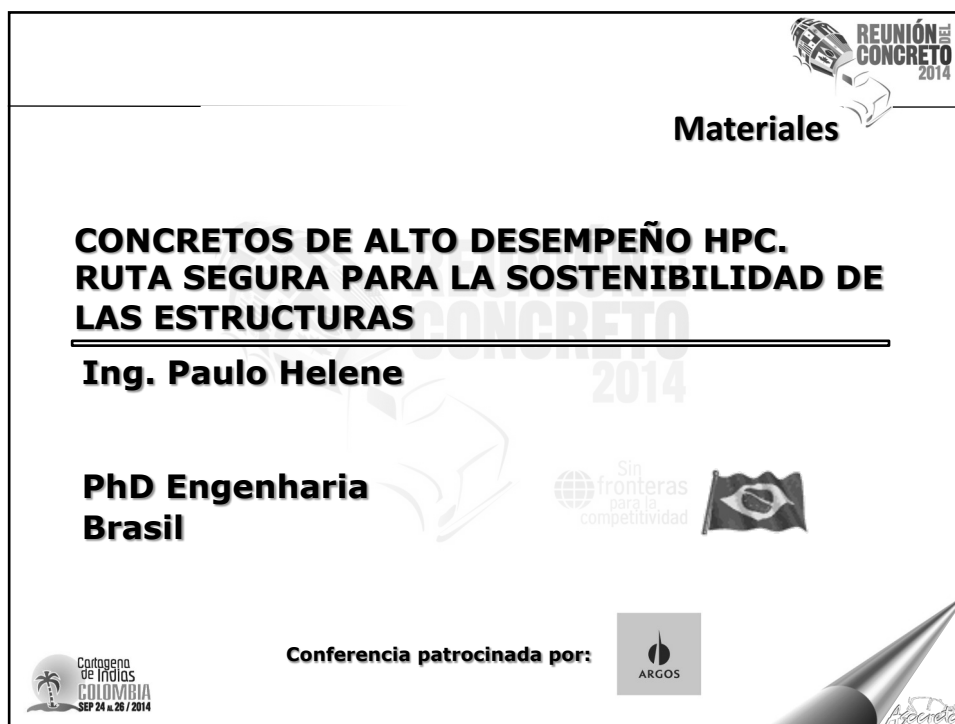




1



2



**REUNIÓN
DEL
CONCRETO
2014**



Sin
fronteras
para la
competitividad



Cartagena
de Indias
COLOMBIA
SEP 24 u. 26 / 2014

Concretos de altas prestaciones. Ruta segura para la sostenibilidad de las estructuras



PhD
Engenharia
"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

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

Salón Getsemaní 25 de Septiembre de 2014 Cartagena de Indias/Colombia

3

Sostenibilidad

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

Ambiental – Social - Economico

4

Normas Recientes

Concrete Sustainability. *Forum I, 2009; Forum II, 2010; Forum III, 2011, Forum IV, 2012; Forum V, 2012 y Forum VI, 2013.*
“reducir el volumen y reducir el CO₂”
“concreto 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

5

Redefining High-Performance Concrete Structures

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

1. 70% de escoria o de ceniza volante clase F
2. Cimentación: 55MPa a 91dias Contenido: 119kg/m³
3. Columnas 55MPa, a 91dias Contenido: 133kg/m³
4. Losas pretensadas 31MPa a 3dias y 41MPa a 56dias. Contenido = 208kg/m³

6

En Estados Unidos

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

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

7

EPD

Enviromental Product Declaration

ISO 14025:2010

8

ENVIROMENTAL PRODUCT DECLARATIONS



9

¿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 el fin de fomentar el desarrollo sostenible a través del mercado.



10

LCA (*Life Cycle Assessment*)

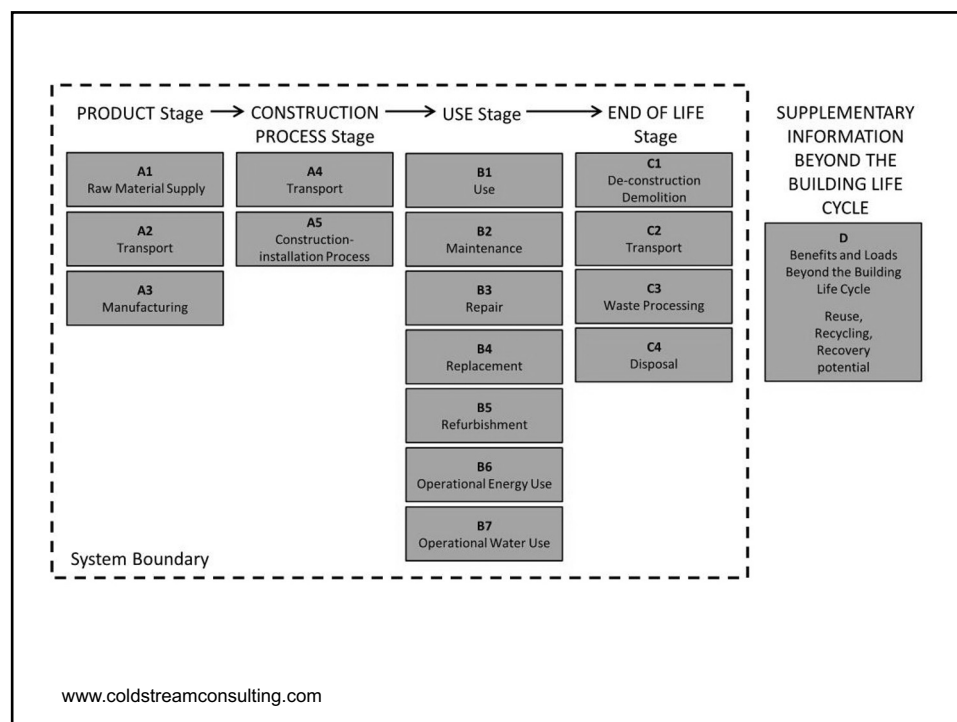
La EN 15804:2012 establece un número mínimo de módulos de la vida útil para ser considerado en el EPD;

-EPD1 (Cradle to Gate) (cuna a la puerta)

-EPD2 (Cradle to Gate with Options)

-EPD3 (Cradle to Grave) (cuna a la tumba)

11



12



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

13



Universidade de Brasília
Departamento de Engenharia Mecânica



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

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

Reuniões Preparatórias: de 2004 a 2006
Início Oficial: Novembro 2006

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

Fim da Primeira Fase: 2010
Apoio para a 2a. Fase (2010-2012): MCT/MDIC

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

14

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 CFC11_{eq}
- ✓ Potencial de acidificación, en kg de SO_{2,eq}
- ✓ Potencial de eutrofización, en kg de PO₄³⁻_{eq}
- ✓ Potencial de agotamiento de recursos abióticos, en
kg de Sb_{eq}
- ✓ Potencial de formación de ozono fotoquímico, en
kg de etano

15

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

16

Que es LEED?

(Leadership in Energy and Environmental Design)

Certificación para edificios sostenibles creados y concedidos por la ONG norte-americana *U.S. Green Building Council (USGBC)*, en Brasil esta certificación es hecha por el Green Building Council Brasil.



17

[Inicio](#) [Nosotros](#) [Construcción Sostenible](#) [Política Pública](#) [Educación](#) [Membresía](#) [Contacto](#) [Buscar](#) [English](#)

English

[Noticias y Eventos](#) [Boletín Mensual](#) [Directorio](#) [Estudios de Caso](#) [Enlaces](#)

Usted está aquí: [Inicio](#) » [English](#)

Colombia Green Building Council – Colombia GBC

Be Part of a Sustainable World

The **Colombia Green Building Council** is an Established Member of the World Green Building Council (WorldGBC), the largest international organization influencing the green building marketplace, representing a growing network of over 80 green building councils from all the regions of the world.



The Colombia Green Building Council (in Spanish the Consejo Colombiano de Construcción Sostenible) is an NGO that promotes through its network, the transformation of the country's cities and its building industry towards sustainability.

The Colombia Green Building Council's corporate members are committed to sustainable urbanism and greening the built environment. The organization has also forged meaningful research alliances with universities across the country.

Our Contribution

The Colombia GBC priorities focus on three main areas:

- Strengthening knowledge about green building and generating innovative ideas to achieve more sustainable urban development.
- Supporting green building certification systems and the standardization of green building markets.
- Supporting government in the formulation of responsible production and consumption policies in relation to the built environment and green building.

Próximos Eventos

ADECUACIÓN DE EDIFICACIONES EXISTENTES
Curso.
Medellín. Septiembre 18 y 19

CONSTRUVERDE 2014
Foro Internacional y Expo.
Diseño y Construcción Sostenible
Bogotá. Octubre 1 y 2

- Eventos Nacionales
- Eventos Internacionales
- Eventos del CCCS

Zona de Miembros

Usuario

Contraseña

☐ Recordarme

[Iniciar sesión](#)

- ¿Olvidó su contraseña?
- ¿Olvidó su usuario?

El CCCS apoya el SAC Edificaciones Sostenibles



18

9

LEED

El objetivo del sistema es reducir la huella de carbono del "entorno construido" y crear un sistema competitivo para la eficiencia de los edificios al premiar las mejores prácticas de diseño, construcción y mantenimiento y la creación de un mercado de productos sostenibles para el sector de la construcción.

La última versión del LEED también incluye los créditos regionales que permiten tropicalización o adecuación del sistema, o en cualquier lugar en el clima mundial.

19

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

20

Green Building Design & Construction (BD&C)					
Category	PREVIOUS LEED-NC v.2.2		NEW 2009 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	

21

Como el Concreto puede Contribuir?

LEED Credit Contribution Potential

May contribute to earning LEED credits in the category:

Credit 1.1 → Innovation and Design, desde que cemento ≤ 0,6°C

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

Credit 4.2 → Recycled Content, 20% (dois pontos)

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% e dos puntos para 20%)

22

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro Sostenible

Algunos emprendimientos con certificación LEED en Brasil:



f_{ck} de proyecto: 50MPa
Utilización de pretensado
para reducir las dimensiones
de la estructura.

Ventura Corporate Towers
Rio de Janeiro/RJ

23

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro Sostenible

Algunos emprendimientos con certificación LEED en Brasil:



f_{ck} de proyecto: 50MPa

Eldorado Business Tower
São Paulo/SP
PLATINUM

24

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro Sostenible

Algunos emprendimientos con certificación LEED en Brasil:



Razones del Platinum:

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

25

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro Sostenible

Algunos emprendimientos con certificación LEED en Colombia (en total 131):

	Certification date	City	Country	Rating system	Version	Certification level
ESTACION SOPHIA - Teatro Publio Martinez	4 Apr 2014	Bogota	Colombia [co]	New Construction	v2009	Silver
Complejo Logístico San Cayetano T2	13 Dec 2013	BOGOTA	Colombia [co]	Core and Shell	v2009	Silver
ARGOS Oficina Bogota	19/jun/14	Bogota	Colombia [co]	Commercial Interiors	v2009	Gold
RUTA N Torres A y B	28 May 2014	Medellin	Colombia [co]	New Construction	v2009	Gold
OFICINA FASST LIGHTING	26 May 2014	MEDELLIN	Colombia [co]	Commercial Interiors	v2009	Gold
Homecenter Calica	19 May 2014	Calica	Colombia [co]	Retail - New Construction	v2009	Platinum
HOME CENTER CEDRITOS BOGOTA	6 May 2014	Bogota	Colombia [co]	New Construction	v2009	Silver
TORRE GRUPO SURA ALA 1C	31/mar/14	MEDELLIN	Colombia [co]	New Construction	v2009	Gold
Rochester School New Site Project	20/jan/14	Chia	Colombia [co]	Schools - New Construction	v2009	Gold
Panoramic Eco Business Club Tower 2	16 Dec 2013	Bogota	Colombia [co]	Core and Shell	v2009	Silver
T3- Ciudad Empresarial Sarmiento Angulo	10 Dec 2013	Bogota	Colombia [co]	Core and Shell	v2.0	Silver
NUOVA SEDE ISAGEN	9 Dec 2013	Medellin	Colombia [co]	New Construction	v2009	Gold
Yanbal Bogota Keops	11/nov/13	Tenjo	Colombia [co]	New Construction	v2009	Silver
Atlantica Torre Empresarial		Barranquilla	Colombia [co]	Core and Shell	v2009	Silver
World Business Center	8 Oct 2013	Bogota	Colombia [co]	Core and Shell	v2009	Gold
San Antonio Plaza Comercial	11 Sep 2013	Pitalito	Colombia [co]	Core and Shell	v2009	Silver
Homecenter Monteria	12 Aug 2013	Monteria	Colombia [co]	Retail - New Construction	v2009	Silver
INCOLMOTOS YAMAHA	25/jun/13	Girardota	Colombia [co]	New Construction	v2009	Gold
Centro Empresarial y Deportivo Calle 53	19/jun/13	Bogota	Colombia [co]	New Construction	v2.2	Gold
GNB Sudameris	11/jun/13	Bogota	Colombia [co]	New Construction	v2.2	Gold
Conecta Modulos A y B	1 May 2013	Bogota	Colombia [co]	Core and Shell	v2009	Gold
Agencia Nacional de Hidrocarburos	2 Apr 2013	Bogota	Colombia [co]	Commercial Interiors	v2.0	Certified
Ecolower 100	01/nov/12		Colombia	Core and Shell	v2009	Certified
POSITIVA SA HeadQuarters	05/mar/13	Bogota	Colombia [co]	Commercial Interiors	v2009	Gold
Arquitectura e Interiores Oficina Bogota	15 Feb 2013	Bogota	Colombia [co]	Commercial Interiors	v2.0	Silver
Novartis New Building Bogota	12 Aug 2010	Bogota	Colombia [co]	New Construction	v2.2	Silver
Panoramic Eco Business Club Tower 1	12 Sep 2012	Bogota	Colombia [co]	Core and Shell	v2009	Silver
Falabella SantaU Medellin	05/jul/11	Medellin	Colombia [co]	Retail - Commercial Interiors	v1.0 pilot	Certified
FALABELLA PARQUE ARROLEDA	04/nov/11	PEREIRA	Colombia [co]	Retail - Commercial Interiors	v1.0 pilot	Silver
Falabella Centro Mayor	22/nov/10	Bogota	Colombia [co]	Retail - Commercial Interiors	v1.0 pilot	Certified
Dirección General Bancolombia	19/jan/12	Medellin	Colombia [co]	Existing Buildings	v2009	Gold
3M Customer Technical Center	13 Sep 2011	Bogota	Colombia [co]	New Construction	v2009	Certified
Aven Distribution Center	21/jul/11	Guarne	Colombia [co]	New Construction	v2009	Gold
HOME CENTER BUCARAMANGA LA ROSITA	26 Oct 2011	Bucaramanga	Colombia [co]	New Construction	v2009	Silver
Aloft Hotel Bogota Airport	07/nov/12	Bogota	Colombia [co]	New Construction	v2009	Gold
Hospital Univ. San Vicente de Paul	17/jan/13	Medellin	Colombia [co]	New Construction	v2.2	Silver
Contempo Headquarters	14 Oct 2011	Bogota	Colombia [co]	Commercial Interiors	v2009	Certified
Homecenter Manizales	4 Oct 2012	Manizales	Colombia [co]	Retail - New Construction	v2009	Gold

26

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro Sostenible

Algunos emprendimientos con certificación LEED en Colombia:



Ruta N
Medellín/Colombia
Oro

<http://www.usgbc.org/projects>

27

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro Sostenible

Algunos emprendimientos con certificación LEED en Colombia:



<http://www.usgbc.org/projects>

Razones del Oro:

- ✓ Reducción de emisiones por movilidad
- ✓ Espacios verdes
- ✓ Ahorros en agua
- ✓ Eficiencia energética
- ✓ Gestión de residuos
- ✓ Calidad del ambiente interior

28

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro Sostenible

Algunos emprendimientos con certificación LEED en Colombia:



ARGOS Oficina Bogota
Colombia

Oro

<http://www.usgbc.org/projects>

29

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro Sostenible

Algunos emprendimientos con certificación LEED en Colombia:



<http://www.usgbc.org/projects>

Razones del Oro:

- ✓ Uso racional del agua
- ✓ Desarrollo de la tierra
- ✓ Eficiencia energética
- ✓ Cuidado ambiental con los residuos
- ✓ Energía verde
- ✓ Materiales sostenibles (regionales y reusables)
- ✓ Conforto térmico

30

**Concretos de Alto Desempeño: Un futuro
Sostenible**

**Porque eses Programas controlan
mucho el edificio en USO y no
dan mucha importancia a los
Materiales y Estructura ?**

31

**Concretos de Alto Desempeño: Un futuro
Sostenible**

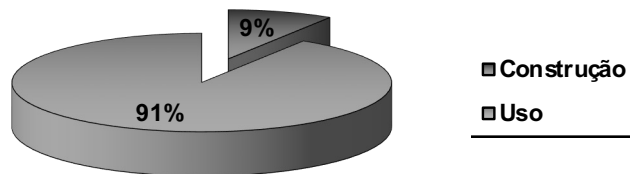
**Si el cemento es responsable por
5% a 6% de toda la emisión de
CO₂ del planeta porque no
controlar concreto desde un
punto de vista de la
Sostenibilidad?**

32

Edificación - Emisiones de GWP

*Considerando una vida útil de 50 años para
una habitación de clase mediana →*

Visión holística: operación y uso



33

CONCLUSIONES

34

- **El cemento no es el villano principal**
- **Material concreto no está prohibido o inservible**
- **Ingeniero Civil de concreto no es irresponsable o villano**

35

El noble concepto de sostenibilidad es hermoso, se ha practicado en las estructuras de concreto y es posible hacerlo cada día mejor!

36

Como caminar em dirección a la SOSTENIBILIDAD en las estructuras de concreto?

37

Alternativas

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

38

1. Atuando sobre los materiales constitutivos:

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

39

La INICIATIVA DE SOSTENIBILIDAD del CEMENTO (WBCSD – CSI)



World Business Council for Sustainable Development

Cement Sustainability Initiative

- 1999
- 10 grupos internacionales
- En Colombia: Argos



40

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

41

Concretos: Un futuro Sostenible

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

42

Áridos reciclados



- Reciclados de base cementicia (concreto y morteros)
- Reciclados de base cerâmicas (pisos, albanileria)
- Substitución de 20% a 50% del árido miúdo e graúdo sin afectar resistencia y durabilidad

43

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

2004

Cement and Concrete Research 34(11)

p. 1975-80

***citado por 185 artículos
Google Scholar***

44

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro
Sostenible

3. Empleando concreto auto- compactable de elevado desempeño SCC

45



46

estudio comparativo



47

concreto auto-compactable



concreto vibrado

48

10 X productividad

CC: vaciado y acabado: 4,4min + 3,3min

n° de obreros: 5 (cinco)

concreto (2), vibración (1) e acabado (2)

0,870 hombres-hora / m³ de concreto

CAA: vaciado y acabado: 1,2min

n° de obreros: três (3)

concreto (1) e acabado (2)

0,081 h.h / m³ de concreto

49



50

SCC

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

51

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro
Sostenible

4. Empleando concreto de elevada vida útil

52

Carbonatación

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

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

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

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

53



54



250 anos de garantia.

Quem precisa de segurança, tecnologia e competitividade precisa da Engemix. Como a fábrica Engemix produz, através de métodos e tecnologia, o melhor concreto da Terra Nova do Centro Empresarial Nações Unidas, um bloco de 20m x 20m x 4m, correspondente a 2.024 m³ de concreto, lançado em 23 horas consecutivas. Com a aplicação de 360 toneladas de gás para controlar a temperatura do concreto, volume equivalente a um colômbio de 4m x 4m x 24m. Ou ainda a Comenda Marquês, obra a ser concluída em 2010, com um bloco de 20m x 20m x 4m, correspondente a 2.024 m³ de concreto, lançado em 23 horas consecutivas. Com a aplicação de 360 toneladas de gás para controlar a temperatura do concreto, volume equivalente a um colômbio de 4m x 4m x 24m.

O resultado é que, hoje, o Centro Empresarial Nações Unidas é a maior obra de concreto lançado em 23 horas consecutivas. E se alguém quiser saber mais sobre o concreto lançado em 23 horas consecutivas, basta entrar em contato com a Engemix. Quem garante ao empreendimento não apenas redução de custos, mas também duração do tempo de construção, otimização das operações das máquinas, redução da fricção do concreto na aplicação, otimização da resistência e da durabilidade do concreto na obra.

Quem precisa de estrutura segura em concreto não sabe mais. Chama a Engemix.

CONCRETO ENGEMIX

55

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

56

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro
Sostenible

5. Empleando concreto de altas prestaciones HSC

57

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro
Sostenible

▪**CO₂?**

▪**Energia?**

▪**Recursos naturales?**

▪**Ciclo Vital?**

58

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro
Sostenible

Columna para 500t

$$f_{ck} = 20\text{MPa}$$

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

59

**Considerando una columna central típico de
un edificio de 20 pisos sección quadrada, 3m
de altura, armadura principal**

Fuerza normal característica = 500 tf			
f_{ck} (MPa)	taxa de refuerzo (%) → total do pilar	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

60

Concretos: Un futuro Sostenible

$$**f_{ck} = 20\text{MPa}**$$

Cemento = 280 kg/m³

Arena = 845 kg/m³

Grava = 1036 kg/m³

Agua = 210 kg/m³

61

Concretos: Un futuro Sostenible

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

Cemento = 420 kg/m³

Arena = 801 kg/m³

Grava = 1010 kg/m³

Agua = 160 kg/m³

62

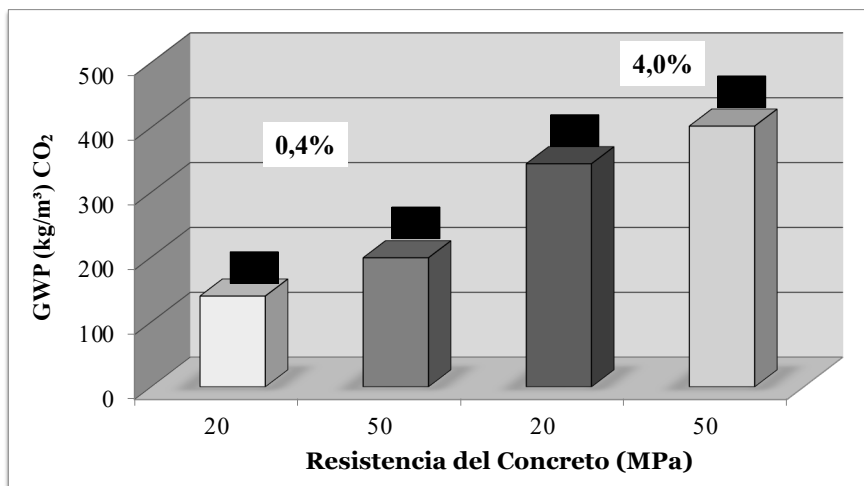
Las emisiones gaseosas y el consumo de energía

Material	NO _x (kg/t)	CO ₂ (kg/t)	GWP (kg/t)	Energía consumida (kWh/t)
Clinker Portland (≈ CP I)	1,85	855	1447 (880)	998
ferro gusa (minério) CA 50 & CA 60 (sucata)	4,43	1588 380	3006 719	5.060 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.*

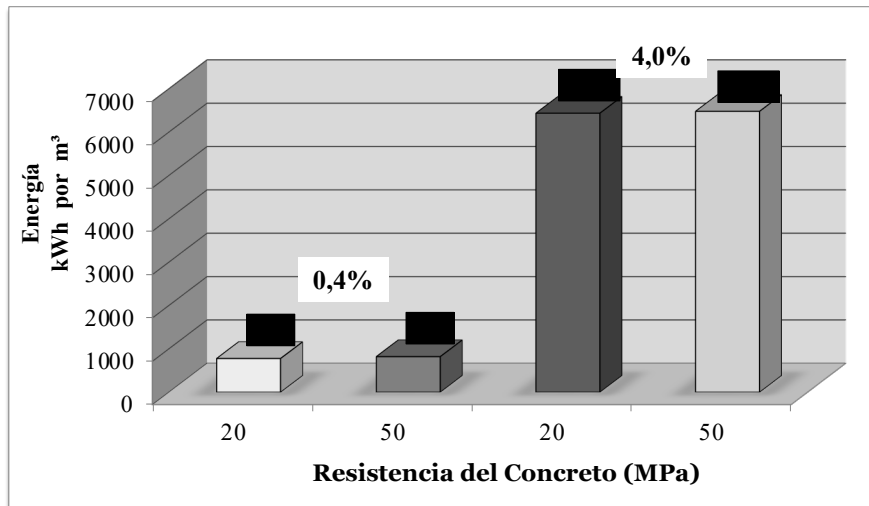
63

1 m³ de concreto estructural con 70% escoria



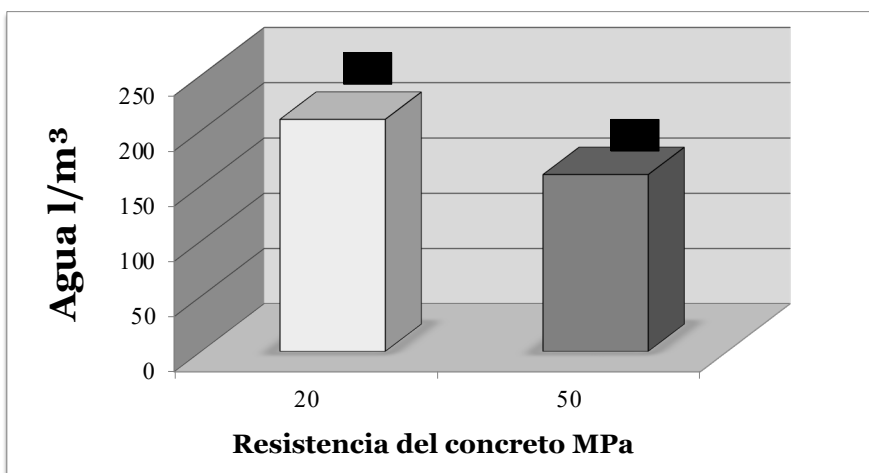
64

1 m³ de concreto estructural



65

1 m³ de concreto estructural



66

**Pilar con 3m
0,4% refuerzo, 500tf**

Material	f_{ck}	sección	energía	GWP
	MPa	cm	kWh	kg
concreto armado	20	72x72	1208	218
concreto armado	50	50x50	615	149

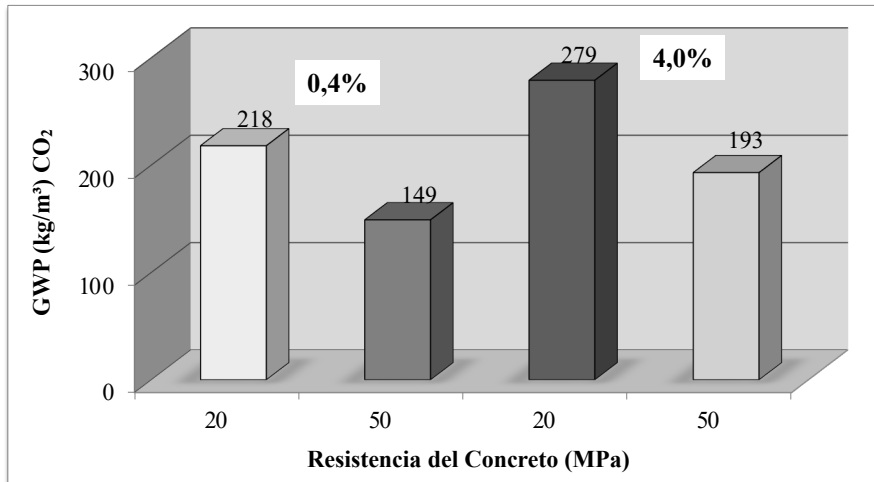
67

**Pilar con 3m
4% armadura, 500tf**

Material	f_{ck}	sección	energía	GWP
	MPa	cm	kWh	kg
concreto armado	20	52x52	5221	279
concreto armado	50	40x40	3110	193

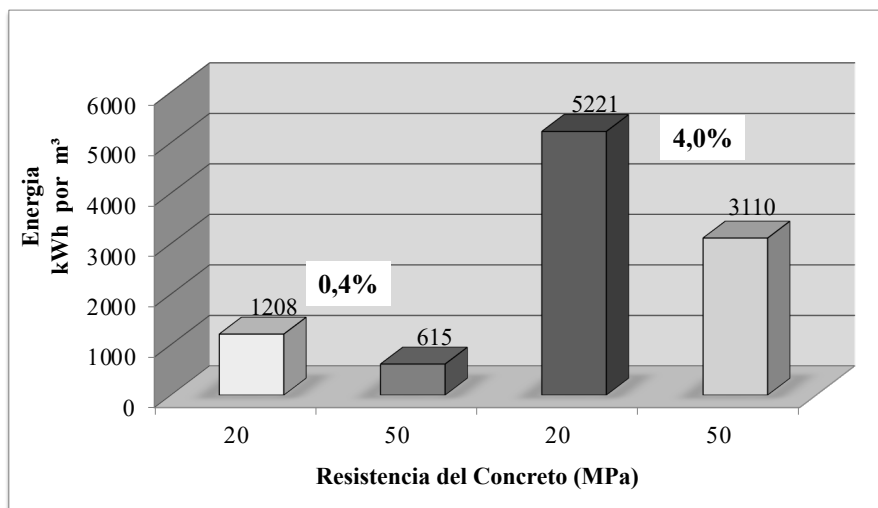
68

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



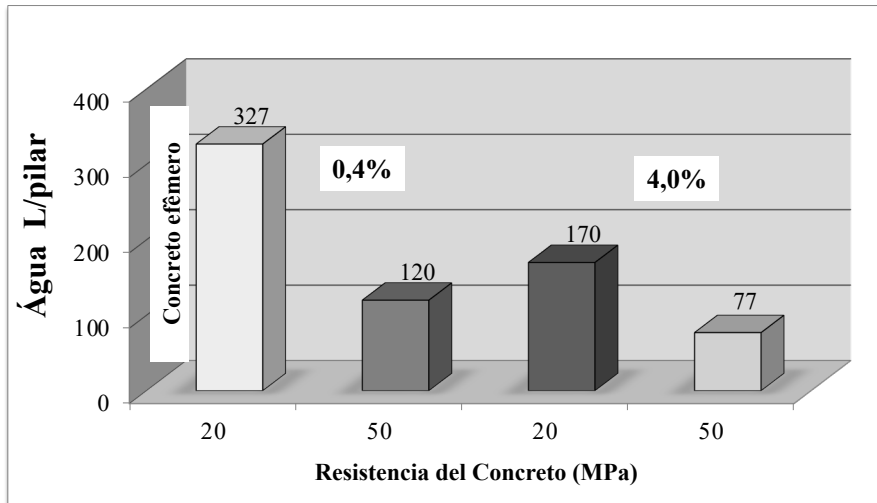
69

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



70

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



71

Concretos de Alto Desempeño: Un futuro Sostenible

Investigación:

¿Cual es el Concreto Estructural más Sostenible?

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

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

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

72

Investigación: edificio en concreto reforzado

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

análisis comparativa:

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

Area estructural obtida foi de 2.078 m².

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

73

LCA (Life Cycle Assessment)

Esta revisión se hará de acuerdo con la PCR específica del producto, el cual indicará los requisitos y etapas de vida mínimas para ser analizados



74

a guide to understanding the embodied impacts of construction products

construction
products association

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

75

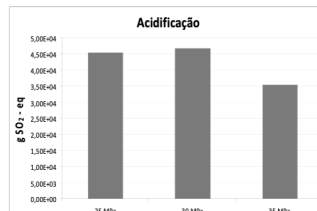
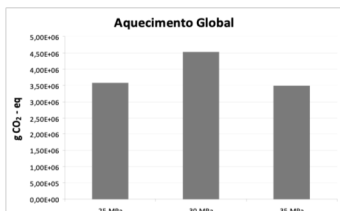
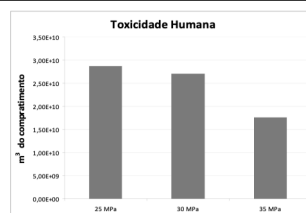
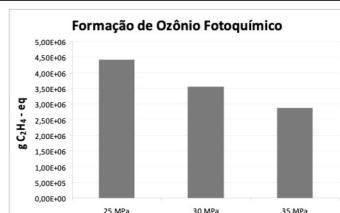
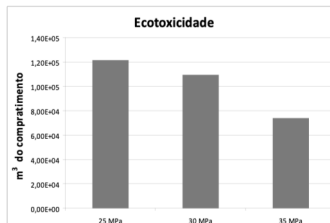
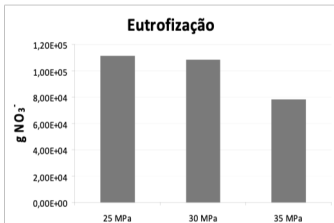
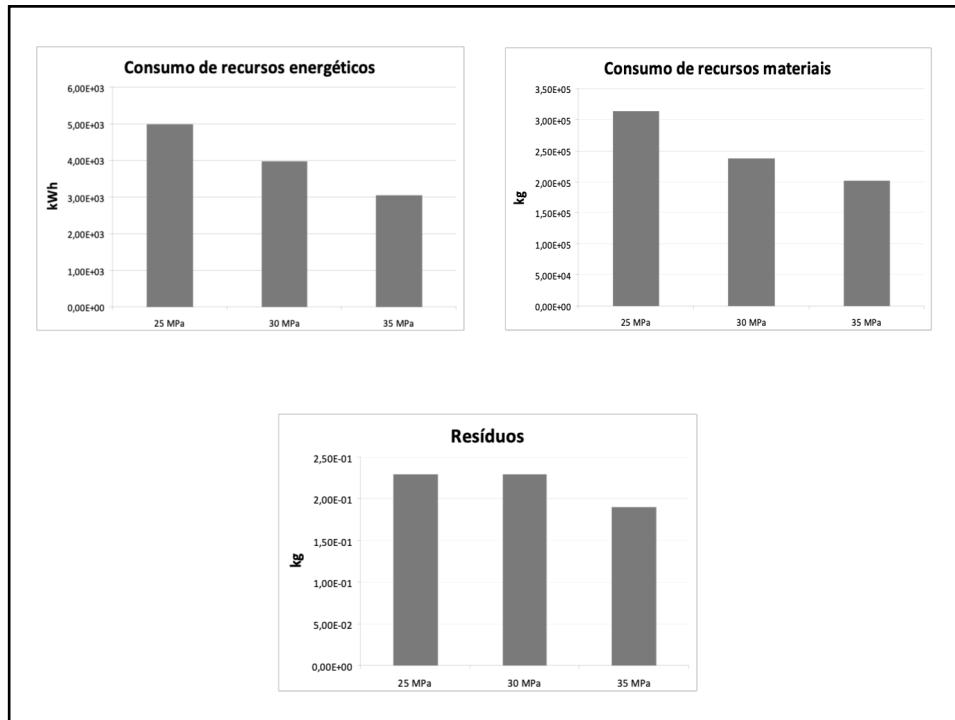


Figura 5 – Categoria de impacto de aquecimento global



76



77

Investigación: edificio en concreto reforzado

Conclusión:

Para todas las categorías de impacto con la estructura de f_{ck} 35MPa es ambientalmente los mínimos impactos al medio ambiente, que realizan la misma función, entonces la estructura con f_{ck} de 30MPa y finalmente la estructura f_{ck} 25MPa.

Ricardo BENTO, doutorado IAU.USP.

78

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.



79



80

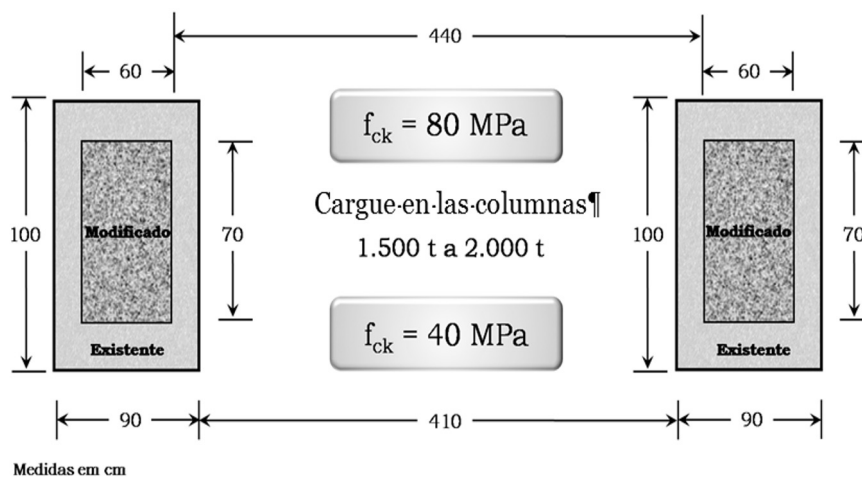
e-Tower

- Edificio e-Tower SP
- 42 pisos
- Helipuerto
- Piscina semi-olímpica
- Academia de gimnasia
- 2 restaurantes
- concreto coloreado
- f_{ck} pilares = 80MPa



81

Proyecto estructural (e-Tower)



82

Mito
HSC > 125MPa
consume muy
cemento y no es
Sostenible

83



84

Control



85



86

Economía de Recursos Naturales

Original:

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

sección transversal $\rightarrow 90\text{cm} \times 100\text{cm}$

$$0,90\text{m}^2$$

HPC / HSC:

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

sección transversal $\rightarrow 60\text{cm} \times 70\text{cm}$

$$\mathbf{0,42\text{m}^2}$$

87

Sostenibilidad



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

88

Sostenibilidad



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

89

Mito
HSC > 125MPa
consume muy
cemento y no es
Sostenible

90

VERDAD

**puede consumir mas
cemento por m³, pero la
cantidad de CO₂ , de
Energía e de H₂O reduce
mucho con MPa alto**

CO₂ / MPa

91

Puntos Importantes

Concepto de rendimiento:

Considerando apenas el contenido de cemento:

Concreto 100MPa → 4,0 kg/MPa
→ 1,2kg clínquer / MPa

Concreto de 40MPa → 6,7 kg/MPa
→ 2,1kg clínquer / MPa

Concreto de 20MPa → 13,4 kg/MPa
→ 4 kg clínquer / MPa

92

Como ser un Arquitecto o Ingeniero mejor y actual ?

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

93



94



95

Columna prototipo: concreto SCC (auto-compactable, 50MPa, sin vibrado)



96



Petronas Towers
Cesar Pelli

Kuala Lumpur

Malasia 1.997

452m

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

before / after

97

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

98

De ese total de 45

“rasca cielos”:

- 16 son en concreto
- 28 son mistos concreto / acero
- apenas 1 es metálico

99

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

100

Burj Dubai - World tallest (2008)



101



102

**CONCRETO RESPONSABLE, SOSTENIBLE, BONITO Y
CONTEMPORÂNEO, ES:**

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

103

**CONCRETO ES UNO DE LOS ÚNICOS MATERIALES QUE
PUEDEN SUPERARSE A SI MISMO**

**HACE NO MÁS DE 70 AÑOS EMPLEÁBAMOS
CONCRETOS**

90 kgf/cm²

**secos, plásticos, vibrados, ruidosos
voluminosos, demorados, inhumanos**

16 kg cemento / MPa

104

**CONCRETO ES UNO DE LOS ÚNICOS MATERIALES QUE
PUEDEN SUPERARSE A SI MISMO**

**HOY DÍA PODEMOS UTILIZAR CONCRETOS DE
> 900 kgf/cm²
autocompactables, rápido, poco volumen
sin esfuerzo, sin ruido, humanos
4 kg cemento / MPa**

105



106