



TENDENCIAS EMERGENTES EN MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

CUMBRE DE GESTIÓN SOSTENIBLE 2010
“Liderando la nueva era”

Sesión Paralela 4
Certificación Ambiental en la Construcción

Dr. Luis Miguel Ordóñez Belloc
Unidad Técnica de Investigación de Materiales
AIDICO – Instituto tecnológico de la Construcción



<http://www.treehugger.com/galleries/green-house-green-materials-guide-photo.jpg>

Metal

Plástico

Bituminosos

Sellantes

Aislantes

Caucho

Cerámica

Piedra natural

Materiales
compuestos

Maderas

Textiles

Vítreos

Vidrio

Hormigón

Morteros

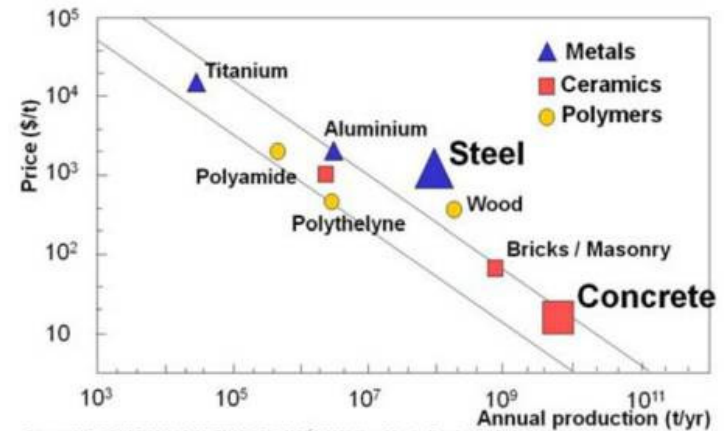
Enlucidos

Yesos

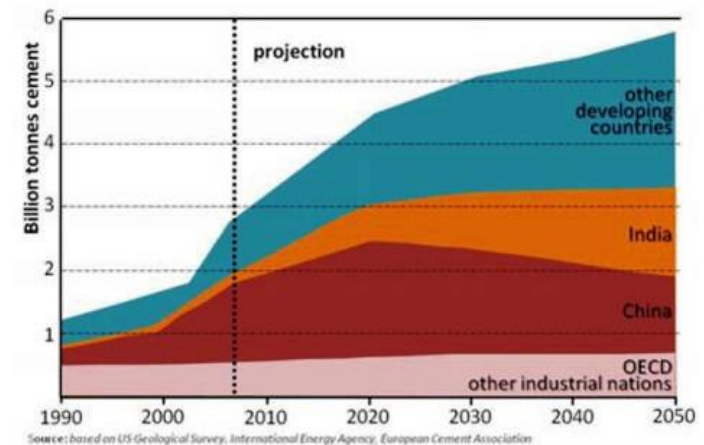


MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN – HORMIGÓN

- El Hormigón es el material más versátil en el mundo
- Al mismo tiempo, es un material muy barato
- La producción anual de Hormigón se encuentra en torno a los 7 billones de m³
- Después del agua, el hormigón es el material más utilizado por el ser humano
- En las dos próximas décadas se espera que se duplique el volumen de demanda de hormigón, estando China e India a la cabeza – **EDAD DEL HORMIGÓN**



Source: INTRODUCTION & LA SCIENCE DES MATÉRIAUX, Kurtz, Mercier, Zambelli, P.PUR., 3rd ed 2002



Source: based on US Geological Survey, International Energy Agency, European Cement Association



MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN - CAMPOS DE DESARROLLO

NANOCIENCIA

Parte de la ciencia que se ocupa de los materiales (sistemas) cuyos tamaños son del orden del nanómetro.

La nanotecnología abre caminos para el desarrollo de propiedades inusuales en los materiales

SOSTENIBILIDAD

El Desarrollo Sostenible es aquel que satisface las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.

*cita del Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland): Nuestro Futuro Común (Oxford: Oxford University Press, 1987)

- Consumo de energía
- Producción de residuos
- Contaminación



Cumbre de Gestión Sostenible 2010



□ NANOTECNOLOGÍA

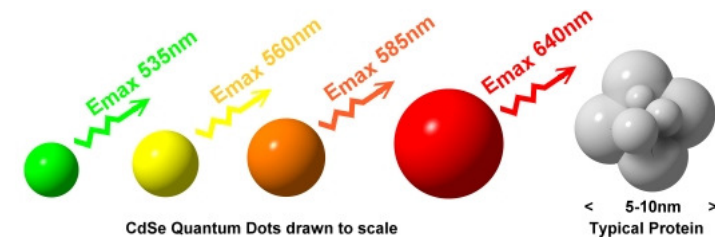
NUEVOS MATERIALES MULTIFUNCIONALES

materiales que presentan diferentes propiedades (eléctricas, magnéticas, ópticas y mecánicas) simultáneamente, que se interrelacionan y compiten dando lugar a nuevos y fascinantes fenómenos.

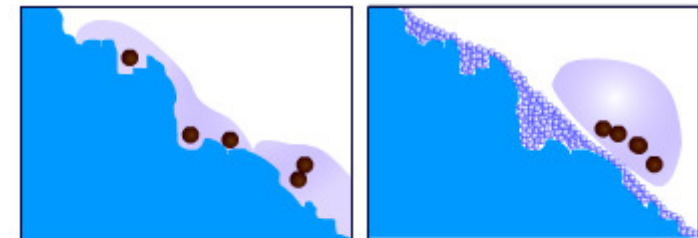
- **ÓPTICAS:** Transparencia, color, electro-luminiscencia, electro-crómicas, foto-crómicas
- **MECÁNICAS:** Dureza, abrasión, resistencia al rayado
- **TRANSPORTE:** Barrera a la difusión de gases
- **SUPERFICIALES:** Catalíticas, antisépticas, antibao, purificación del aire, ...
- **MAGNÉTICAS, ELÉCTRICAS Y TÉRMICA:** Conductividad, etc

ÓPTICAS

http://nanocluster.mit.edu/wiki/images/1/11/Quantum_dots.jpg



SUPERFICIALES

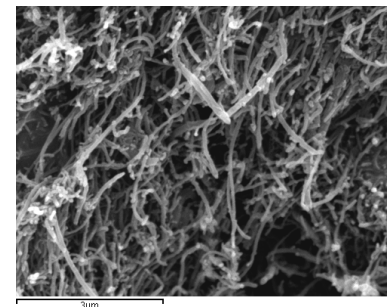
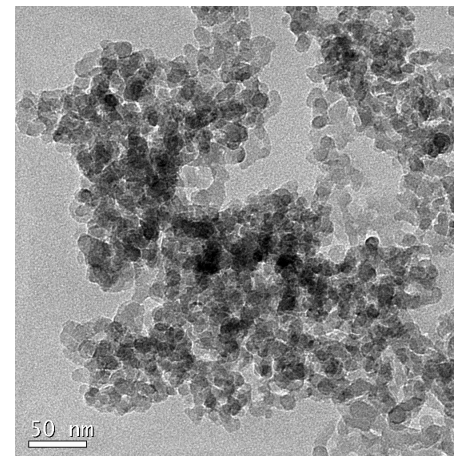


□ NANOTECNOLOGÍA

NUEVOS MATERIALES MULTIFUNCIONALES

- **ÓPTICAS:** Transparencia, color, electro-luminiscencia, electro-crómicas, foto-crómicas
- **MECÁNICAS:** Dureza, abrasión, resistencia al rayado
- **TRANSPORTE:** Barrera a la difusión de gases
- **SUPERFICIALES:** Catalíticas, antisépticas, antibao, purificación del aire, ...
- **MAGNÉTICAS, ELÉCTRICAS Y TÉRMICA:** Conductividad, etc

MECÁNICAS NANOSILICES Y NANOTUBOS DE CARBONO

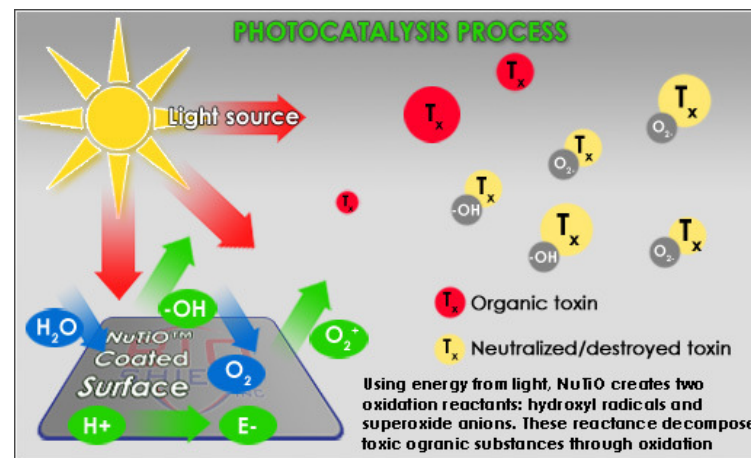


□ NANOTECNOLOGÍA

NUEVOS MATERIALES MULTIFUNCIONALES

- **ÓPTICAS:** Transparencia, color, electro-luminiscencia, electro-crómicas, foto-crómicas
- **MECÁNICAS:** Dureza, abrasión, resistencia al rayado
- **TRANSPORTE:** Barrera a la difusión de gases
- **SUPERFICIALES:** Catalíticas, antisépticas, antibao, purificación del aire, ...
- **MAGNÉTICAS, ELÉCTRICAS Y TÉRMICA:** Conductividad, etc

SUPERFICIALES

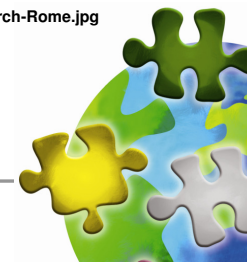


http://l.b5z.net/i/u/6070469/i/Process_Chart_for_the_Nutio_Brand_TiO2_coating.jpg



<http://www.treehugger.com/Jubilee-Church-Rome.jpg>

Jubilee Church (Dio Padre Misericordioso), Roma
TX Millennium brand (Italcementi Group)

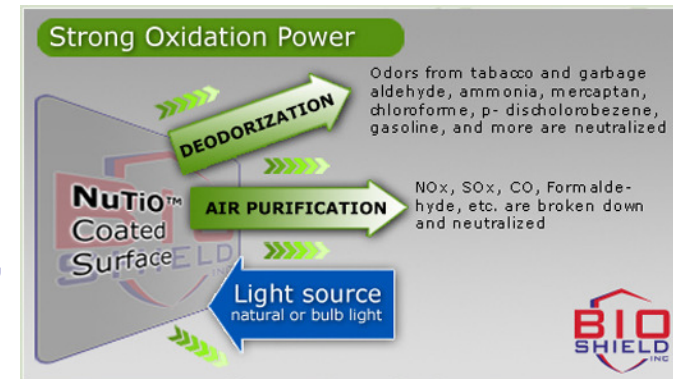


□ NANOTECNOLOGÍA

NUEVOS MATERIALES MULTIFUNCIONALES

- **ÓPTICAS:** Transparencia, color, electro-luminiscencia, electro-crómicas, foto-crómicas
- **MECÁNICAS:** Dureza, abrasión, resistencia al rayado
- **TRANSPORTE:** Barrera a la difusión de gases
- **SUPERFICIALES:** Catalíticas, antisépticas, antibao, purificación del aire, ...
- **MAGNÉTICAS, ELÉCTRICAS Y TÉRMICA:** Conductividad, etc

SUPERFICIALES

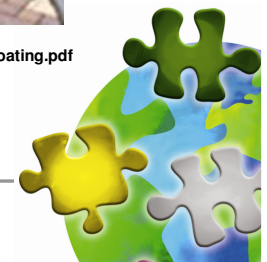


http://eco-cleanse.net/web_images/diagram-2.jpg



<http://www.gensnano.com/articles/ProjectPhotocatalyticCoating.pdf>

+ de 50000 m² de pavimento con propiedades para purificar aire instalado en Japón)



□ NANOTECNOLOGÍA

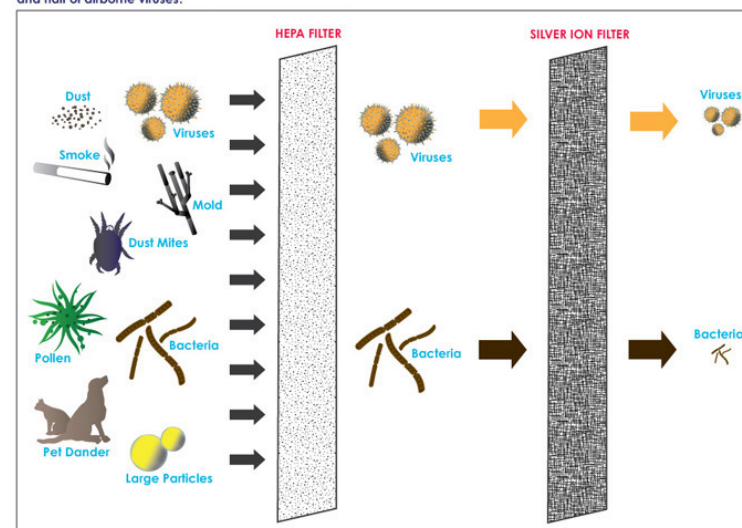
NUEVOS MATERIALES MULTIFUNCIONALES

- **ÓPTICAS:** Transparencia, color, electro-luminiscencia, electro-crómicas, foto-crómicas
- **MECÁNICAS:** Dureza, abrasión, resistencia al rayado
- **TRANSPORTE:** Barrera a la difusión de gases
- **SUPERFICIALES:** Catalíticas, antisépticas, antibao, purificación del aire, ...
- **MAGNÉTICAS, ELÉCTRICAS Y TÉRMICA:** Conductividad, etc

SUPERFICIALES ANTISÉPTICAS NANOPARTICULAS PLATA

HEPA with Silver Ion Filtration

The HEPA filter eliminates over 99% of airborne allergens while the addition of the Silver Ion filter eliminates 98% of bacteria and half of airborne viruses.



<http://www.air-purifiers-america.com/images/silvernano2.jpg>



□ COMPETITIVIDAD

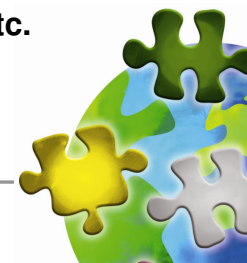
MATERIALES DE ALTAS PRESTACIONES

- MECÁNICAS: **Hormigones de alta y Ultra-alta resistencia**
Hormigones con fibras
- TERMICO-ACUSTICAS: Hormigón Aislante
Alta conductividad térmica
Hormigón Celular
- REOLÓGICAS: Hormigones Autocompactantes



http://henrikaufman.typepad.com/le_design_minimals/images/bib_1.jpg

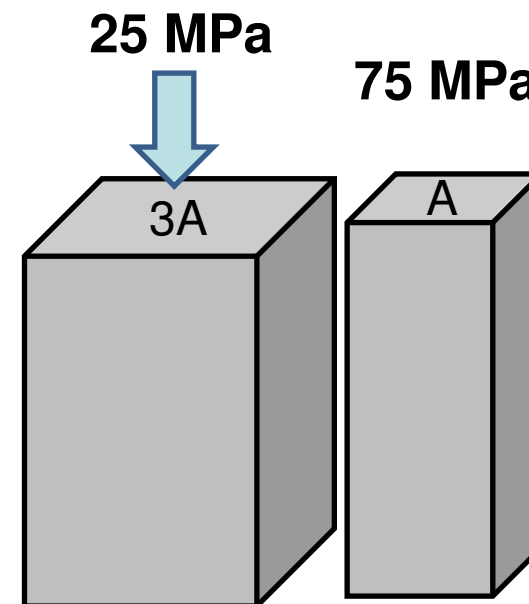
DUCTAL (Lafarge)
200 MPa compresión, hasta 40 MPa flexión,
durabilidad, resistencia a la abrasión, etc.



COMPETITIVIDAD

MATERIALES DE ALTAS PRESTACIONES

- MECÁNICAS: **Hormigones de alta y Ultra-alta resistencia**
Hormigones con fibras
- TERMICO-ACUSTICAS: Hormigón Aislante
Alta conductividad térmica
Hormigón Celular
- REOLÓGICAS: Hormigones Autocompactantes



2 veces más de cemento
3 veces más de árido



COMPETITIVIDAD

MATERIALES DE ALTAS PRESTACIONES

- MECÁNICAS: Hormigones de alta y Ultra-alta resistencia
Hormigones con fibras
- TERMICO-ACUSTICAS: Hormigón Aislante
Alta conductividad térmica
Hormigón Celular
- REOLÓGICAS: Hormigones Autocompactantes



<http://www.tecservices.com/Portals/0/ASTM%20C1609%20Fiber%20Beam%20Break-800.jp>

- No hay fallos ni puntos débiles en la armadura y el comportamiento mecánico a las sollicitaciones es igual en todas las direcciones.
- La mejora de la resistencia a compresión incrementa las resistencias iniciales, se reduce la fisuración y se impide la propagación de fisuras.
- Aumenta considerablemente la resistencia al impacto.
- Mejora la ductilidad y la capacidad de carga, incluso en estado agrietado.

<http://www.copsa.com/folleto/Fibras.pdf>



COMPETITIVIDAD

MATERIALES DE ALTAS PRESTACIONES

- MECÁNICAS: Hormigones de alta y Ultra-alta resistencia
Hormigones con fibras
- TERMICO-ACUSTICAS: **Hormigón Aislante**
Alta conductividad térmica
Hormigón Celular
- REOLÓGICAS: Hormigones Autocompactantes



Cellular structure of Hebel AAC

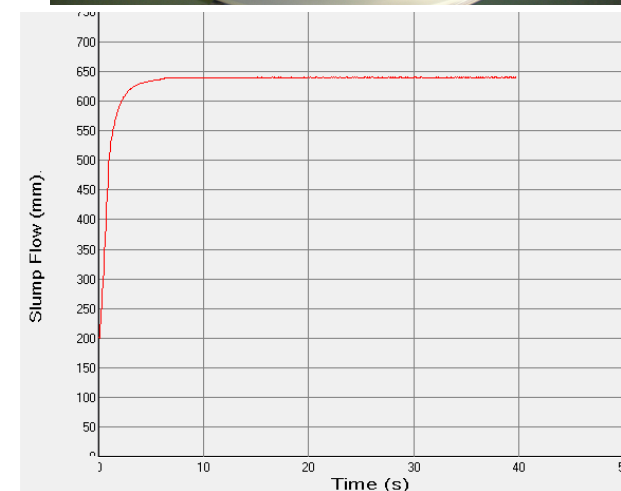
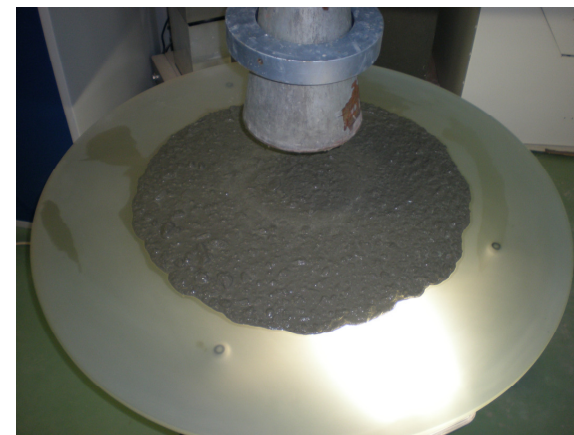
<http://www.hebel.co.nz/about/aircrete.jpg>



COMPETITIVIDAD

MATERIALES DE ALTAS PRESTACIONES

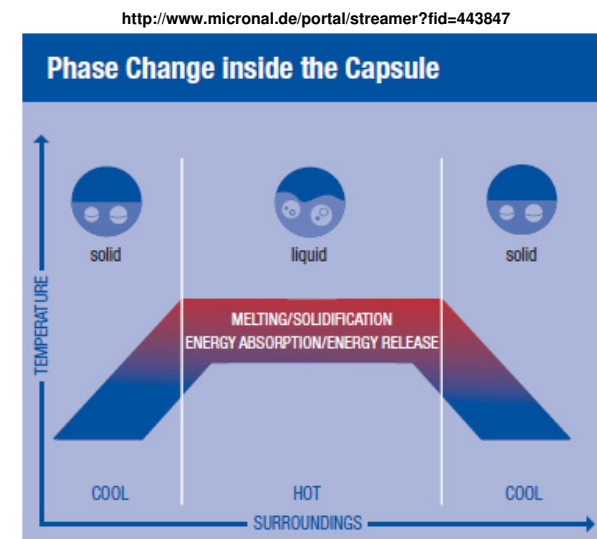
- MECÁNICAS: Hormigones de alta y Ultra-alta resistencia
Hormigones con fibras
- TERMICO-ACUSTICAS: Hormigón Aislante
Alta conductividad térmica
Hormigón Celular
- REOLÓGICAS: **Hormigones Autocompactantes**



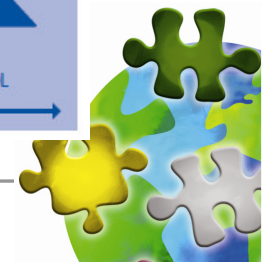
□ SOSTENIBILIDAD (COMPETITIVIDAD)

- SISTEMAS CONSTRUCCIÓN / MATERIALES DE BAJA ENERGÍA CAUTIVADA

- RECICLADO DE SUBPRODUCTOS
- OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS NATURALES
- MATERIALES QUE AHORRAN ENERGÍA - PCMs
- MATERIALES CON MENORES EMISIONES CAUTIVADAS DE CO₂
- MATERIALES CON MENOR CANTIDAD DE AGUA CAUTIVADA
- DURABILIDAD (SEGURIDAD & SALUD)
 - MATERIALES AUTORREPARANTES
 - AUTOCURADO
 - AUTOSELLADO
 - INHIBICIÓN CORROSIÓN
 -
 - MATERIALES AUTOLIMPIANTES
 - PROTECCIÓN FRENTE AL FUEGO

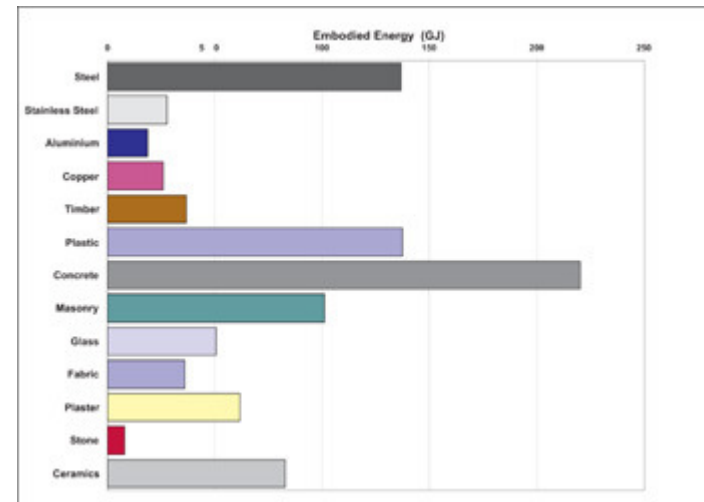
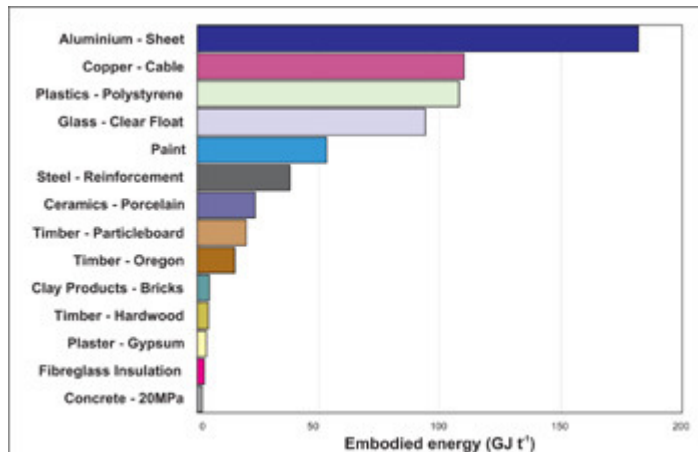


PCM MICRONAL, BASF



- EN EL HORMIGÓN, APROXIMADAMENTE EL 90% DE LA ENERGÍA CAUTIVADA PROVIENE DEL CEMENTO

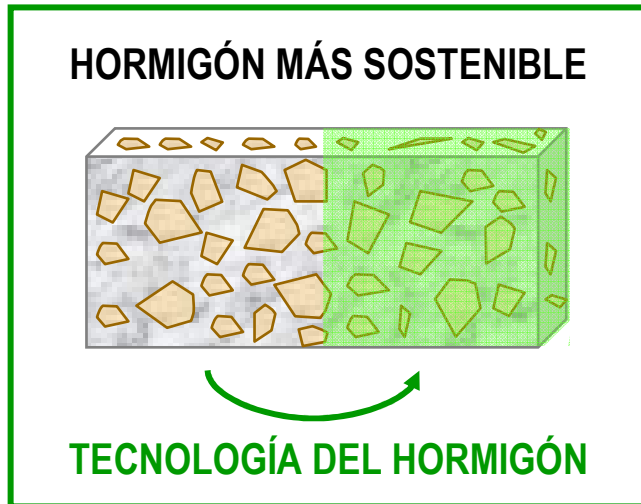
<http://www.buildinggreen.com/auth/image.cfm?imageName=images/0202/ee4cc.gif&fileName=020201b.xml>



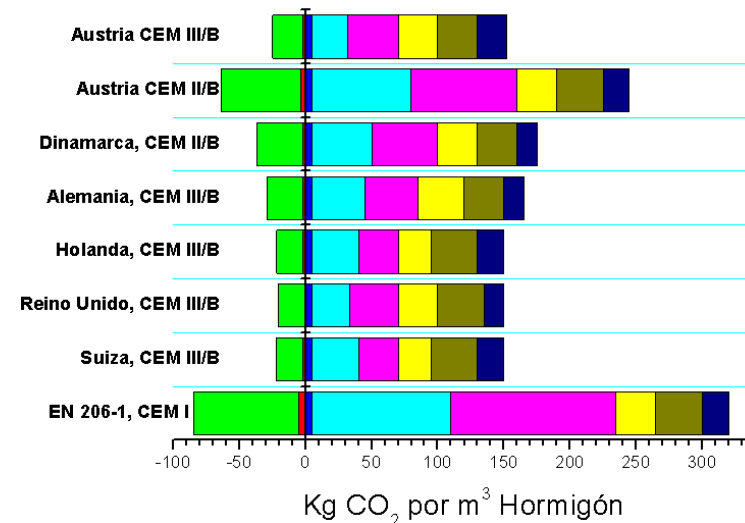
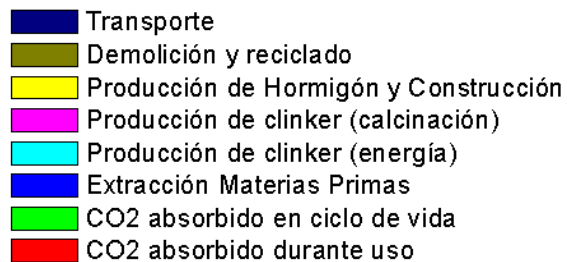
http://www.google.es/imgres?imgurl=http://www.recovery-insulation.co.uk/images/energy/image001.jpg&imgrefurl=http://www.recovery-insulation.co.uk/energy.html&usq=_n9V-aGXRCEJnylhTljske_2aVs=&h=225&w=350&sz=19&hl=es&start=30&um=1&itbs=1&tbnid=RDPKbyYJno032M:&tbnh=77&tbnw=120&prev=images%3Fq%3DCONCRETE%2BEMBODIED%2BENERGY%26start%3D18%26um%3D1%26hl%3Des%26sa%3DN%26rlz%3D1G1GGLQ_ESES347%26ndsp%3D18%26tbs%3Disch:1

- PRODUCCIÓN DE CEMENTO SE LIBERAN ~800 KG CO₂ / TN Y EQUIVALE AL 5-7% DE LAS EMISIONES DE CO₂ A NIVEL GLOBAL

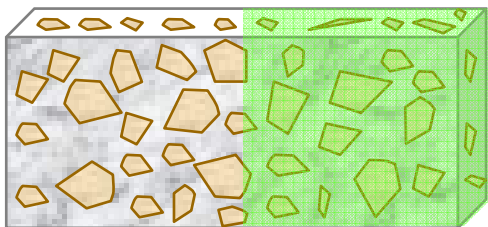




- **Utilizando cementos con adiciones**
(27 tipos en la EN 197-1)
- **Combinando cemento convencional con adiciones (CV, escoria, humo de sílice, etc) directamente en el hormigón.**
- **Empleando otros materiales hidráulicos alternativos al clinker**



HORMIGÓN MÁS SOSTENIBLE



TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN

- **Utilizando cementos con adiciones**
(27 tipos en la EN 197-1)
- **Combinando cemento convencional con adiciones (CV, escoria, humo de sílice, etc) directamente en el hormigón**
- **Empleando otros materiales hidráulicos alternativos al clinker**

Tipo Hormigón		Composición				Resistencias (N/mm ²)						
Norma	Tipo	Fck	Cons.	Tmáx.	Amb.	Tipo Cemento	Kg CEM/m ³	A/C	Cono (Cm)	R3	R7	R28
EHE	HA	30	BLANDA	20 MM	IIa	CEM II/B-M(V-LL) 42 5 R	367	0.542	8.0	20.1	24.4	34.8
EHE	HA	30	BLANDA	20 MM	IIa	CEM II/B-M(V-LL) 42 5 R	367	0.543	7.0		32.8	40.0
EHE	HA	30	BLANDA	20 MM	IIa	CEM II/B-M(V-LL) 42 5 R	367	0.542	7.0		30.7	37.8
EHE	HA	30	BLANDA	20 MM	IIa	CEM II A-V 42 5 R	419	0.408	8.0		27.6	38.9
EHE	HA	30	FLUIDA	12 MM		CEM II A-V 42 5 R	383	0.383	0.0		33.9	39.5
EHE	HA	30	BLANDA	20 MM		CEM II A-V 42 5 R	412	0.415	7.0		41.0	47.0
EHE	HA	30	BLANDA	20 MM		CEM II A-V 42 5 R	411	0.415	9.0		27.5	33.2
EHE	HA	30	BLANDA	20 MM		CEM II A-V 42 5 R	412	0.415	8.0		29.2	42.9
EHE	HA	30	BLANDA	20 MM		CEM II A-V 42 5 R	400	0.426	9.0	32.0	34.2	43.1
EHE	HA	30	BLANDA	20 MM		CEM II A-V 42 5 R	351	0.427	9.0	26.4	30.2	44.2
EHE	HA	30	BLANDA	20 MM		CEM II A-V 42 5 R	401	0.426	8.0	29.7	33.4	48.7
EHE	HA	30	BLANDA	20 MM		CEM II A-V 42 5 R	400	0.426	9.0	29.9	33.6	47.5
EHE	HA	30	BLANDA	20 MM		CEM II A-V 42 5 R	401	0.426	7.0	31.6	33.8	44.6
EHE	HA	30	BLANDA	20 MM		CEM II A-V 42 5 R	401	0.425	7.0	29.5	33.7	46.8

325-275 Kg/m³ de clinker



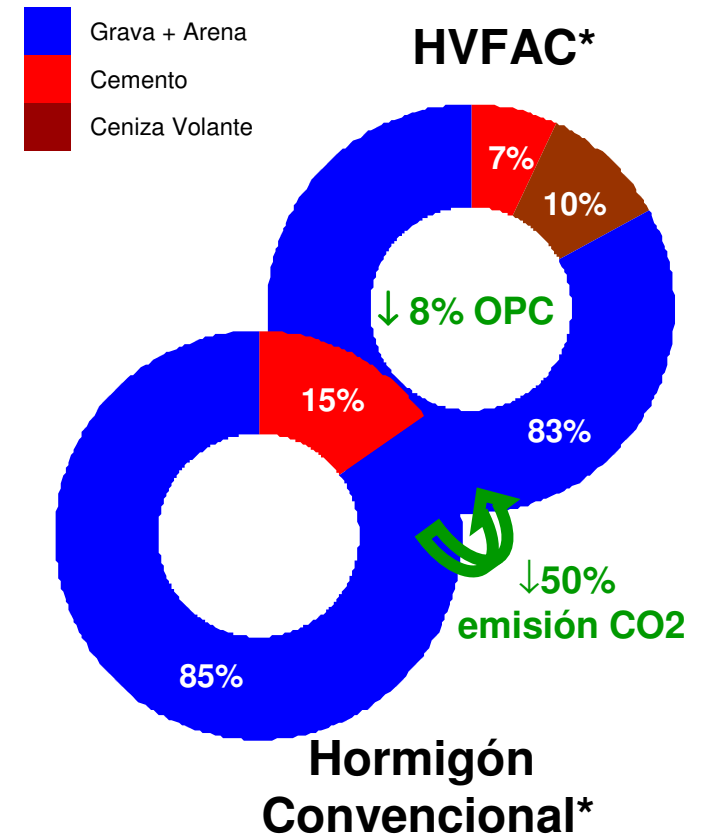
200-100 Kg/m³ de clinker



NUEVOS MATERIALES – SOSTENIBILIDAD

HVFAC – HORMIGONES CON ALTOS CONTENIDOS EN CV

	HVFAC	Hormigón Convencional
Cemento (Kg/m ³)	100-180	300-400
Ceniza Volante (Kg/m ³)	115-270	0
Agua (Kg/m ³)	115	150-200
Arena (Kg/m ³)	550-700	900-1100
Grava (Kg/m ³)	900-1100	900-1100
AEA (mL)	200-800	--
Superplastificante (L)	3.5-5	3-4
Cono (mm)	>150	>100
Agua/cementante	0.30-0.40	0.45-0.55



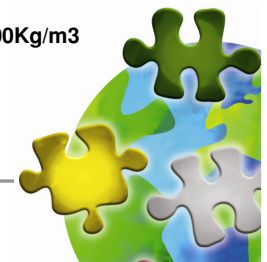
Park Lane Complex, Halifax, Canada where HVFAC was used for structural reinforced concrete columns, 1988

AIDICO

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CALIDAD
AEC

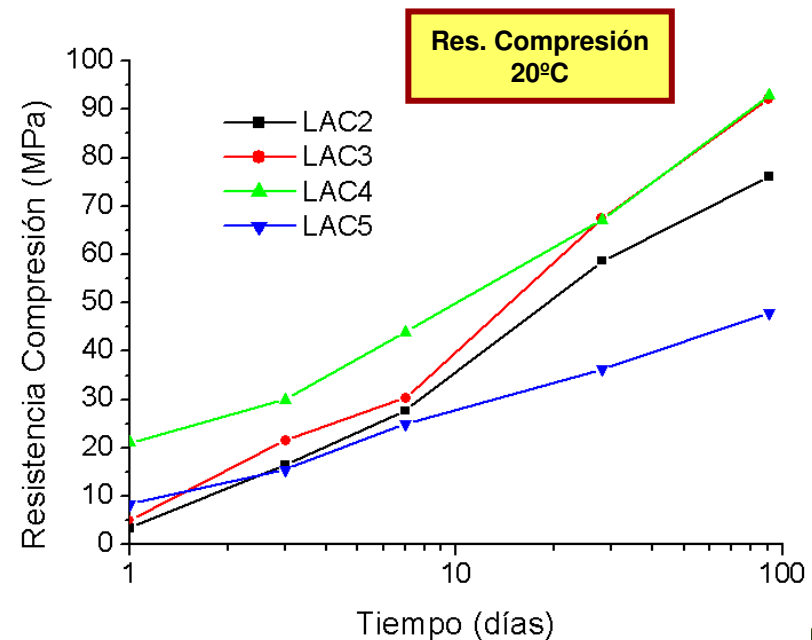
*Masa total aridos+cemento+ceniza volante de 2200Kg/m³

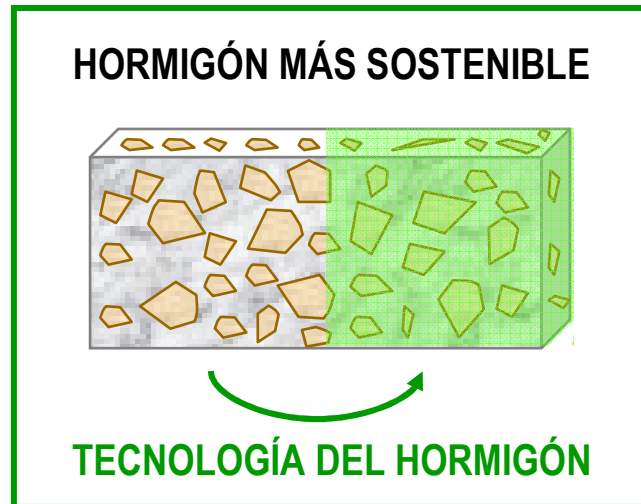
Cumbre de Gestión Sostenible 2010



HORMIGONES ELABORADOS CON CUARZO ULTRAFINO Y HUMO DE SÍLICE

CODIGO	(Kg/m ³)					a/c	a/binder	Agua/sólido	SP (Kg)	Cono (mm)
	CEMENTO	Agua	Filler	Humo de Sílice	Áridos					
LAC2	150	114	200	30	2010	0.76	0.63	0.30	5.0	230
LAC3	150	118	200	45	2010	0.79	0.61	0.30	7.8	145
LAC4	140	102	216	47	2010	0.73	0.54	0.25	8.9	260
LAC5	100	126	300	20	1855	1.26	0.95	0.30	4.2	220





- *Utilizando cementos con adiciones (27 tipos en la EN 197-1)*
- *Combinando cemento convencional con adiciones (CV, escoria, humo de sílice, etc) directamente en el hormigón*
- *Empleando otros materiales hidráulicos alternativos al clinker o clinker de otra naturaleza*

-Se necesitan nuevos materiales que en su producción emitan menos cantidades de CO₂, tales como:

Cementos Supersulfatados, basados en Escorias

Aluminosilicatos activados alcalinamente (Geopilimeros)

Nuevos clinker de bajo contenido en Ca (Belíticos, Sulfoaluminato de calcio)

Sistemas basados en MgO

...



BARRERAS HACIA LA SOSTENIBILIDAD

- ❑ EU and US standards are **Prescription** instead of **Performance** based, imposing unsustainable constituents

Is the cement content per m³ concrete relevant?

Paraphrasing B. Piscaer: “Is the steel content of a car relevant?”

Would it not be better to concentrate on the final performance of the concrete?

Nice approach: Durability indicators (on site)

EN 206-1: Equivalent concrete performance concept



- ❑ 28 days strength not according to real need, penalizing SCM's
- ❑

DURABILIDAD

- Carbonatación
- Hielo/Deshielo
- Resistencia al desconche
- Difusión de cloruros
- Resistencia frente agua del mar
- Resistencia a sulfatos
- Ataque ácido
- Reacción árido/álcali



BARRERAS HACIA LA SOSTENIBILIDAD

El concepto de **prestación equivalente del hormigón** establecido en la norma europea EN 206:1 queda **anulado en la norma UNE-EN 206:1 por la EHE**, estableciéndose el **carácter prescriptivo** de la misma.

EN 206:1 (página 25)

“5.2.5.3 Equivalent concrete performance concept”

Este concepto permite modificar los requisitos establecidos para el contenido mínimo de cemento y máxima relación agua/cemento, siempre y cuando su prestación sea equivalente a la de un hormigón control.

UNE:EN 206:1 (página 35)

“5.2.5.3 Concepto de Prestación equivalente del Hormigón”

UNE:EN 206:1 (pag.36)

De acuerdo con la EHE

NO SE CONTEMPLA, PORQUE NO CUMPLE SUS CRITERIOS

iii CARÁCTER PRESCRIPTIVO DE LA EHE iii



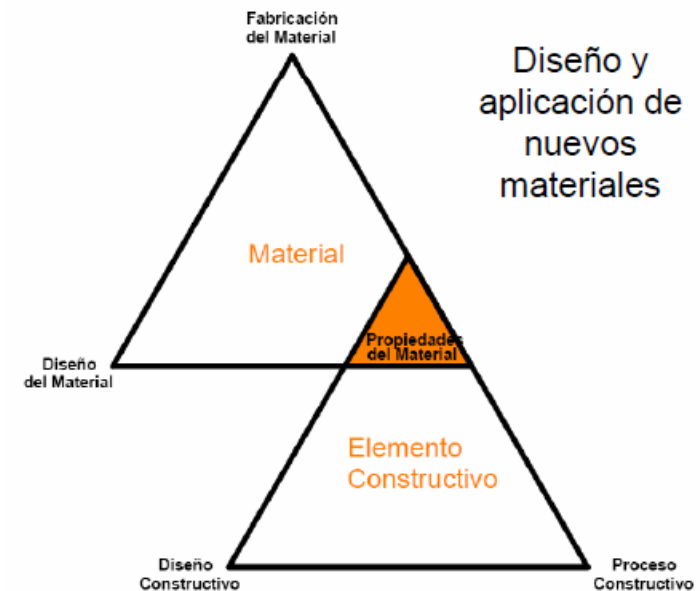
Belgian approach: NBN B15-100

- Experimental verification of the performance of new binder systems in comparison with reference concrete with known properties.
- NBN B15-100 is not questioning the rules given in EN 206-1, but only provides a framework to check the equivalent performance for a specific mix in a well-defined application environment.



❑ *La necesidad de desarrollar **MATERIALES MÁS SOSTENIBLES** pone de manifiesto la importancia de permitir que las especificaciones establecidas sean funcionales, en base a sus propiedades mecánicas y durables.*

De esta forma, se favorecerá la innovación en productos y métodos de construcción.



AIDICO - Construction Technology Institute
Avda. Benjamin Franklin, 17
Parque Tecnológico de Valencia
46980 PATERNA (Valencia)
SPAIN

Phone: +34 96 131 82 78

Fax: +34 96 131 80 33

Web: www.aidico.es



Cumbre de Gestión Sostenible 2010

