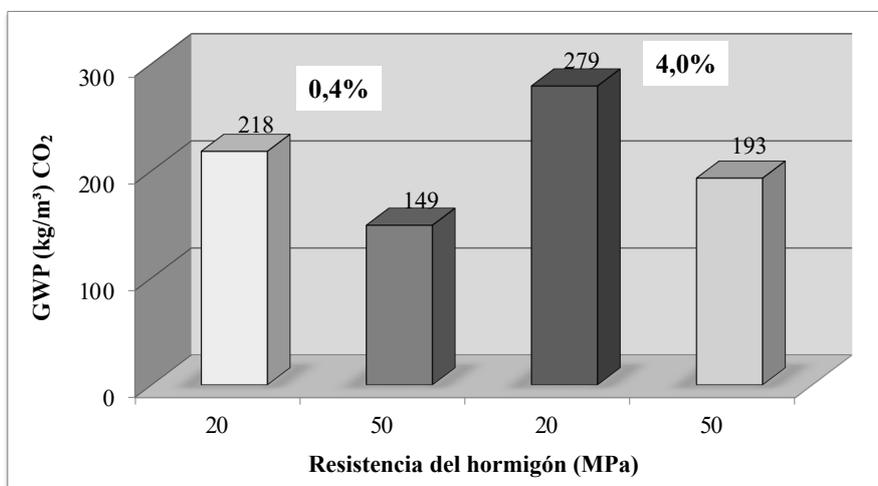
90

Columna con 3m 4% Refuerzo, 500tf

Material	f_c	sección	energía	GWP
	MPa	cm	kWh	kg
hormigón Reforzado	20	52x52	5221	279
hormigón Reforzado	50	40x40	3110	193

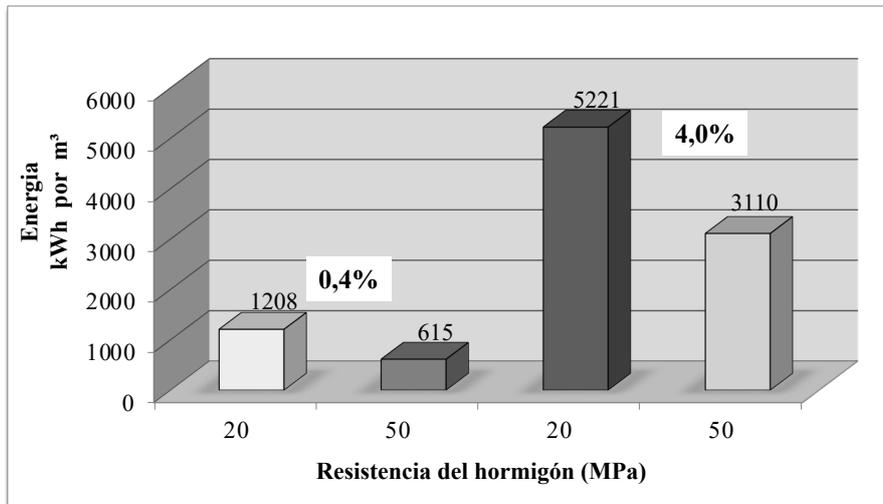
91

Columna con 3m de altura, sección quadrada, 500tf



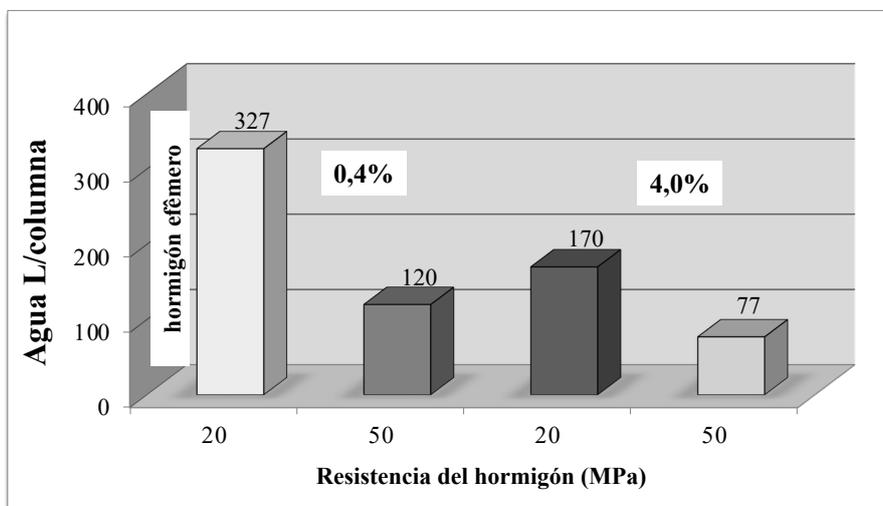
92

Columna con 3m de altura, sección cuadrada, 500tf



93

Columna con 3m de altura, sección cuadrada, 500tf



94

Investigación:

¿Cual es el Hormigón Estructural más Sostenible?

$$f_c = 25\text{MPa (250kgf/cm}^2\text{)}$$

$$f_c = 30\text{MPa (300kgf/cm}^2\text{)}$$

$$f_c = 35\text{MPa (350 kgf/cm}^2\text{)}$$

95

Investigación: edificio en hormigón reforzado

- Planta baja;
- 8 pisos tipo;
- cobertura, escaleras y reservatorio superior

análisis comparativa:

- 25MPa;
- 30MPa, mantenidas las mismas dimensiones de las piezas estructurales de 25MPa;
- 35MPa, con reducción de las dimensiones de las piezas.

Área estructural obtenida fue de 2.078 m².

Por lo tanto la carga característica de 0.55 tf/m² (carga permanente + carga accidental).

96

Investigación: edificio en hormigón reforzado

25 MPa :

Cemento: 310 kg

Arena: 870 kg = 0,53 m³ arena / m³ hormigón

Grava: 930 kg = 0,52 m³ grava / m³ hormigón

Agua: 180 kg (o litros)

30 MPa :

Cemento: 340 kg

Arena: 770 kg = 0,47 m³ arena / m³ hormigón

Grava: 970 kg = 0,54 m³ grava / m³ hormigón

Agua: 180 kg (o litros)

35 MPa :

Cemento: 370 kg

Arena: 744 kg = 0,45 m³ arena / m³ hormigón

Grava: 960 kg = 0,53 m³ grava / m³ hormigón

Agua: 180 kg (o litros)

97

Investigación: edificio en hormigón reforzado

Cantidad de materiales

Para 25MPa :

hormigón	encofrado	acero
471 m ³	4596 m ²	41619 kg
0,23 m ³ /m ²	2,20 m ² /m ²	20,0 kg/m ²
		88,0 kg/m ³

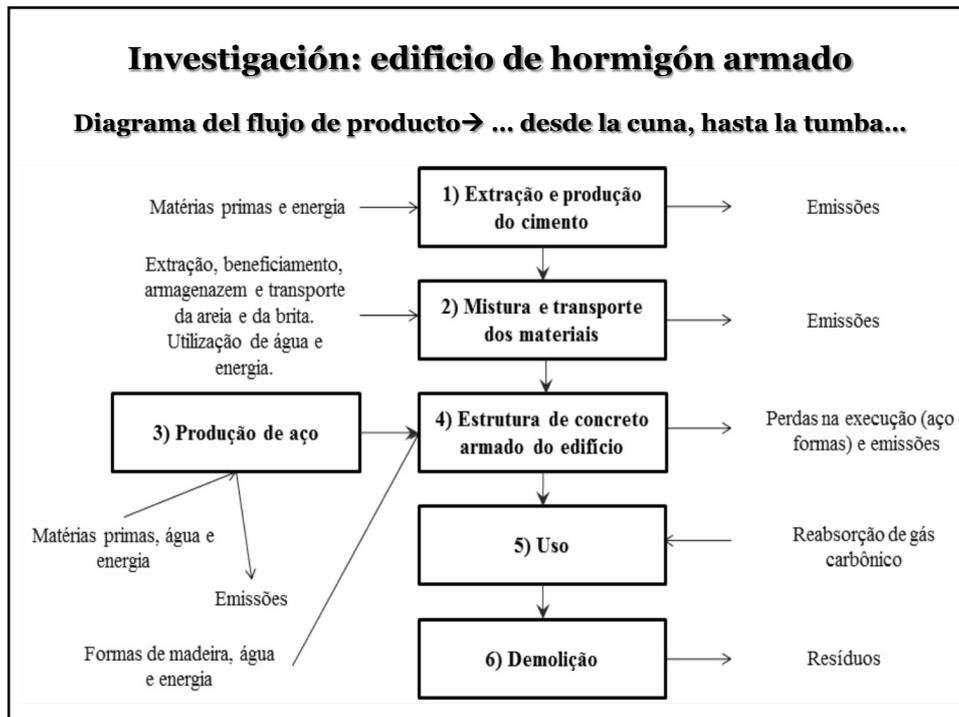
Para 30MPa :

hormigón	encofrado	acero
471 m ³	4596 m ²	40130 kg
0,23 m ³ /m ²	2,20 m ² /m ²	19,3 kg/m ²
		85,1 kg/m ³

Para 35MPa :

hormigón	encofrado	acero
401 m ³	4464 m ²	39596 kg
0,19 m ³ /m ²	2,10 m ² /m ²	19,1 kg/m ²
		98,7 kg/m ³

98



99

a guide to understanding
**the embodied impacts
 of construction products**



RESEARCH REPORT R11-01, **Methods, Impacts, and Opportunities in the Concrete Building Life Cycle**, Department of Civil and Environmental Engineering, Concrete Sustainable Hub, Massachusetts Institute of Technology, august, 2011.

ILCD handbook – **International reference Life Cycle Data System; General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance**, Publications Office of the European Union, 2012, 394 p.

ISO 14025:2006
 Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures

100

Hormigón Reforzado

... desde la cuna hasta la tumba ...

Category	Unit	Total	Materials	Production	Transport	End of Life
 Global warming	[g CO ₂ -eq.]	102 610.0	67 800.0	27 700.0	3 720.0	3 390.0
 Acidification	[g SO ₂ -eq.]	836.6	535.0	266.0	35.3	0.3
 Eutrophication	[g NO ₃ -eq.]	712.2	471.0	179.0	59.2	3.0
 Photochemical smog	[g C ₂ H ₄ -eq.]	24.2	18.0	0.8	4.6	0.7

101

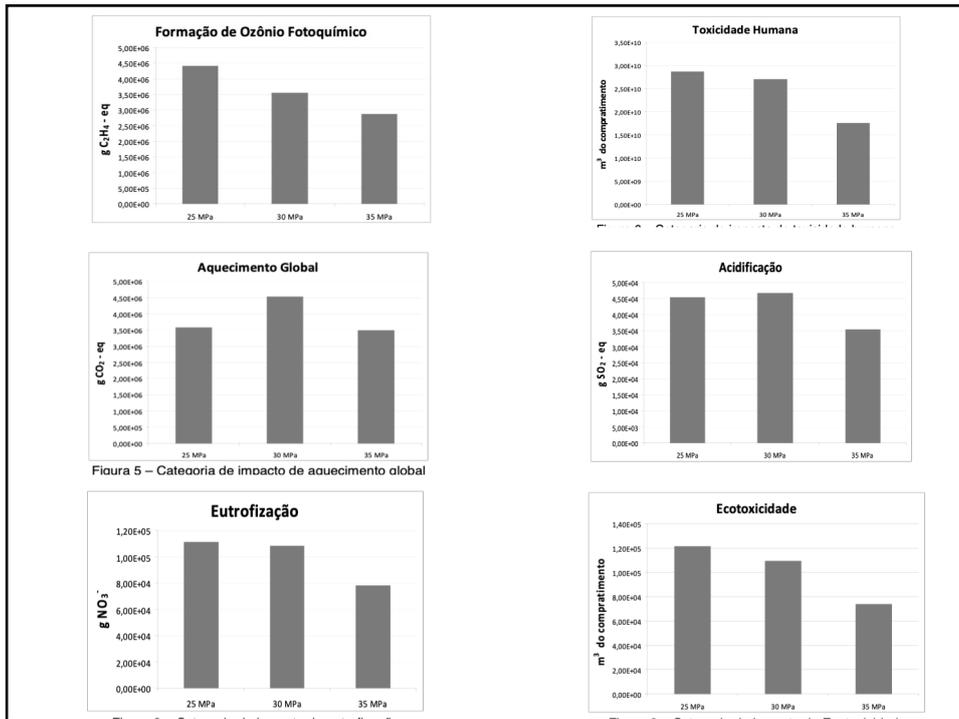
Investigación: edificio de hormigón armado

Se estudiaron los resultados obtenidos en relación a los impactos:

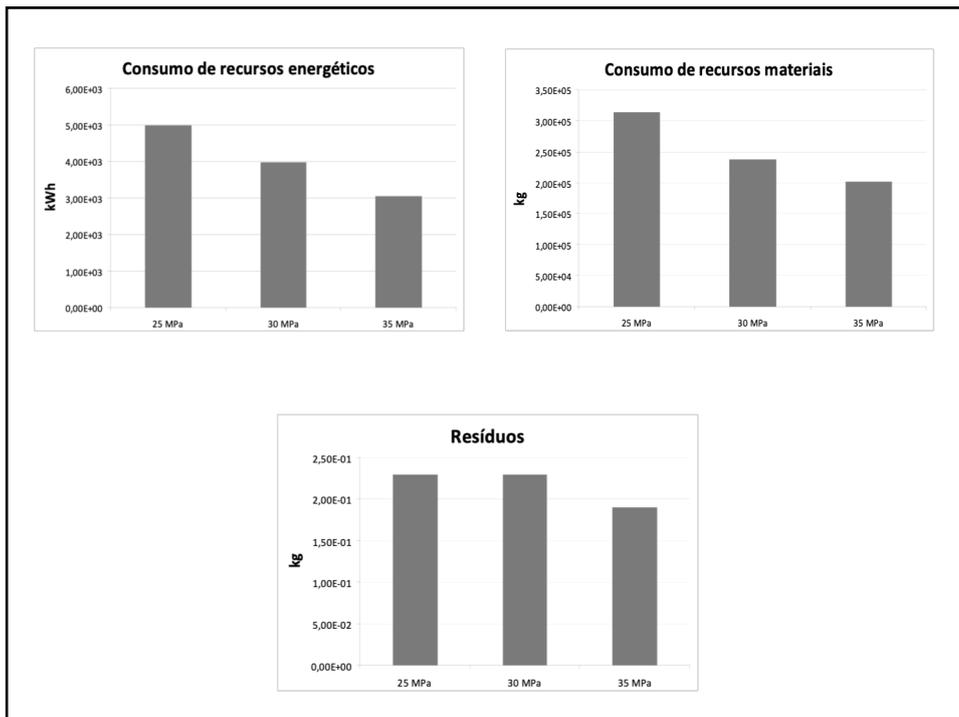
	25 MPa	30 MPa	35 MPa
Eutrofización	Mayor	Medio	Menor
Formación de ozono fotoquímico	Mayor	Medio	Menor
Consumo de recursos Materiales	Mayor	Medio	Menor
Consumo de recursos energéticos	Mayor	Medio	Menor
Ecotoxicidad	Mayor	Medio	Menor
Calentamiento Global	Medio	Maior	Menor
Toxicidad humana	Maior	Medio	Menor
Acidificación	Medio	Maior	Menor
Residuos	Medio	Maior	Menor

Ricardo BENTO, doutorado IAU.USP.

102



103



104

Investigación: edificio en Hormigón Reforzado

Este es una investigación del Ing. Ricardo Bento y es parte de su tesis de Doctorado que todavía está en curso (andamio / progreso)

“Mismo que no esté totalmente concluida ya es posible afirmar que hubo una ventaja clara en substituir hormigón de 20MPa por hormigón de 35MPa en un edificio de clase mediana baja con apenas 8 pisos.”

“Los estudios en progreso van analizar otras situaciones, casas y edificios altos (>25 pisos) para comprobar que se puede generalizar estas conclusiones parciales pero muy promisoras y a favor del desarrollo de los hormigón de altas prestaciones (alto desempeño)”

105

Investigación: edificio en Hormigón Reforzado

Conclusión:

Para todas las categorías de impacto la estructura de f_c 35MPa es ambientalmente la mejor, la que causa los mínimos impactos al medio ambiente

Ricardo BENTO, doutorado IAU.USP.

106

Estas herramientas claramente establecidas en la serie ISO14025 ambiental permiten la creación de una declaración de tipo III, o permitir que una calificación objetiva de los productos y los servicios para la construcción civil.

De este modo, se crea una transparencia de los productos en relación con sus impactos ambientales.

107

La revolución que está en marcha a partir de estos conceptos, hace uso de una metodología estandarizada para la recolección de datos, evaluación de impacto ambiental, el acceso a la información homogeneizada y la revisión continua del comportamiento ambiental de los productos y servicios.



108



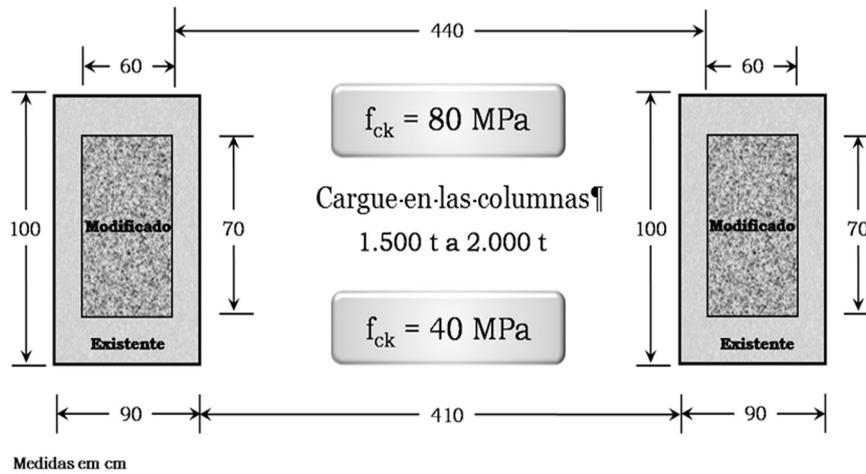
109

e-Tower

- Edificio e-Tower SP
- 42 pisos
- Helipuerto
- Piscina semi-olímpica
- Academia de gimnasia
- 2 restaurantes
- hormigón coloreado
- f_c columnas = 80MPa

110

Proyecto estructural (e-Tower)



111



112

Control



113



114

Economía de Recursos Naturales

Original:

$$f_c = 40\text{MPa}$$

$$\text{sección transversal} \rightarrow 90\text{cm} \times 100\text{cm} \\ = 0,90\text{m}^2$$

HPC / HSC:

$$f_c = 80\text{MPa}$$

$$\text{sección transversal} \rightarrow 60\text{cm} \times 70\text{cm} \\ = 0,42\text{m}^2$$

115

Sostenibilidad



- **70% menos arena**
- **70% menos grava**
- **53% menos hormigón**
- **53% menos agua**
- **20% menos cemento**
- **31% menos area de molde**

116

Sostenibilidad



- **25% más de reaprovechamiento del molde**
- **43% menos acero**
- **16 coches a más**
- **10x vida útil más grande**
- **100% desforma más rápida**

117

Puntos Importantes

Concepto de rendimiento:

Considerando apenas el contenido de cemento:

hormigón 120MPa → 4,0kg/MPa
→ 1,2kg Clinker / MPa

hormigón de 40MPa → 6,7 kg/MPa
→ 2,1kg Clinker / MPa

hormigón de 20MPa → 11,5 kg/MPa
→ 3,5kg Clinker / MPa

118

Revolución en los Materiales

1972	2013
cemento / arena / grava / agua	cemento / arena / grava / agua
escoria	escoria
ceniza volante	ceniza volante
plastificante	plastificante
	super plastificante
	regulador de fraguado
	fibras
	metacaulim HP
	silica ativa
	nanosilica
	pigmentos
	cristalizante / nanotubo
	densificador / caliza

119

HORMIGÓN RESPONSABLE, SOSTENIBLE, BONITO Y CONTEMPORÁNEO, ES:

- más resistente
- más durable
- más humano (< ruido y < esfuerzo físico)
- consumir menos recursos materiales no renovables
- consumir menos agua
- consumir menos energía
- produz menos residuos y basura

120

Como ser un Arquitecto o Ingeniero mejor y actual ?

1. reducir emisión de gases estufa
2. reducir energia consumida
3. reducir consumo de recursos naturales no renovables
- 4. usar racionalmente el hormigón (hacer más con menos)**
5. Cambiar el “modo de viver de algunos”

121

Algunas Reflexiones

122

Es correcto evaluar el crecimiento solamente por índices económicos ?

- ✓ Ha mejorado la calidad de vida?
- ✓ Ha mejorado el saneamiento y salud?
- ✓ Hubo menos accidentes graves en obras?
- ✓ Hubo evolución en el uso de tecnología?
- ✓ Hubo evolución en la calidad y Sostenibilidad de las obras?
- ✓ Hubo evolución en la transferencia de tecnología en las Universidades / Arquitectura y Ingeniería / Las Empresas?
- ✓ Quales deben ser los índices de excelência a serem perseguidos?

123

Petronas Towers *Cesar Pelli*



Kuala Lumpur

Malasia 1.997

452m

$f_c = 800 \text{ kgf/cm}^2$

before / after

124

Hoy hay 45 edificios en construcción con altura superior a 300m, con inauguración prevista para 2016...

125

De ese total de 44
“rasca cielos”:

- 15 son en hormigón
- 28 son mistos hormigón / acero
- solamente 1 es metálico

126

Incluso el más alto edificio del mundo, el Burj Khalifa, en Dubái, con 820m, ha sido construido con hormigón

127

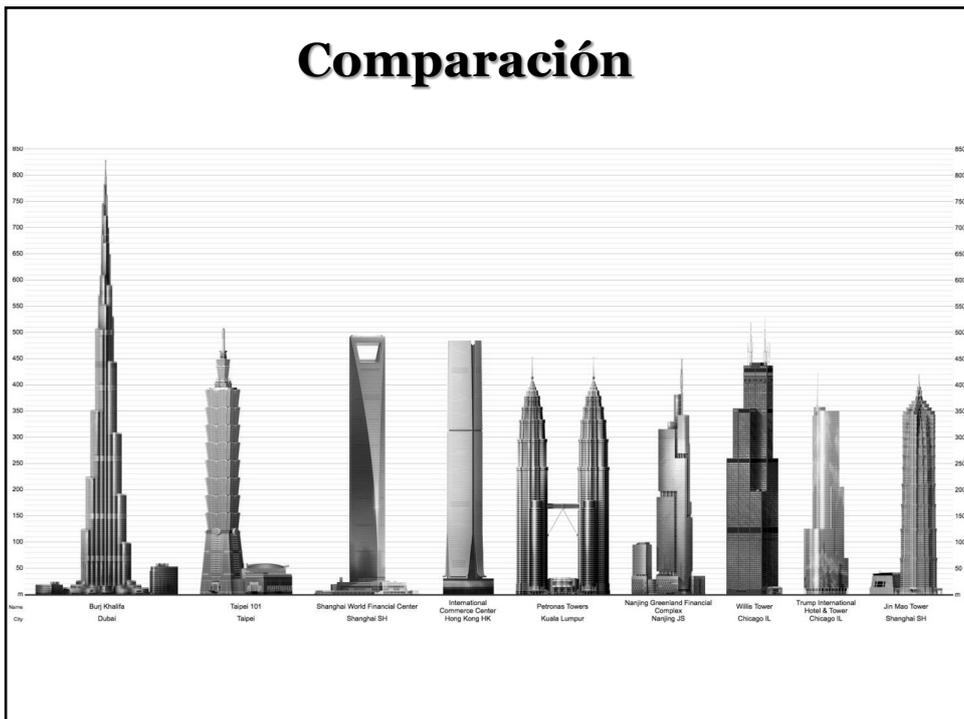
Burj Dubai - World tallest (2008)



128



129



130

El Futuro edificio más alto del mundo



KINGDOM TOWER

1km de Altura

Jeddah, Arábia Saudita

Los cálculos predicen que la Kingdom Tower va a consumir un mínimo de 500 mil m³ de hormigón

131



132



133

Estructuras de Alto Desempeño

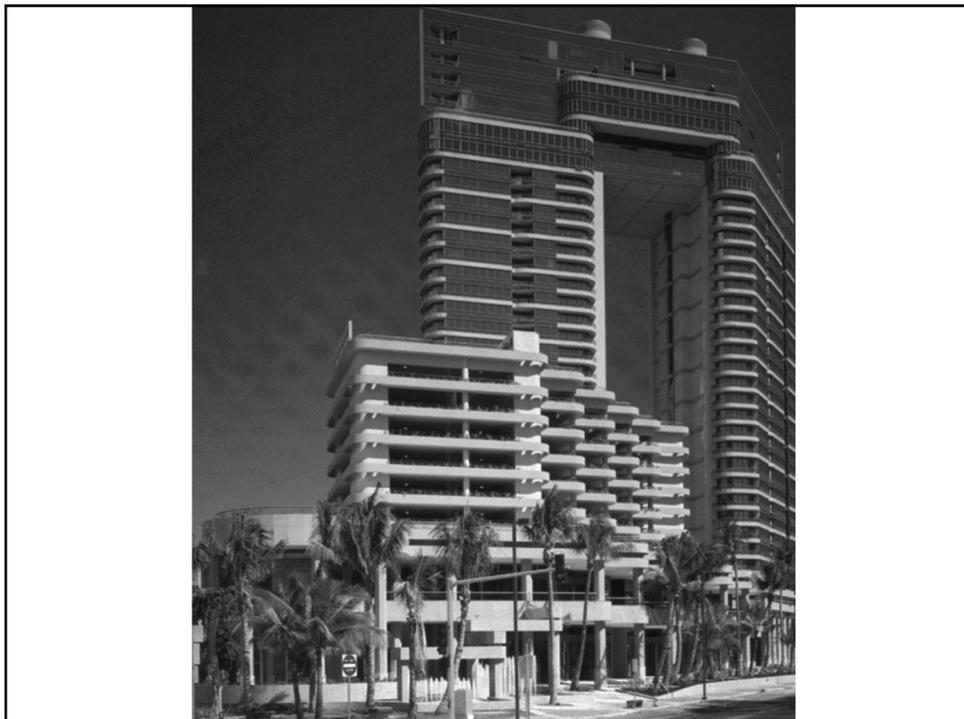
- Reduce el riesgo de tener problemas**
- Necesita estudios previos**
- Necesita gerencia la calidad**
- Necesita conocer y bien utilizar normas y documentos existentes**
- Es un trabajo de equipo, de nación...**

134

Sostenibilidad combina el género, número
y grado con

Racionalización
hormigón Prefabricado
Industrialización

135



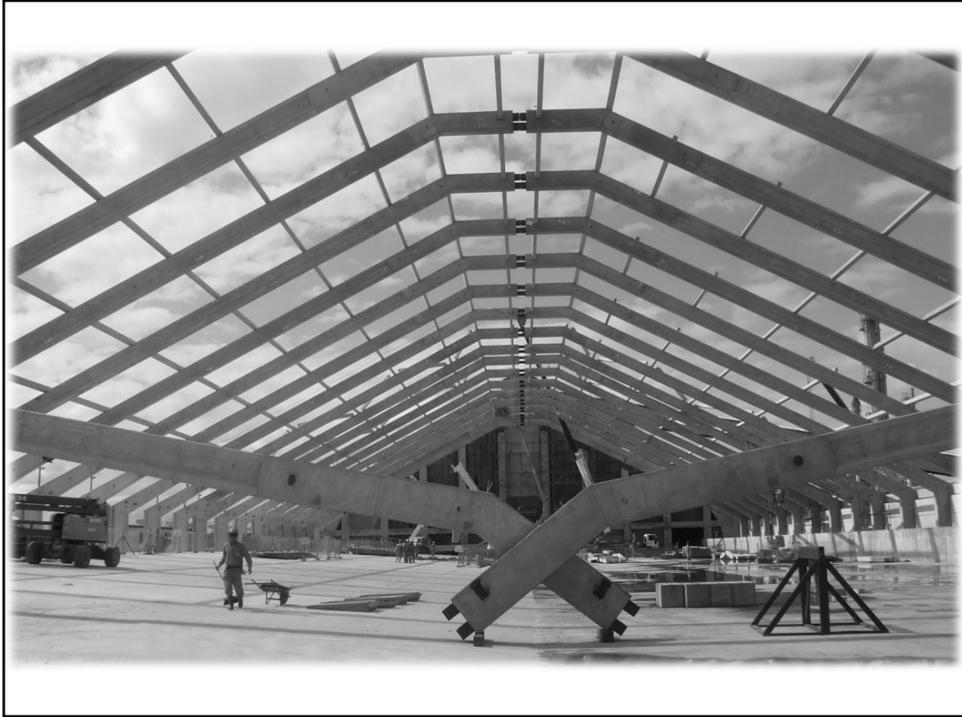
136



137



138



139



140



141



142