

CÁTEDRA CEMEX-SOSTENIBILIDAD

Materiales y tecnologías constructivas no convencionales: uso en países en vías de desarrollo

José María Monzó Balbuena
Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón
Universitat Politècnica de València (España)



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



Valencia , 10 de mayo de 2012.
Sala de Grados ETSII

Objetivos del desarrollo del milenio

1	Erradicar la pobreza extrema y el hambre
2	Alcanzar la educación primaria universal
3	Promover la igualdad de género y dar poder de decisión a las mujeres
4	Reducir la mortalidad infantil
5	Mejorar la salud materna
6	Combatir el VIH/sida, la malaria y otras enfermedades
7	Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente
8	Desarrollar una asociación internacional para el desarrollo



Objetivos del desarrollo del milenio

Objetivo 7

Garantizar la sostenibilidad del medioambiente

Meta 11

“para el año 2020 haber mejorado sustancialmente la vida de por lo menos 100 millones de habitantes de asentamientos precarios”



Objetivos del desarrollo del milenio

Los asentamientos precarios no pueden ser considerados como una consecuencia desafortunada de la pobreza urbana, deben ser tratados como un problema de primer orden.

2000 millones de personas viven actualmente en regiones urbanas del mundo en vías de desarrollo.

La mayoría de estos nuevos habitantes urbanos probablemente será pobre dando lugar a la “**urbanización de la pobreza**”

Un tercio de la población urbana del mundo vive en asentamientos precarios. En los países menos adelantados más del 70%

Objetivos del desarrollo del milenio

Un **asentamiento precario** es aquél que se caracteriza por tener **vivienda y servicios básicos inadecuados**

La mejora de los asentamientos precarios se basa en cinco dimensiones fundamentales

1. Acceso al agua potable
2. Acceso al saneamiento público
3. Tenencia segura
4. **Durabilidad de la vivienda**
5. Área suficiente para vivir

Objetivos del desarrollo del milenio

Durabilidad de la vivienda

Un vivienda se considera durable cuando se emplean materiales de construcción de calidad y éstos se utilizan adecuadamente.

La durabilidad no está relacionada con la modernidad del material, podemos tener materiales modernos poco durables y materiales tradicionales durables

La durabilidad de los materiales de construcción depende en gran medida de las condiciones del lugar así como de una capacitación adecuada de los constructores en el manejo y mantenimiento de los mismos

Introducción

La promoción del sector de los materiales por parte del programa Habitat de NNUU ha sido una constante, que se inició en la Conferencia sobre asentamientos humanos celebrada en Vancouver en 1976.

El motivo de esta preocupación por el sector de los materiales de construcción es doble:

- A. Son parte fundamental en la construcción de infraestructuras esenciales (viviendas, escuelas, fábricas, aeropuertos, carreteras.....). En viviendas sociales pueden suponer hasta el 100% del coste total
- B. Por otra parte son causantes de problemas de durabilidad, costes elevados, mantenimientos inadecuados, abandono de proyectos constructivos, etc.

Introducción

En las viviendas de bajo coste, los materiales de construcción pueden suponer en algunos casos hasta el **100% del coste total** de la vivienda en proyectos de autoconstrucción

Elevado coste y suministro insuficiente

Dependencia de la importación

Precio elevado para los segmentos de la población con escasos recursos



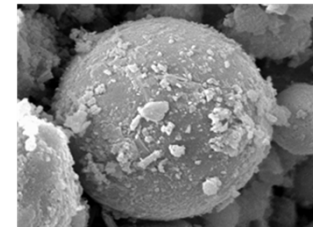
Optimización del contenido de cemento en morteros y concretos mediante adiciones

Abaratamiento del coste económico y ecológico, y mejora de las propiedades

Introducción

Clasificación de los tipos de materiales:

- **Materiales convencionales:** Ladrillos, hormigón, acero, vidrio... Son producidos a nivel doméstico a partir de materiales importados o bien importados como productos acabados. En muchas ocasiones se utilizan sin ser apropiados para el uso elegido. Son materiales “populares”. Coste elevado.
- **Materiales tradicionales:** tierra, piedra, bambú y paja. Producidos a pequeña escala y con tecnologías rudimentarias. En ocasiones presentan bajas prestaciones. Son materiales “impopulares”
- **Materiales innovadores:** bloques de tierra estabilizada, puzolanas, etc. Mejora de los materiales tradicionales mediante investigación y desarrollo. **Producción a nivel de laboratorio o a pequeña escala.** Bajo impacto en el mercado de la construcción



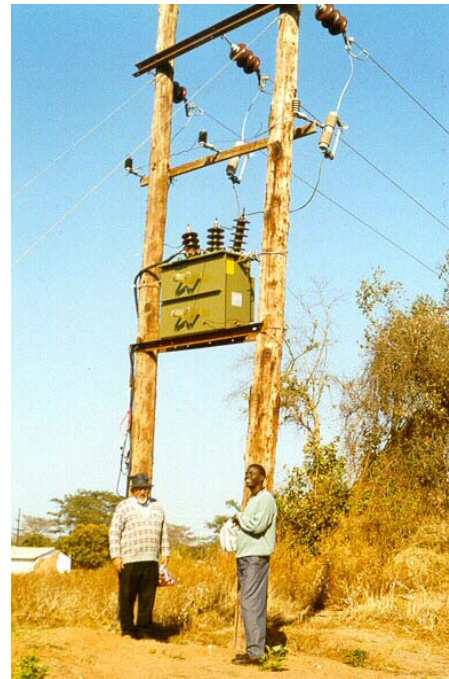
Construcción y desarrollo

- ✓ La construcción es una actividad transversal presente en muchos proyectos de cooperación al desarrollo.
- ✓ Con frecuencia no se le presta la atención necesaria

Proyectos

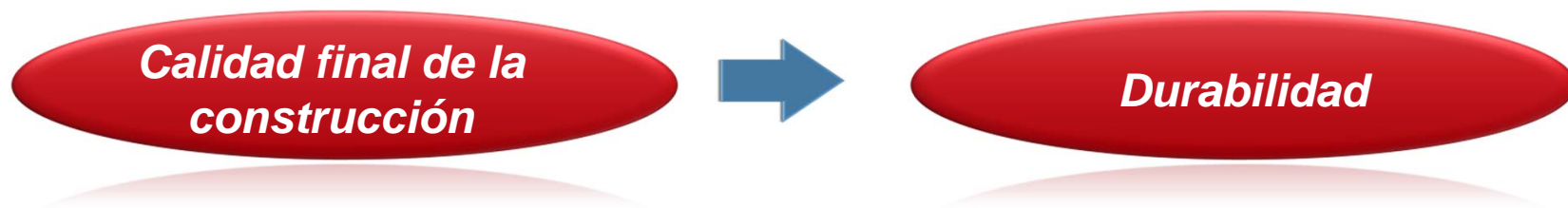


- Aguas y saneamiento
- Escolarización
- Sanidad pública
- Viviendas
- Comunicaciones
- Etc.



Construcción y desarrollo

- ✓ La mayoría de los gestores de proyectos de cooperación al desarrollo necesitan, a lo largo de su carrera profesional, supervisar un proyecto constructivo



“PROYECTO, PROCESO CONSTRUCTIVO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN”

Construcción y desarrollo

La construcción está íntimamente ligada al desarrollo, es una herramienta cuando su objetivo es atender las demandas de los beneficiarios.



CONSTRUCCIÓN



MEDIO



DESARROLLO

- El objetivo de toda construcción es una funcionalidad, y no la construcción en si misma.
- La selección de **materiales y tecnologías apropiadas** y la **participación de los beneficiarios** durante la construcción pueden ser factores clave en la **durabilidad** y **sostenibilidad** de la infraestructura

Construcción y desarrollo

Materiales o tecnologías de construcción apropiadas

- ¿Es posible realizar reparaciones y cambios con los medios locales?
- ¿El material es socialmente aceptable? ¿Es considerado de baja categoría u ofende alguna creencia religiosa?
- ¿Es compatible con los materiales y las construcciones de edificaciones cercanas?

1. Una vivienda no puede ser construida sin contar con los conocimientos fundamentales de construcción y de los materiales
2. Los materiales y tecnologías de construcción apropiadas son considerados demasiado simples y se cree que pueden ser manejados por personas sin especialización ni entrenamiento
3. Algunos resultados deficientes han generalizado la creencia de que las tecnologías apropiadas son tecnologías inferiores
4. Los materiales de construcción que son producidos con tecnologías apropiadas tienen que ser preparados y utilizados con el mismo conocimiento y cuidado que un producto de alta tecnología

Construcción y desarrollo

- Acceso a un vivienda digna. Más de 1000 Millones de personas, de un total de 6100 Millones, viven en chabolas (UNHABITAT, 2003).
- El acceso a una vivienda digna implica, de forma directa, una mejora de la salud, de la productividad del trabajo y del rendimiento escolar.

La industria de la construcción, además de proveer las bases para el desarrollo de otros campos, representa también uno de los mayores sectores de la economía por sí misma

PIB



Infraestructuras

Materiales de construcción prefabricados

Los elementos prefabricados son aquellos que han sido elaborados en serie para facilitar el montaje o construcción en el lugar de destino.

- Adobe
- Bloques de tierra prensados
- Ladrillos de hormigón
- Tejas de microhormigón
- Piezas de ferrocemento
- ...

La elección de los materiales de construcción para elaborar elementos prefabricados se basará en los mismos puntos definidos anteriormente y además se tendrá en cuenta la capacidad de los beneficiarios

Materiales de construcción prefabricados

La elección del material de construcción debe realizarse según los siguientes puntos:

- Utilizar los recursos naturales existentes en la zona por la población local
- Comprar materiales que se produzcan localmente: se reduce el coste de transporte, se crea riqueza en la zona.
- Utilizar materiales durables para reducir los costes de mantenimiento y los residuos.
- Elegir materiales de bajo coste de mantenimiento: que necesiten poca pintura, tratamientos, etc.
- Elegir los materiales que su mantenimiento produzca poco impacto medioambiental.
- Elegir materiales de bajo coste energético: que su producción no requiera demasiada energía.
- Utilizar materiales reciclados cuando sea posible: de esta manera se reducen los problemas de residuo sólidos (cenizas volantes).
- Evitar los materiales contaminantes

Adobe

- Es uno de los materiales de construcción más antiguos todavía en uso
- De bajo coste y fácil accesibilidad
- Puede ser elaborado por las comunidades locales
- Sus estructuras son, generalmente autoconstruidas, ya que la técnica constructiva tradicional es sencilla y no requiere consumo adicional de energía



Adobe



Adobe: Huanca Pucllana



Adobe: Pachacamac



Adobe: Chan Chan



Bloques de tierra prensados

- **Son ladrillos de tierra cruda** con bajo contenido en agua, prensados de forma mecánica para obtener formas regulares y mayor resistencia.

Composición



- 30 % arcilla
- 6 % agua
- Evitar la paja, raíces, ramas, etc.

- **Diferencias con el adobe:**
 - El bloque de tierra prensada utiliza menos cantidad de agua y la unión entre la arcilla y la arena se realiza por compresión. En el adobe es necesario en tiempo de curado del material.
 - La resistencia a compresión de los bloques de tierra prensada se debe al proceso de prensado y no a las características de la tierra.
 - El bloque de tierra prensada se puede utilizar inmediatamente después de fabricado.
- **Bloques estabilizados.** Incorpora cemento, necesitando un poco más de agua para la hidratación de éste. Mejora la resistencia mecánica.

Bloques de tierra prensados



Bloques de tierra prensados



Ladrillos cerámicos

- **Se obtienen** mediante transformaciones físico-químicas de la arcilla mediante el calor (**necesita cocción**), con un moldeado previo de la pasta arcillosa.
- Es uno de los **materiales más antiguos** que se utilizan tanto en países en vías de desarrollo como en países desarrollados.
 - Construcción de muros
 - Adoquines para pavimentación (tráfico no pesado)
- **Propiedades**
 - Físicas: Ligereza, porosidad, buen aislamiento térmico pero no acústico
 - Mecánicas : Buena resistencia a compresión y tracción
Buena adherencia a los morteros
 - Químicas Inalterabilidad a los agentes atmosféricos
Durabilidad

Ladrillos cerámicos



Ladrillos cerámicos



Ladrillos cerámicos



Ladrillos cerámicos



Ladrillos cerámicos



Ladrillos de hormigón

Ventajas

- Elevada durabilidad
- Bajo coste de mantenimiento
- Baja inversión en su fabricación (**no necesita cocción**)

Propiedades

- Coste comparable a otros materiales de albañilería
- Utilización de recursos naturales y residuos (áridos, puzolanas,.....)
- Utilización como elementos estructurales
- Descentralización de la producción
- Oportunidades de negocio. Creación de microempresas

Ladrillos de hormigón



Ladrillos de hormigón



Ladrillos de hormigón



Ladrillos de cenizas volantes

Producción

India y Pakistán: centrales térmicas de carbón
Producción de gran cantidad de cenizas volantes:
contaminación

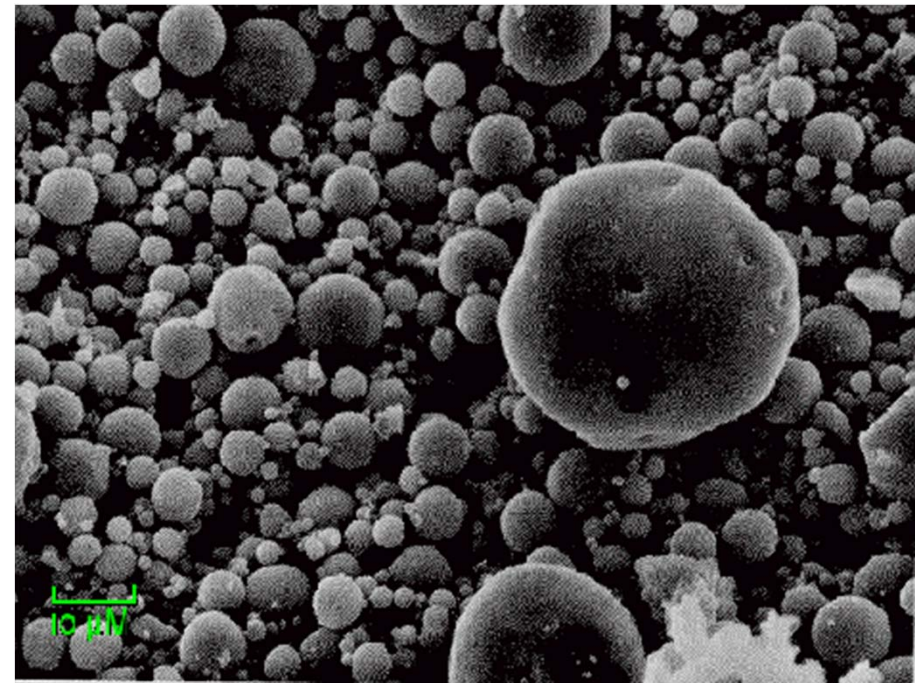
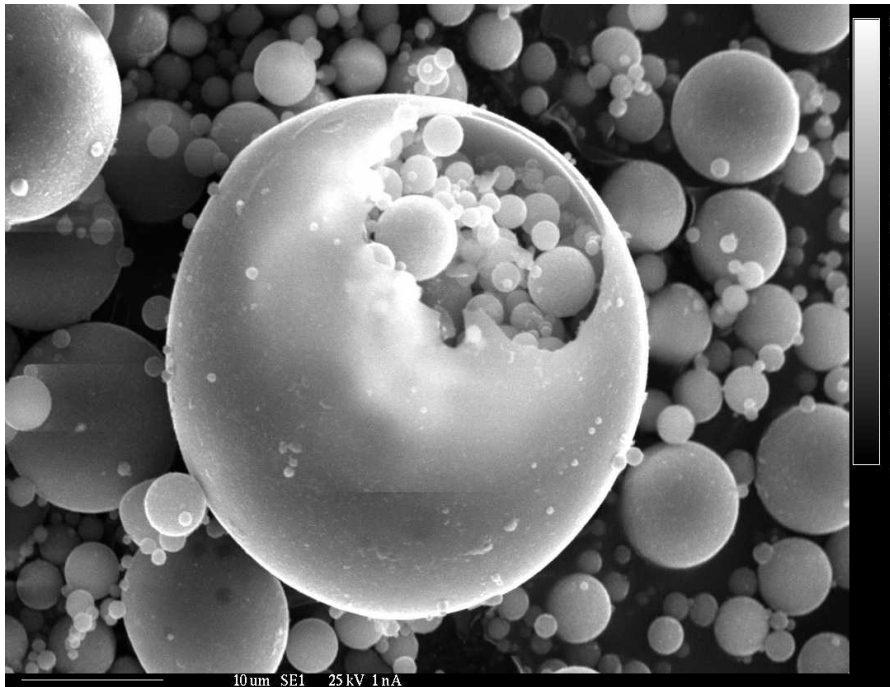
Efectos positivos del uso de cenizas volantes en los materiales de construcción

<ul style="list-style-type: none">• Reducción del contenido de cemento para reducir el coste• Reducción del calor de hidratación• Mejorar la trabajabilidad del hormigón fresco	<ul style="list-style-type: none">• Conseguir resistencias elevadas a largo plazo• Reducción de la permeabilidad y por lo tanto aumentamos la durabilidad, imprescindible para un desarrollo económico y sostenible
---	--

- Imprescindible control de calidad de las cenizas volantes
- Fabricación similar a los ladrillos de hormigón
- Mezclado del cemento, ceniza volante, árido y agua (baja cantidad) y compactación manual o mecánica

Ladrillos de cenizas volantes

Cenizas volantes (micrografias SEM)



Piezas de ferrocemento

- Lo dio a conocer Pier Luigi Nervi en la década de los 40.
- Las estructuras de ferrocemento constan de una capa de malla electrosoldada, tejida con una o varias capas de tela de gallinero recubierta por una fina capa de mortero.
- Las ventajas del ferrocemento se pueden resumir en:
 - Bajo coste
 - Obtención de piezas y módulos ligeros fáciles de transportar y factibles de prefabricar
 - Permite la utilización de mano de obra no especializada, aunque requiere una formación básica previa.
 - Presenta una elevada resistencia a tracción y una respuesta estructural buena frente a sismos.
- La resistencia excepcional del ferrocemento se debe a que su armadura está compuesta por varias capas de mallas de acero de poco espesor superpuestas y ligeramente desplazadas entre sí.
- La presencia de las mallas metálicas, no modifica la resistencia a compresión del mortero que forma la matriz.

Piezas de ferrocemento

Cúpula



Piezas de ferrocemento

Cúpula

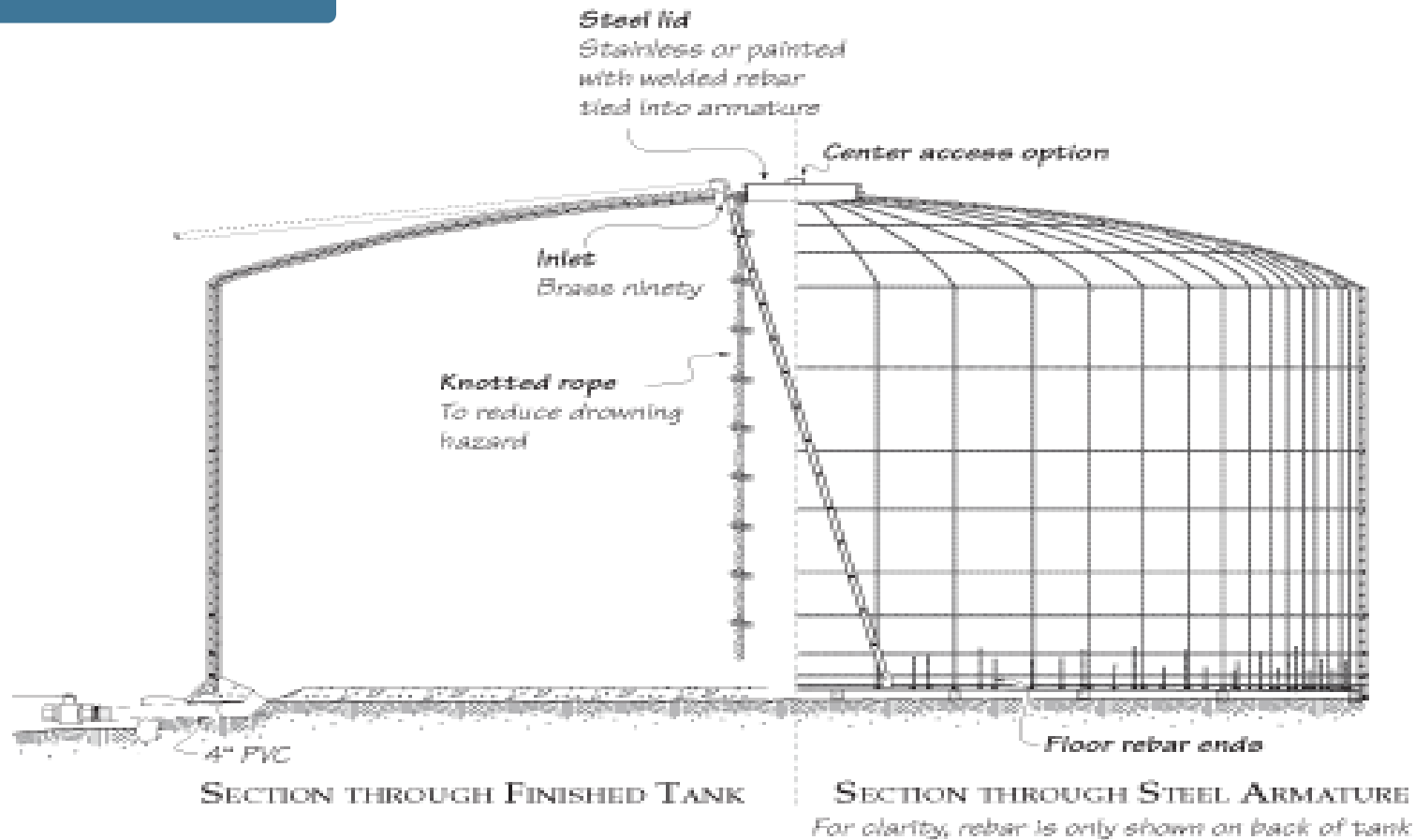


Piezas de ferrocemento

Tanque de agua

FIGURE 40: HEAVY-DUTY FERROCEMENT TANK (SECTION)

Scale 1"=5' (1:60)



Tejas de microconcreto



Proyectos de Investigación

IDRC  CRDI

The International Development Research Centre

Algunas instituciones como el **Centro de Investigaciones en Desarrollo Internacional de Canadá (IDRC)**, en la década de los 80 desarrolló varios proyectos que tenían como objetivo el uso de puzolanas en la construcción de viviendas para los sectores con menores ingresos.

País	Año	Evento
Argentina	1985	Uso de escorias de alto horno en prefabricados
Guatemala	1985	Reducción de los costes con puzolanas
Bolivia	1987	Desarrollo de cementos cal-puzolana
Ghana	1988	Mejora de la habitabilidad y durabilidad de viviendas
Uganda	1988	Utilización de puzolanas en la construcción de viviendas sociales con participación comunitaria

Proyectos de Investigación

Algunas instituciones como la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), el Gobierno Autonómico de la Comunidad Valenciana en España y el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) han apoyado proyectos cuyo objetivo es el uso de puzolanas en la construcción de viviendas para los sectores con menores recursos

- *“Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo coste” A/8379/07 y A/016163/08. Cuantía 43.000 euros*
- *“Utilización de la ceniza de cáscara de arroz en la elaboración de materiales de construcción no convencionales para la construcción de viviendas de bajo coste económico y ecológico: asesoramiento y capacitación a microempresarios” AP/035235/11. Cuantía 13.702 euros*



Proyectos de Investigación

“Utilización de la ceniza de cáscara de arroz en la elaboración de materiales de construcción no convencionales para la construcción de viviendas de bajo coste económico y ecológico: asesoramiento y capacitación a microempresarios” AP/035235/11.

Objetivo general: *mejorar la gestión ambiental de un residuo producido en grandes volúmenes, como la cáscara de arroz, mediante una combustión previa, utilizando la ceniza de cáscara de arroz (CCA) obtenida en la elaboración de materiales de construcción no convencionales para uso en viviendas sociales, involucrando a microempresarios del sector de la construcción mediante asesoramiento y capacitación*

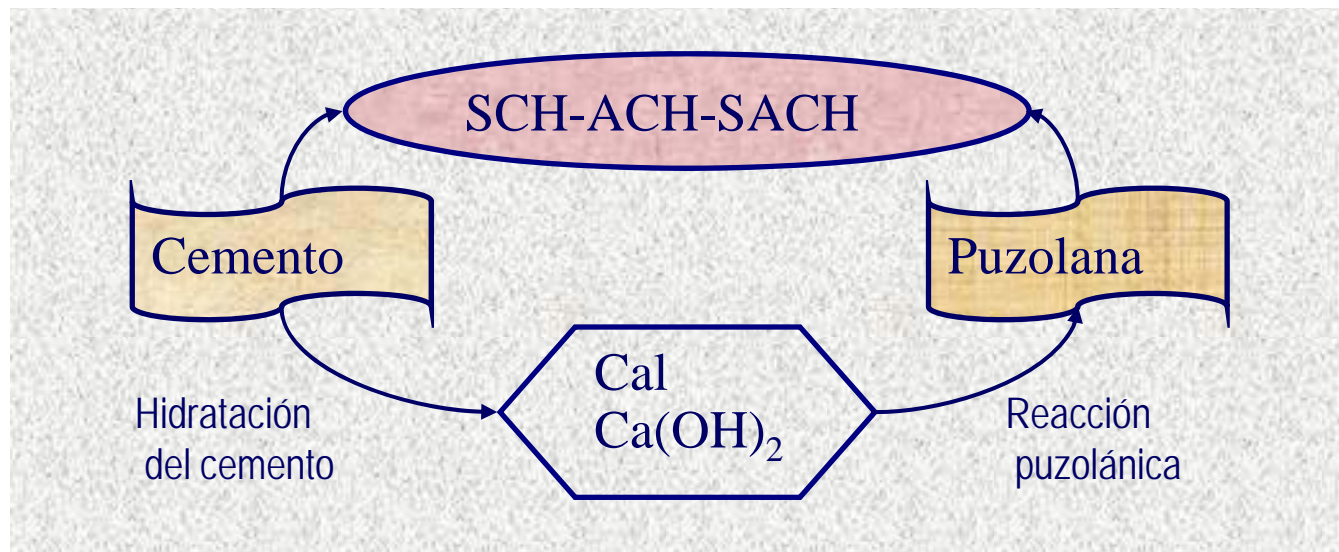
Estudio de viabilidad para solicitar una Acción integrada de Fortalecimiento Científico e Institucional de tipo A-1

Objetivo general: *fortalecer a la contraparte de la UNI para asumir el asesoramiento científico y tecnológico a microempresarios del sector de la construcción ubicados en las zonas productoras de arroz*

¿Porqué la CCA tiene interés para la construcción?

¿Qué son las puzolanas?

Son materiales inorgánicos (silíceos o silicoaluminosos), ya sean naturales o artificiales, los cuales endurecen en agua al ser mezclados con hidróxido cálcico o con materiales que puedan liberarlo, tales como el cemento Pórtland.



Reactividad de las puzolanas

➤ **Composición química ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) y mineralógica (compuestos vítreos).**

- Elevados contenidos de compuestos vítreos junto con pequeñas cantidades de compuestos cristalinos inertes
- Cantidades intermedias de compuestos vítreos junto con una cantidad significativa de compuestos cristalinos de tipo zeolítico u opalino.

➤ **Granulometría**

- Por regla general se necesita de la molienda para aumentar la reactividad
- Los depósitos de la puzolanas naturales son bastante heterogéneos
- La decisión de moler debe tomarse teniendo en cuenta la normativa vigente y la relación coste-beneficio del proceso de molienda

➤ **Superficie específica**

- Depende de la porosidad interna de las partículas de puzolana
- Está directamente relacionada con la velocidad de la reacción puzolánica

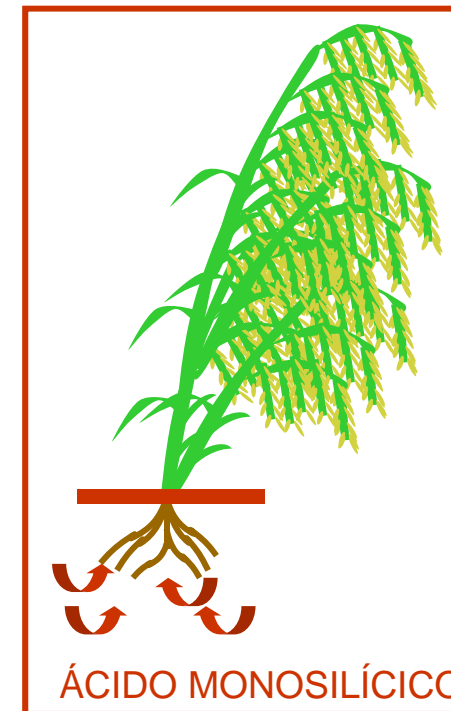
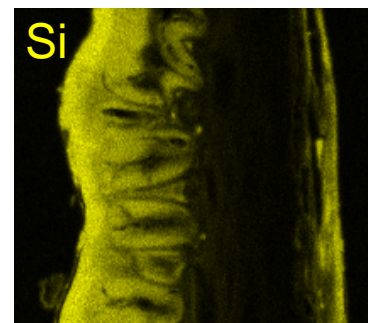
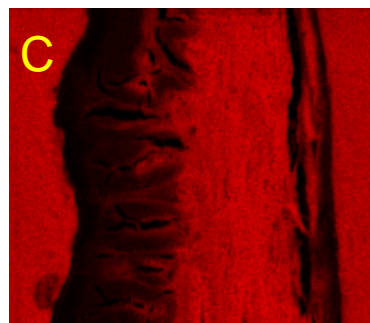
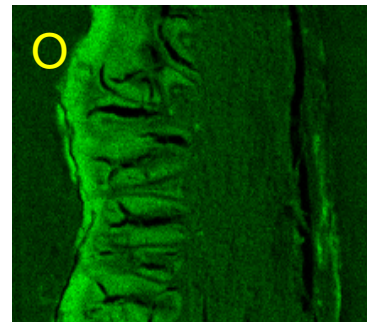
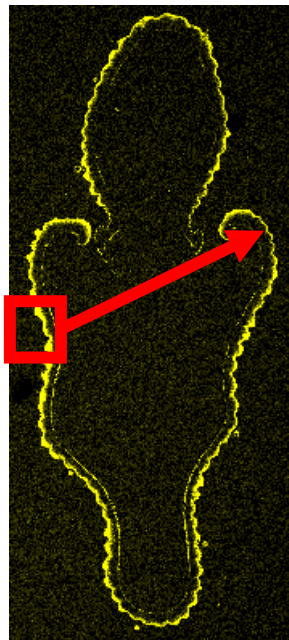
➤ **Temperatura de curado.**

- Cuando aumenta la temperatura aumenta la reactividad

Comp. química de la cáscara de arroz

La sílice opalina se concentra en la epidermis externa y en el esclerénquima, aunque también existe en la epidermis interna. Esta sílice es tomada por la planta como ácido monosilícico, donde se concentra por evaporación y polimeriza formando una membrana celulósica-silíceo

BSE



Cáscara de arroz



Combustión

Ceniza de cáscara de arroz (CCA): Residuo obtenido de la combustión de la cáscara de arroz, que incinerado bajo condiciones controladas y molido finamente, representa un material de alta reactividad puzolánica por su alto contenido en sílice (>90%) y su estructura celular de gran área superficial (> 50m²/g).



Combustión



Combustión



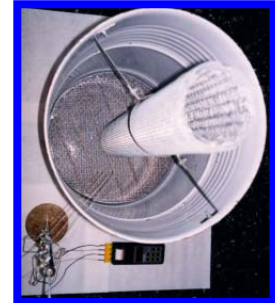
Combustión



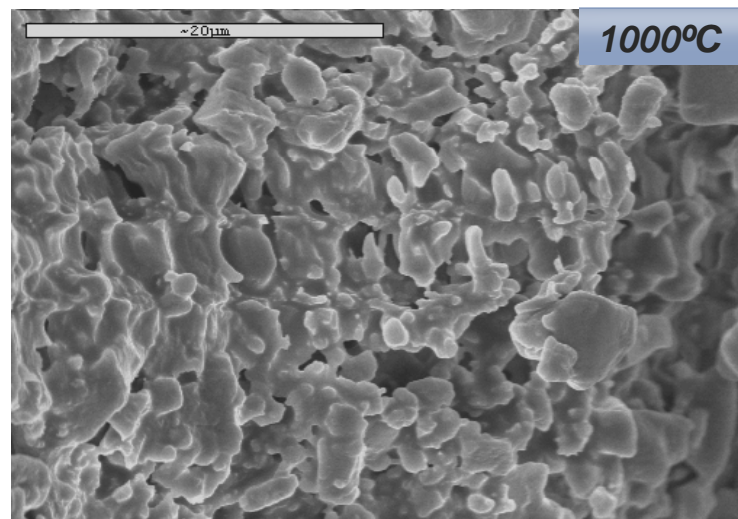
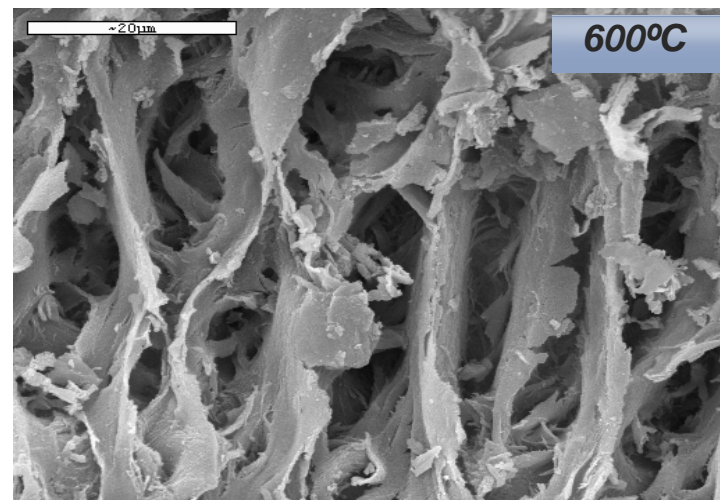
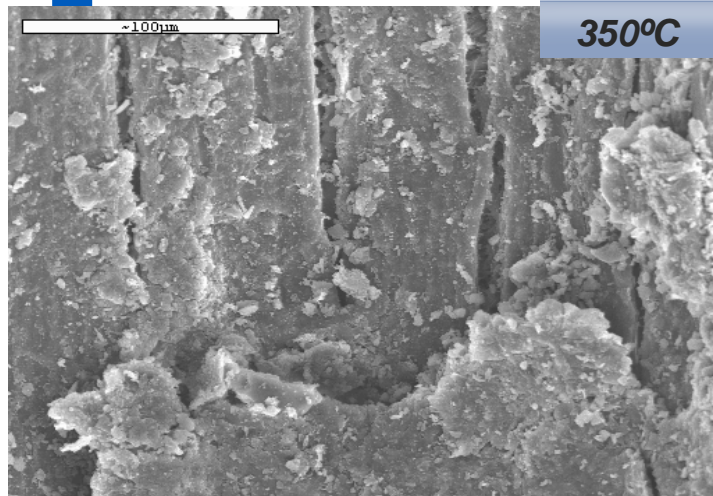
Combustión



Combustión

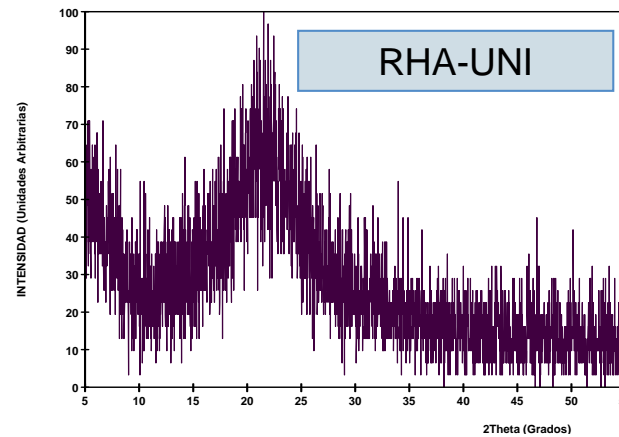
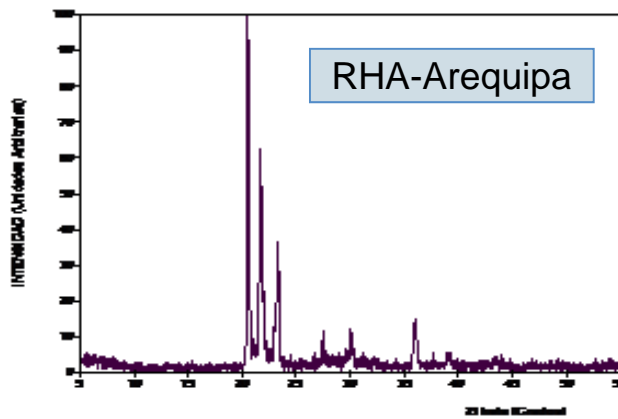
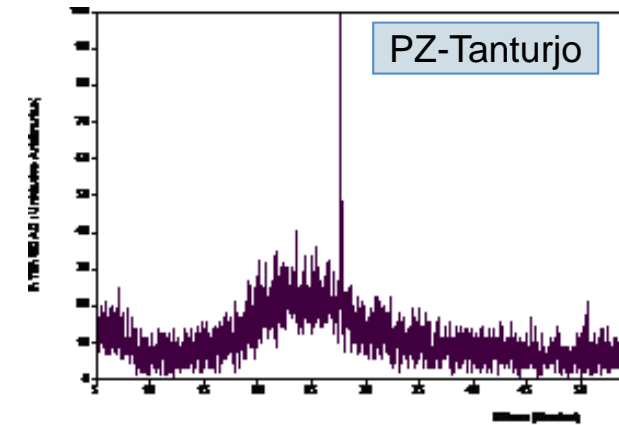
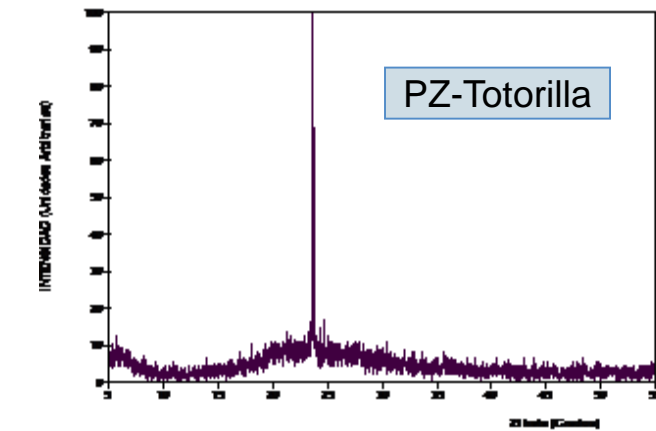


Combustión

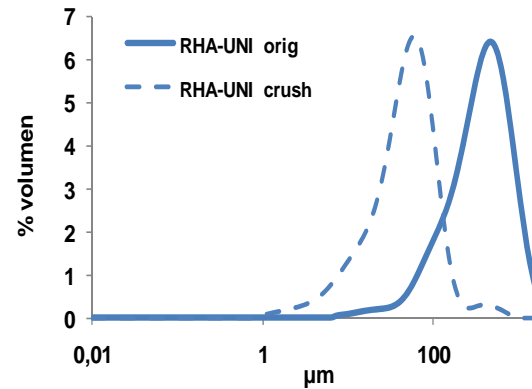
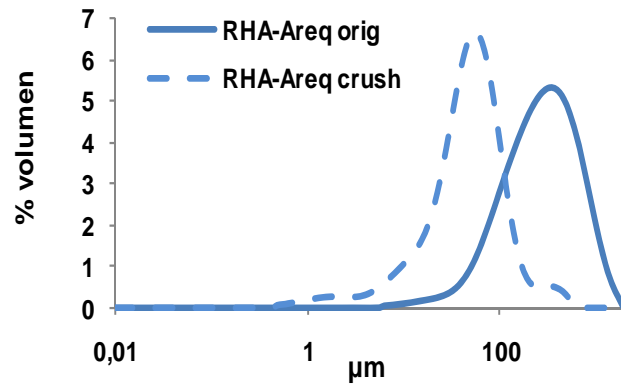
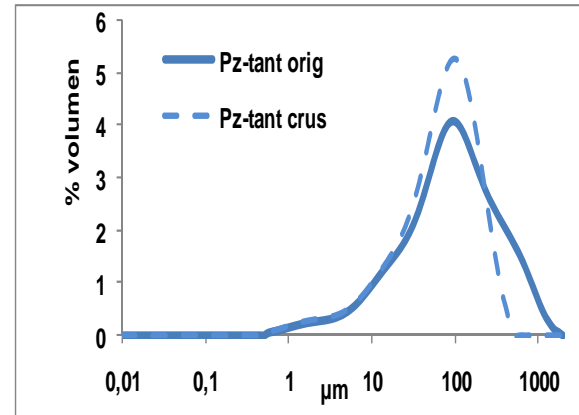
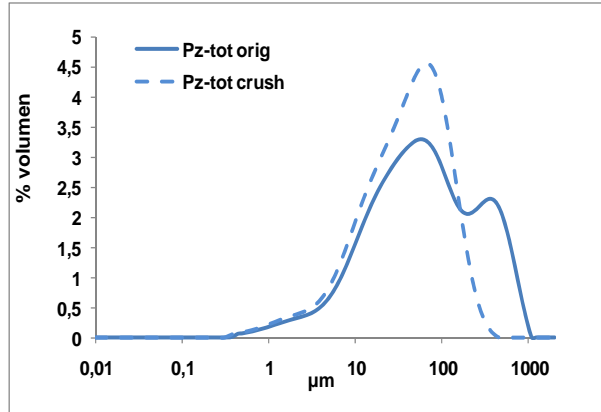


Composición mineralógica

DRX de las muestras de puzolanas



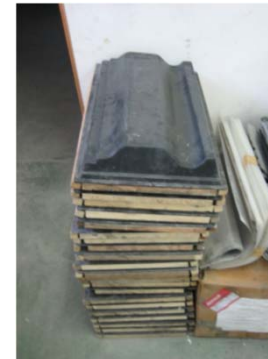
Molienda



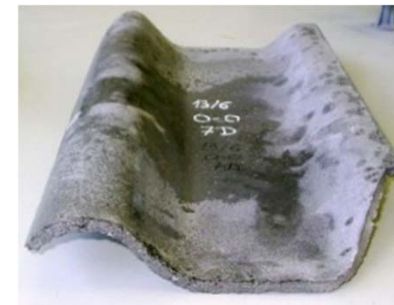
Muestra	D_M (μm)
PZ-Tot orig	146.35
PZ-Tot crush	62.27
PZ-Tant orig	186.10
PZ-Tant crush	100.10
RHA-Areq orig	397.64
RHA-Areq crush	70.86
RHA-UNI orig	484.42
RHA-UNI crush	70.0

- El procedimiento de molienda es útil en todos los casos y depende de la dureza
- Se observa una reducción significativa del diámetro medio con el proceso de molienda

Conformado de las tejas

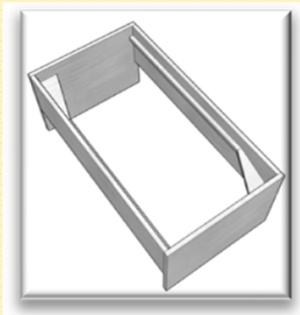


- Dimensión efectiva mm 400 x 200
- Espesor mm 10
- Dimensiones en mm 500 x 250
- Altura de onda mm 40



Ensayo de las tejas

Ensayo de impermeabilidad



Ensayo de flexión



Ensayo de impacto



Conclusiones

- El sector de los materiales y tecnologías constructivas no convencionales es **fundamental para alcanzar mayores cotas de desarrollo**
- Hay que general un clima de **confianza en el uso de los materiales innovadores** a gran escala, para ello es necesario un soporte científico y tecnológico que se debe ofrecer desde las Universidades y Centros de Investigación del Perú
- Siendo el cemento portland un material insustituible hoy en día, este debe ser utilizado en condiciones óptimas para usos que requieran de elevadas prestaciones
- Los materiales puzolánicos en general y la ceniza de cáscara de arroz en particular, cuando presentan una calidad adecuada, son materiales que han demostrado un buen comportamiento en morteros y concretos de cemento portland

Conclusiones

- Debe realizarse un esfuerzo en incrementar el uso de los materiales y tecnologías constructivas no convencionales cuando sea posible para ello se recomienda:
 - Promoción internacional a través de organizaciones de reconocido prestigio
 - Adaptación de la normativa a las distintas tipologías constructivas y desarrollo de programas de capacitación
 - Introducción del uso de estos materiales y tecnologías en los proyectos gubernamentales de construcción de viviendas sociales
 - Control de calidad estricto de los materiales de construcción innovadores
 - Incorporación del estudio de estos materiales y tecnologías constructivas no convencionales al curriculum académico de centros de formación profesional y universidades
 - Promover congresos y redes internacionales de investigación
 - Considerar los materiales y tecnologías constructivas no convencionales como línea prioritaria de investigación, tanto en los países en vías de desarrollo como en los países desarrollados

Taller: Valencia 24-26 de marzo de 2009



TALLER SOBRE MATERIALES Y TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS NO CONVENCIONALES UTILIZADAS EN PAÍSES IBEROAMERICANOS

Patrocinan



Organizan



INSTITUTO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES

Colaboran



ReCI

Fundación para la Recomposición de la Ciudad Informal

Taller: Valencia 24-26 de marzo de 2009



Taller: Valencia 24-26 de marzo de 2009



Taller: Valencia 24-26 de marzo de 2009



Taller: Valencia 24-26 de marzo de 2009



Curso: Lima 16 y 17 de abril de 2012

**TECNOLOGÍA Y VIVIENDA: CONCRETO,
MORTERO Y RESIDUOS AGROINDUSTRIALES**



Curso: Lima 16 y 17 de abril de 2012



Curso: Lima 16 y 17 de abril de 2012



Conclusión final

- Muchas tecnologías son instrumentos para el desarrollo humano que permiten a las personas elevar sus ingresos, vivir con mejor salud y disfrutar de una vida digna.
- La tecnología es como la educación: permite a las personas salir de pobreza

Informe de Desarrollo Humano, 2001

Agradecimientos

CÁTEDRA CEMEX-SOSTENIBILIDAD



Instituto de
Tecnología
Química



MINISTERIO
DE ASUNTOS EXTERIORES
Y DE COOPERACIÓN

