

DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO EN LAS CONSTRUCCIONES CUBANAS: ESPECIALIZACIÓN, INDUSTRIALIZACIÓN Y APLICACIONES EN TIEMPOS DE REVOLUCIÓN

Enrique de Jongh Caula y Regino Antonio Gayoso Blanco

Resumen

Se exponen los principales logros científicos y tecnológicos alcanzados en Cuba en materia de construcción. Para dar respuesta a los acuciantes problemas que encontró la revolución en 1959 era necesario organizar el tema de las construcciones tomando en cuenta los siguientes aspectos principales: fomento de la ciencia y la tecnología, planificación territorial, urbana y rural, el desarrollo de programas sociales como el de las viviendas, programas nacionales de redes férreas, redes hidráulicas y viales, y para las construcciones industriales y agropecuarias. A la par debían formarse los recursos humanos especializados que garantizaran esos procesos constructivos. Se presenta cómo fue el desarrollo y la evolución organizativa de la base experimental de plantas y laboratorios y de la industrialización de las construcciones y de los materiales de la construcción. Se presentan ejemplos concretos de los avances logrados en, las construcciones cubanas en Cuba y en la consolidación de un fuerte potencial científico; de la voluntad política mostrada y de las aplicaciones de los resultados científicos y tecnológicos, desde la experimentación y el escalado hasta su introducción exitosa a escala nacional.

Palabras clave: Materiales de la construcción, prefabricados, procesos experimentales, pruebas y ensayos, efectos económicos.

Abstract

The main scientific and technological achievements made in Cuba in construction matters are described. To address the pressing problems the revolution faced in 1959 it was necessary to organize the construction sector taking into account the following main aspects: promotion of science and technology, planning, development of social programs like housing and urban development, national railway networks, water and road systems, and industrial and agricultural constructions. At the same time, it was necessary to create the specialized human capital to guarantee these constructions processes. It is presented how was the development of the experimental base of plants and laboratories and the development of the industrialization of new technologies and new building materials. Specific examples are given of progress achieved in construction matters in Cuba; in the building of a strong scientific potential, the political will shown in this respect and in the application of scientific and technological results,

ranging from experimentation and scaling up to its successful introduction at national level

Keywords: Construction materials, experimental construction processes, tests and essays, economic effects

Antecedentes

La construcción siempre ha sido oficio y profesión, técnica y tecnología, hasta arte y casi nunca ciencia, pero sin ella, no se puede construir nada ni avanzar hacia formas más económicas y armónicas con la naturaleza. Las construcciones han introducido más modificaciones al medio natural, con resultados positivos y negativos, y ha creado las obras que más han perdurado en el tiempo y han permitido conocer civilizaciones perdidas.

En 1958, la construcción —entendiendo por ella todas las actividades constructivas y sus productos— alcanzaba en Cuba un alto nivel técnico, tecnológico y artístico, similar al de los países desarrollados, principalmente de los Estados Unidos de Norteamérica (EEUU). El Movimiento Moderno de la Arquitectura dio a la Habana el perfil de capital desarrollada que le faltaba; era un ejemplo, y se desarrollaba a un alto ritmo, pero se construía en volúmenes, lugares y tipos de obras muy limitados:

Entre 1945 y 1958 se produjo un *boom* constructivo provocado por el “triumfo” económico de los EEUU en la II Guerra Mundial. En Cuba se construyeron en ese período 10 200 viviendas por año, la tercera parte de las que se necesitaban para cubrir el crecimiento demográfico, de ellas, el 80% en la Habana. Más del 50% del fondo de viviendas eran inhabitable, el 21% era propiedad de sus ocupantes, el 35% eran de alquiler, el 40% de yagua, guano y piso de tierra y no tenía ni letrina; 80 000 de estas “viviendas” se encontraban en barrios de indigentes.

Además, esas obras, con las que se quería demostrar que las guerras son las impulsoras del desarrollo de la humanidad, en su totalidad eran proyectadas y construidas por contratistas particulares y en su casi totalidad para la inversión inmobiliaria de alquiler, que a partir de 1950 pasó al mecanismo de construcción y venta financiada por los bancos, bajo la rectoría del Fondo de Hipotecas Aseguradas (FHA). El FHA era una entidad estatal copia al carbón del Federal Housing Administration (FHA) de los EEUU, que resultaría en la “Burbuja inmobiliaria” que explotó provocando la crisis económica actual.

La actividad constructiva del país —proyectos, producción industrial y ejecución de obras de uso y beneficio público, de infraestructura tecnológica, social y de servicio de inversión estatal, como las de educación, salud y otros— era mínima o no existía, como las destinadas a recursos hidráulicos, obras marítimas y otras.

El fondo total de estas construcciones no es conocido, pero sin duda eran más deficitarias que las de viviendas. Y lo que es peor: sin base técnico-material propia, por lo que había que importar la mayor parte de los recursos y en particular, de los recursos de mayor costo. Se carecía asimismo de los instrumentos técnicos, tecnológicos, científicos y de aplicación de los resultados necesarios para el desarrollo. Se construía, por tanto, *por y para el poder económico*. La conclusión anterior fue una realidad que la revolución tenía necesariamente que superar.

Es un hecho indiscutible que antes del año 1959 la ingeniería y la arquitectura cubanas demostraron interés por la introducción de progresos y conocimientos de la ciencia y la técnica en el desarrollo de nuestras construcciones. Existen valiosos estudios publicados de las investigaciones sobre el comportamiento de nuestros materiales autóctonos en las obras de construcción, que había necesidades del empleo de laboratorios para el diseño y control de sus propiedades, de las necesidades de especialización de recursos humanos con conocimientos para la adecuada ejecución de las obras. De esos conocimientos se alimentaron muchos de los especialistas que se formaron en Cuba y permanecieron en ella después del triunfo de la revolución y que fueron fundadores y precursores en el sector.

En la década de años 50 del siglo pasado, al impulso de la recuperación económica de los EEUU al final de la Segunda Guerra Mundial y de su política del “buen vecino”, se crearon, para completar su control total, distintos organismos “técnicos” en todos los países de América Latina. En Cuba, se crearon, adscritos al Ministerio de Obras Públicas (MINOP), las siguientes entidades: la Comisión de Fomento para promover y financiar obras de desarrollo económico del país; el Instituto Cubano de Cartografía y Catastro (ICCC), entidad organizada, equipada y abastecida de fotografías aéreas por empresas de los EEUU; y la Junta Nacional de Planificación, un tipo de organismo de planificación urbana, promovido por los EEUU para controlar el crecimiento de las ciudades de su subordinada y subdesarrollada América Latina, provocado por la incontrolable emigración de la población rural hacia ellas.

Como complemento a este tipo de organismos, en Colombia, país en que los EEUU ejercían un mayor control, la Organización de Estados Americanos (OEA) creó el Centro Interamericano de Vivienda para desarrollar la “vivienda por esfuerzo propio y ayuda mutua”, enseñando a los campesinos y a los indios a construir sus casas *con tierra y bambú* y evitar así el tener que construir viviendas para pobres.

En julio de 1959 se celebró en la sede de la CEPAL en Chile, el seminario *La Urbanización en la América Latina*. uno de los tantos con los que hasta hoy se sigue tratando de demostrar que es posible mantener las ciudades libres de los repugnantes barrios de indigentes, favelas y cerrillos, y al habitante rural feliz con su bucólico *hábitat de tierra y bambú*, como si el mal estuviera la vivienda, y no en la situación política y social. Después de 53 años, el cambio climático, con *La Niña* y *El Niño*, y los *tsunamis* está “lavando” sus verdaderas caras: los está borrando

de la superficie de la tierra, junto con sus ocupantes, que luchan por una vida decorosa y segura.



Foto 1. Hotel Habana Libre con el famoso Mural de Amelia Peláez restaurado en 1997



Foto 2. Uso del pre-fabricado en el edificio de la Universidad de Villanueva, hoy dedicado a la especialidad de técnicos medios en química



Fotos 3 y 4. Hotel Habana Riviera y Edificio FOCSA, considerado una de las maravillas de la ingeniería cubana

En 1959 la revolución encuentra un patrimonio construido desde la colonia y *maquillado* durante 60 años de neocolonia imperialista. Se enfrenta entonces la necesidad impostergable de construir más de 150 000 viviendas equiv./año durante 10 años para cubrir el déficit, y cubrir además la falta acumulada de mantenimiento, reparación y reconstrucción de las existentes. Por otro lado, muchos de los constructores con experiencia emigraron y no se contaba con recursos económicos suficientes. No se contaba además con medios, instrumentos, y personal científico-técnico que garantizaran el desarrollo. Menos aun se contaba con tecnologías de construcción y de producción de materiales.

De inmediato, el proceso revolucionario se propuso alcanzar un desarrollo armónico, equilibrado, proporcional y al mismo nivel de cantidad y calidad en todo nuestro territorio y para toda nuestra población, urbana y rural.

El entonces Ministerio de Obras Públicas (MINOP), que nunca había construido, tuvo que transformarse en un nuevo organismo sin antecedentes organizativos; tuvo que convertirse en un organismo constructor, concentrándose en él todas las funciones y actividades que siempre estuvieron separadas y creando otras que no existían para cumplir con ese principio.

La planificación física en tiempos de revolución

En el propio año 1959, aplicando la nueva política de la revolución, el trabajo de la planificación física se extendió a todas las provincias. Primero se creó la División de Oriente, que era la provincia más extensa, 32% del total del territorio y la de mayor población con un 31% y con una densidad de 49 hab/km², casi igual a la media del país. Por otro lado, Oriente contaba con una población rural de más de 60% (que constituía el 18,6% de la población rural total de Cuba), muy superior a la media del país que era de 43%. Esta provincia casi no contaba con desarrollo urbano, pero poseía el potencial de recursos productivos más elevado del país, explotado hasta esos momentos por los EEUU, lo que por demás sólo aportaba a la provincia y al país los salarios de una población analfabeta y sin oficio.

La desproporción de los anteriores índices de la provincia de Oriente en relación con los de las otras provincias confirmaba la necesidad de la medida que ya habían tomado varias instituciones del estado cubano: dividirla en dos territorios para poder funcionar. Así surgieron el Norte y el Sur de Oriente, añadiéndose a esto que Holguín reclamaba la dirección de la provincia. Realmente, ni Santiago dirigía Oriente ni Holguín la podía dirigir.

El potencial de recursos en estos territorios había sido *explorado, investigado, planificado y explotado* por los EEUU, siguiendo el ejemplo y el método de Inglaterra, durante casi un siglo, con total anuencia de España, que algún beneficio debe haber recibido. Lo más importante que nos aportó el análisis del territorio total e integral de la provincia, fue apreciar y evaluar el absurdo *status* organizativo y administrativo territorial que España había impuesto en la Isla.

Se observaba un desbalance total entre el potencial económico y el beneficio social-territorial. La concepción Oriente-Occidente se originó con la Flota que se reunía en la Habana, para evitar el robo del oro que se transportaba a la metrópoli, una vez robado de América, y surgió también para evitar el desarrollo de Cuba. Esto afectó económicamente la Isla y permitió que los EEUU intervinieran y se apoderaran de los recursos más importantes.

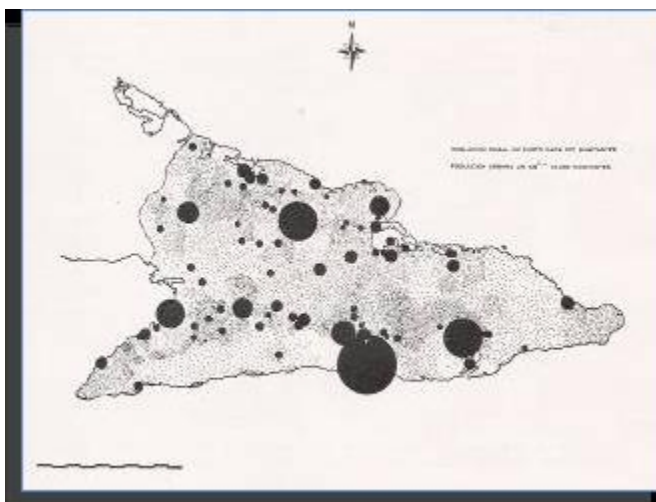


Figura 1. El mapa muestra con círculos negros las zonas urbanas en la entonces provincia de Oriente, apreciándose que era mayormente rural

Durante varios años del siglo XX se extrajeron más de un millón de toneladas de mineral de hierro, entre el óxido de hierro de Santiago y las lateritas de Mayarí (Acero Mayarí), *status* que ellos ayudaron a mantener hasta 1959.

La percepción de esa situación llevó a la necesidad de desarrollar un trabajo más amplio, multidisciplinario, con la participación de arquitectos, ingenieros, sociólogos, geógrafos, pedagogos y la colaboración del ICCC, que se orientó hacia la planificación física territorial total, no sólo urbana. Esto contribuyó a establecer la Metodología del Instituto de Planificación Física (IPF): el inventario, el análisis y síntesis del medio natural, el hombre y el medio antrópico, método de investigación básico para la planificación físico-espacial del territorio.

En 1960 se trasladaron al MINOP los trabajos de los Planes Directores y los trabajadores que los realizaban, creándose la Dirección de Planificación Física en la instancia central del Ministerio, y departamentos en sus nueve distritos. Ese mismo año se fundó la Junta Central de Planificación como nuevo organismo del estado.

En 1961, sobre la base de la experiencia de Oriente y con el refuerzo humano, material, de equipos y de los estudios y trabajos realizados hasta ese momento (70% del territorio de Cuba) por la Sección de Catastro, que se le traspasó del ICCC, la Dirección de Planificación Física priorizó la planificación territorial sobre la urbana en todo el país, estudiando y creando metodologías y equipos de estudio y trabajo multidisciplinarios más complejos.

El aporte de la Sección de Catastro permitió cubrir e integrar todo el ámbito territorial, rural y urbano, y establecer relaciones de trabajo integral con todos los organismos del estado y sus planes de trabajo y de desarrollo, en especial con el Instituto Nacional de la Reforma Agraria (INRA) y la Empresa Consolidada del Azúcar (ECA), a partir de la cual se creó el Ministerio de la Industria Azucarera (MINAZ). Ambas entidades estaban prácticamente integradas a todo el sistema de transporte ferroviario y automotor nacional azucarero, y a todo el sistema de asentamientos poblacionales, urbanos y rurales, incluyendo los que estaban integrados a un central azucarero (a más de uno por cada 1 000 km² promedio, 30 km de diámetro), permitiendo conocer con mayor detalle y profundidad las potencialidades variables de todo el territorio. Ese aporte fue realmente resultado de los principios y desarrollo de la revolución que amplió la visión y la actitud de todos a la par que liberaba las fuerzas productivas del país,

Todo el proceso seguido por la Dirección de Planificación Física, luego Instituto de Planificación Física, llevó a organizar y crear una estructura científico-técnica y a establecer una metodología de trabajo más cercana a los principios básicos de la investigación y la experimentación aplicadas, que ha permitido mantener una participación fundamental en la planificación y el desarrollo territorial, económico, rural y urbano del país desde 1977.

Cronología de una época fundacional para las tecnologías de la construcción en Cuba

Al comienzo de este trabajo se afirmó que *la construcción siempre ha sido oficio y profesión, técnica y tecnología, hasta arte, casi nunca ciencia*. A continuación trataremos de mostrar cómo esta afirmación fue perdiendo vigencia en Cuba a partir de 1959.

El MINOP, que nunca había construido, creció y se transformó en el Ministerio de la Construcción (MICONS), pero la construcción misma ha crecido, se ha transformado y desarrollado. Solo para ilustrar a los lectores de los pasos trascendentes y fundacionales que se dieron ya apenas dos años después de 1959 y de forma vertiginosa en la década de los años 60, a la vez que se comenzaba a formar el potencial científico y tecnológico imprescindible, mencionaremos los más relevantes.

- **1959** Investigaciones en tránsito vial, trasladadas luego al Ministerio de Transporte (MITRANS)
- **1962** Dirección de Investigaciones de Suelos y Ensayos de Materiales (DISEM), la cual se ocupaba de la geotecnia, tema fundamental para la integración de la obra al terreno. Actualmente estas tareas están a cargo de, Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA)
- **1962** Dirección de Normas y Tipificación
- **1962** Departamento de Intercambio Técnico, luego Centro de Información Científico-Técnica
- **1962** Sismología, que inició los estudios necesarios para conocer las cargas horizontales en el diseño estructural en los edificios en zonas sísmicas, (antes de esa fecha no existían sismógrafos en Cuba)
- **1963**
 - Dirección de Desarrollo Industrial de Materiales de Construcción
 - Dirección de Desarrollo Técnico de la Construcción
 - Grupo de Prefabricado para el aseguramiento de la producción industrial del prefabricado
 - Dirección de inversiones en Viales, trasladado posteriormente al MITRANS
 - Centro de Matemática Aplicada la Construcción (CEMAC), instalado con gran capacidad de cómputo, con computadoras francesas tipo IRIS-10
 - Control pluvial, a cargo del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos,

En el Primer Congreso de los Constructores, realizado en 1964, se acordó Industrializar la construcción, es decir, producir en fábricas el mayor por ciento de las partes de las construcciones. Por sus características, condiciones y funciones propias, la estructura y la albañilería son las partes de más peso y volumen de una construcción; su industrialización es la *prefabricación* y su producto es el *prefabricado*.

En el siguiente epígrafe se presenta cómo fue ese proceso de fundación y desarrollo de una ciencia y tecnología como bases de las tecnologías constructivas en Cuba.

El Departamento de Investigaciones Técnicas

En 1959, en el propio MINOP central se iniciaron los primeros trabajos de investigación y experimentación, que con su aplicación en la producción y su evaluación técnico-económica fueron orientando el desarrollo hacia la industrialización de la construcción, orientación que ya había sido adoptada por los países desarrollados.

A pesar de que en el proceso de su desarrollo institucional, las actividades de la ciencia y la técnica en la construcción y su producción de materiales han adoptado diferentes nominaciones y niveles organizativos —Departamento, Dirección, y Unidad de Investigaciones Técnicas de 1960 a 1969; Centro de Investigación y Experimentación de la Construcción (CIEC) de 1970 a 1979 y actualmente Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción (CTDMC) desde 1980 hasta la fecha—, sus especialistas, laboratorios, instalaciones y talleres han sido dedicados de manera permanente a la transferencia, creación e introducción de los progresos de la ciencia y la técnica. Ejemplos han sido las investigaciones en las tecnologías de los sistemas constructivos, la producción y empleo de nuevos materiales, la evaluación de idoneidad de los importados, el mejoramiento de los tradicionales así como los diagnósticos para la restauración y conservación de construcciones patrimoniales con el fin de prolongar la vida útil de las edificaciones.

También fueron objetivos vitales la formación de técnicos, profesionales y especialistas, la obtención de grados científicos, la categorización e incremento del nivel de los investigadores vinculados al desarrollo de las construcciones y sus materiales, la creación de laboratorios, salas de ensayo y polígonos destinados a los procesos del escalado experimental para la introducción de los resultados *para cerrar el ciclo* de esas investigaciones científicas.

En 1962 se inició la construcción de laboratorios, instalaciones y talleres adecuados para esa actividad en el Reparto Guiteras, en la zona este de la ciudad de La Habana, en la que además se dedicó una zona para la ejecución experimental de viviendas.

Como resultado del intercambio de experiencias con centros de Investigación de países europeos, la contratación de asistencia técnica de especialistas extranjeros y el incremento del número de profesionales, técnicos y obreros calificados nacionales, el Departamento adquiere a fines del 1962 la categoría de Dirección de Investigaciones Técnicas. Se hizo posible entonces la ejecución de diversos proyectos para la transferencia al país de los progresos alcanzados en la industria del prefabricado internacional, adaptándolos en sistemas constructivos nacionales, entre ellos, la ejecución de los diseños para la introducción de las tecnologías de

los grandes paneles, la producción de traviesas y postes eléctricos, vigas y columnas típicas de hormigón reforzado, para la construcción de naves industriales prefabricadas, como se verá más adelante.

Con la introducción de estos progresos se produjo un cambio cualitativo en la composición de las especialidades, con la participación de ingenieros mecánicos, eléctricos y electrónicos, químicos, y licenciados en física y química y de otras especialidades, que influyeron notablemente en el desarrollo del lenguaje interdisciplinario y en los progresos del trabajo científico-técnico en la rama de la construcción y la producción de sus materiales.

A partir de 1970, Cuba comienza a participar en el Consejo Internacional de la Edificación, de cuyo Buró de Dirección legó a ser miembro, y se establecieron los primeros acuerdos de colaboración con centros de investigación de la construcción de Europa como el Instituto de Ingeniería Civil de Eslovaquia (VUIS), el Instituto de Edificaciones de Polonia (ITB), el Instituto Técnico de la Construcción de Hungría (ETI), el Instituto de Investigación de Materiales (VUSH) en Brno. Además, se dio inicio a los primeros planes de entrenamiento de especialistas cubanos para el desarrollo de investigaciones en la construcción y los materiales, materias en las que fueron adiestrados más de 15 profesionales líderes.

Los conocimientos obtenidos en estos entrenamientos y la ejecución de planes programados para el desarrollo de la ciencia y técnica en temas promovidos, organizados y aprobados por la Academia de Ciencias de Cuba, contribuyeron, a partir del año 1975, a la categorización de los primeros investigadores, y la obtención de grados científicos en el Centro de investigación.

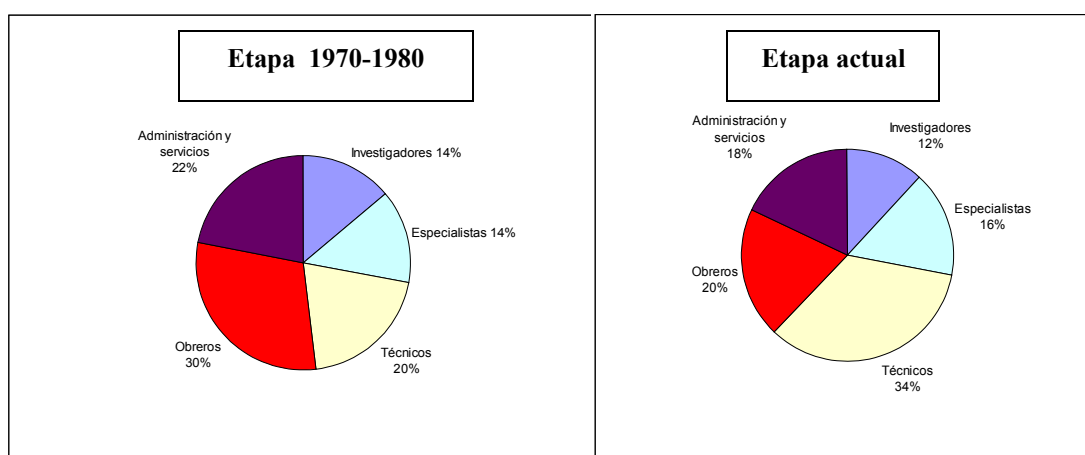
Actualmente, el CTDMC dispone de un fuerte potencial científico y tecnológico al que se suma un capital humano formado en las universidades y centro de investigación de toda la Isla. Las dos tablas y figuras siguientes muestran la composición de los recursos humanos de dicho centro.

Categoría	Hombres	Mujeres	Investigadores	Doctor	Masters
Titular	3	1	4	2	--
Auxiliar	5	5	10	1	4
Agregado	3	4	7	2	--
Aspirante	1	1	2	--	--
Totales	12	11	23	5	4

Tabla 1. RRHH del CTDMC por grados y categorías científicas y por género

Categoría	Edades					
	30-40	41-50	51-55	56-60	61-70	≥ 70
Titular				1	1	2
Auxiliar		1	1	6	2	
Agregado	1		2	1	2	1
Aspirante		1	1			
Totales	1	2	4	8	5	3

Tabla 2. Personal del CTDMC por categorías científicas

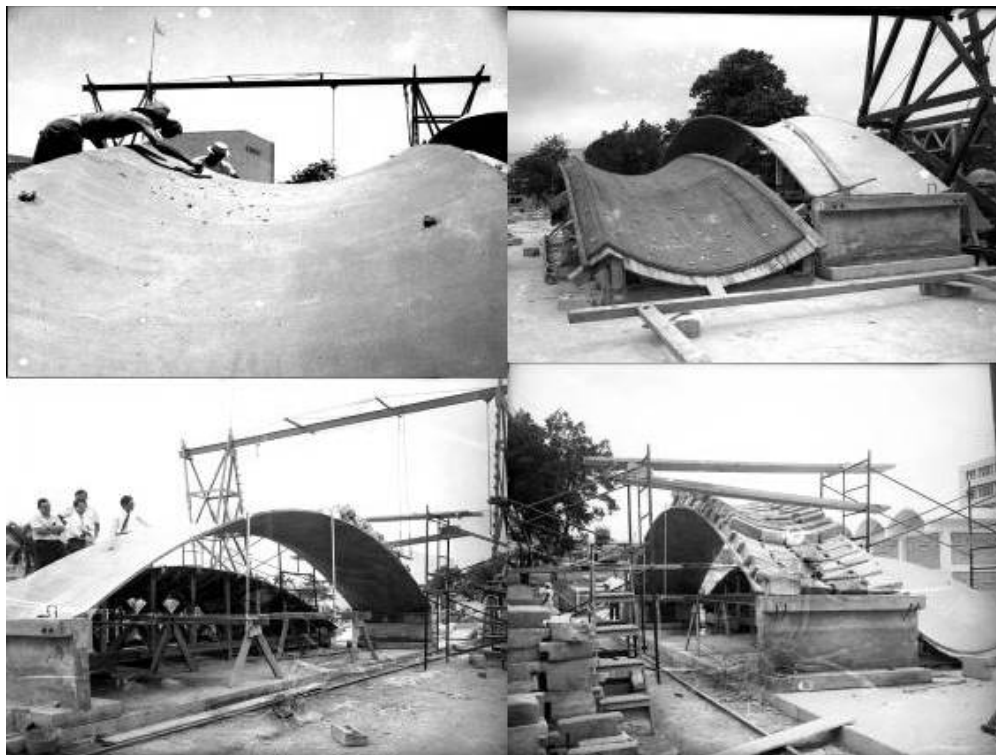


Figuras 2 y 3. Composición del personal del CTDMC en dos etapas, observándose cómo ha crecido el personal técnico y disminuyen los obreros

Algunos de los resultados científicos y tecnológicos de importancia

Introducción de la prefabricación con distintos materiales de construcción: Moldes de hormigón

La utilización de moldes de hormigón en lugar de los moldes de acero, ha sido y es un aporte cubano tecnológico y económico, básico para el desarrollo de las construcciones.



Fotos 5, 6, 7 y 8. Ilustran las primeras construcciones experimentales prefabricadas de doble curvatura

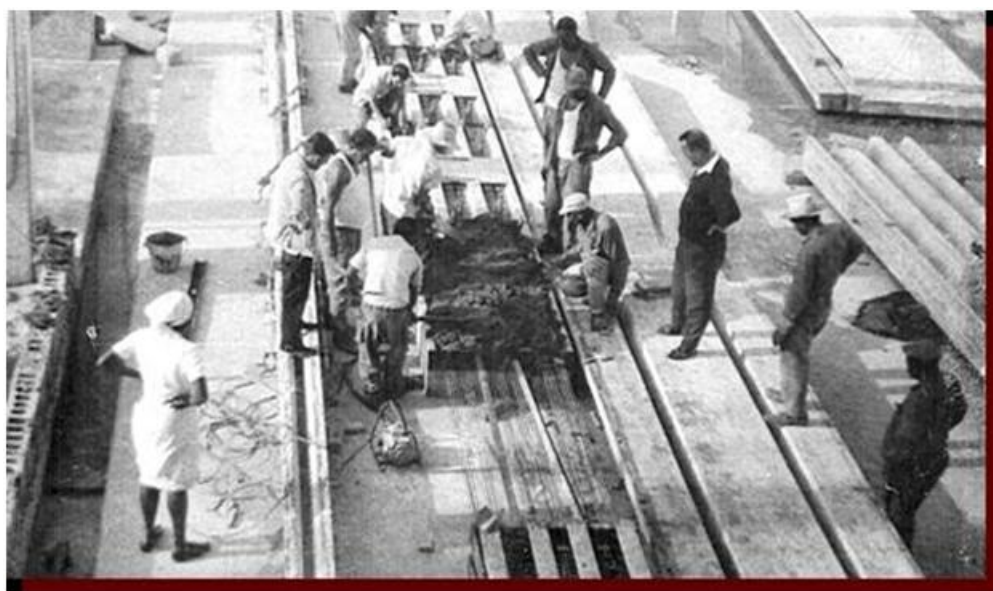


Foto 9. La primera producción experimental en moldes de hormigón de traviesas y losas Doble T (DT) pre-tensadas.



Fotos 10 y 11. Utilización de los moldes de hormigón en las edificaciones del propio centro de investigación

Introducción de la Tecnología Constructiva de Grandes Paneles

Con la investigación de novedosas tecnologías constructivas basadas en los llamados Grandes Paneles, se lograron desarrollar y ejecutar experimentalmente los sistemas GP-1, 2, 3, 4, 5, 6, instalándose, a partir de 1965, 32 plantas GP-4 y 17 GP-6, todas para 500 viviendas/año con una inversión de \$ 200 000/planta,

(o sea, \$ 400/viv/planta/año), para un total de 16 000 viviendas/año y una inversión total de \$ 9,8 millones.

Todas las viviendas ejecutadas por la evolución en esas primeras décadas eran de 65 m² promedio: dos/tres dormitorios, sala-comedor, baño, cocina, patio, con ventilación cruzada y privacidad y no han sido afectadas por los huracanes. Se participó, en colaboración con especialistas soviéticos, en el proyecto de los edificios de viviendas del Sistema I 464 de la Planta de Santiago de Cuba donada por la URSS con motivo del huracán Flora. El diseño estructural de esas viviendas fue realizado por los especialistas soviéticos aplicando sus normas de sismo-resistencia, para sismos grado 8 en la escala de Richter. Hacía entonces unos escasos dos años que se había instalado, por la Academia de Ciencias de Cuba, la primera estación sismológica en Río Carpintero, cerca de Santiago de Cuba, con la colaboración de instituciones soviéticas.



Fotos 12 y 13. Desarrollo de la vivienda en Cuba con Gran Panel I (izquierda), y el Gran Panel IV (derecha)

Desarrollo de la Tecnología de Producción de Losas Doble T de Hormigón Pretensado a base de Moldes de Hormigón

Las losas Doble T sirvieron de base al Sistema Girón, del que se instalaron plantas de producción en todas las provincias, con las que se realizaron cientos de obras escolares, hospitalarias, hoteleras e institucionales en todo el país.



Foto 14. Instituto Pre-universitario de Ciencia Exactas “Vladimir I. Lenin” donde se utilizaron las losas pre-fabricadas Doble T

Introducción, de investigaciones y experimentaciones de las adiciones minerales con contenido de zeolitas naturales

La introducción de estos resultados alcanzó el 46% de la producción de 3 788,8 mil toneladas de cemento Portland en el año 1988, con significativos ahorros de energía en la industria cementera cubana.

Desarrollo experimental de las Traviesas de Ferrocarril de Hormigón desde 1961 hasta 1971

Con estos desarrollos se obtuvieron las traviesas llamadas Cuba 71 de hormigón pretensado, de las cuales se instalaron y se pusieron en producción cuatro plantas, en las ciudades de La Habana, Santa Clara, Camagüey y Bayamo, con una capacidad instalada total de cerca de 200 000 traviesas/año, y una inversión de cerca de \$ 800 000 para la reconstrucción de 825 km de la Vía Férrea Central, en la que se colocaron 1,5 millones de traviesas en 10 años. Con 36 años de utilización han demostrado las posibilidades de lograr una alta durabilidad en el comportamiento de los hormigones de altas prestaciones de resistencia a compresión mayor de 50 MPa, empleando los áridos calizos cubanos y los aditivos súper plastificantes.



Fotos 15 y 16. Desarrollo científico, tecnológico, innovativo y productivo en el CIEC, con el proceso de escalado, previo a su introducción y aplicación



Fotos 17 y 18. De la rehabilitación de la línea del ferrocarril central

Aunque no es posible recoger de manera exhaustiva en un trabajo breve de compilación todas las investigaciones con resultados relevantes obtenidos en 53 años de ciencia y desarrollo tecnológicos en materia de construcción en Cuba, mencionaremos a continuación, de manera muy sucinta, algunos otros.

- Se introdujo el uso de los superplastificantes (Mighty, de origen Japonés) y se aplicó con carácter tecnológico logrando triplicar la capacidad productiva de las plantas de traviesas.

- Se estableció un Sistema Constructivo de Naves Industriales, con el que se construyeron la mayoría de las industrias, talleres, frigoríficos, almacenes y otras instalaciones pesadas realizadas por la revolución y las instalaciones del propio Centro de Investigación y Experimentación de la Construcción, en Casa Blanca en 1962.
- Se introdujo además un Sistema Constructivo de Naves Agropecuarias con las que se realizaron las obras de los Planes Agropecuarios.
- Se introdujo en 1971 de la Tecnología Spiroll de Losas Huecas de Hormigón Pretensado producidas por extrusión, para entrepisos y cubiertas, la más avanzada en aquel momento y posiblemente todavía en la actualidad, de la que existen 14 plantas en todo el país. Esta tecnología resulta de baja inversión, elevada productividad y bajo consumo de recursos; con ellas se han construido miles de obras, algunas emblemáticas, como el Palacio de las Convenciones.

Foto 19. Piso de terrazo integral colocado directamente, y al mismo tiempo, sobre la losa de entrepiso en la planta, que luego se colocan en la obra simultáneamente, en edificio construido en 1973 en el Reparto Guiteras



Foto 20. Cabaña del Sistema LH VT con impermeabilización de terrazo integral, en el entronque de San Diego, en Pinar del Río



Foto 21. Planta de Losas Huecas Spiroll de la Unión de Construcciones Militares en San Cristóbal

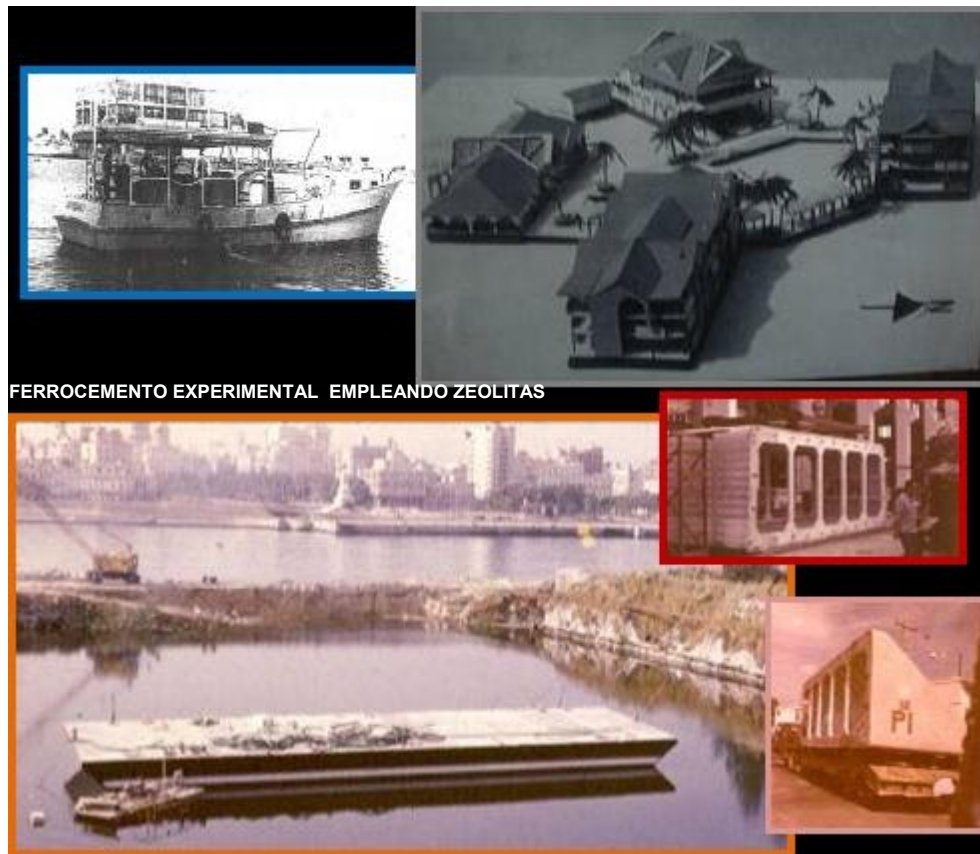
- Se investigó y aplicó un desarrollo experimental de la tecnología constructiva LH GB (Losa Hueca Gran Bloque), iniciada en 1969, con una primera etapa hasta 1976, con la construcción de cerca de 200 viviendas experimentales, con buenos resultados en su integración urbana en la zona del Vedado y con la ejecución de varios miles de viviendas en La Habana después de 1995. Se trata de una tecnología que no impone limitaciones al diseño arquitectónico ni a su integración en el espacio urbano .



Foto 22. Edificio de viviendas en el Reparto Atabey con la tecnología LH GB

- Se desarrolló también un sistema constructivo de módulos prefabricados compuestos por elementos prefabricados de hormigón armado y ferrocemento, unidos entre sí por medio de postensado, para la construcción de estructuras

flotantes como patanas, muelles, diques, hoteles y otras instalaciones flotantes, de extraordinaria importancia para Cuba, con 5 000 km de costa, 80 000 km² de plataforma marina y condición corrosiva muy elevada. Se diseñó, construyó experimentalmente, se puso a flote y se entregó al Ministerio de Transporte (MITRANS) una patana de 32,00 x 9,00 x 2,70 m, 200 t de peso propio y 400 t de capacidad de carga líquida o en cubierta.



Fotos que ilustran instalaciones flotantes, basadas en tecnologías prefabricadas de ferrocemento: barcos, muelles, patanas, diques flotantes, hoteles flotantes

Otros resultados científicos y tecnológicos fueron:

- En 1971 se diseñó, se ejecutó y se inició la instalación de los equipamientos de la Sala de Ensayos Estructurales del Centro de Investigaciones y Estudios de la Construcción (CIEC) en colaboración con el VUIS de Bratislava, y se facilitó y ayudó a la realización de una sala similar en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE). Estas salas, con las mismas características

que las más avanzadas de los países desarrollados, tienen condiciones para ensayar el comportamiento a las solicitaciones de Fuerzas Verticales y Horizontales Dinámicas provocadas por Huracanes y Sismos en un edificio de tres pisos a escala natural. No son muy frecuentes en América Latina.



Fotos de la Sala de Ensayos Estructurales del CIEC con una de igual tipo en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría

- El edificio experimental de Malecón y F, con una tecnología mixta de Moldes Deslizantes y Losas Huecas Pretensadas con piso integral de 9,00 metros de luz, ejecutado en 1965, y los hormigones premezclados de altas prestaciones mayor de 55,0 MPa colocados con bombas en las vigas postensionadas del Edificio Atlantic, ejecutadas en 2002, con participación de la docencia y el CTDMC en el diseño y control de calidad de las mezclas, son muestras de los continuos progresos alcanzados por las tecnologías y los nuevos materiales en la construcciones cubanas. Esto es una indicación del desarrollo que había alcanzado la tecnología construcción en Cuba, en fecha tan temprana como 1965.



Fotos 23 y 24 Edificio Experimental de Malecón y F (1965) con empleo de hormigones de altas prestaciones, mayor de 55,0 MPa, colocados con bomba en 2002 en el Edificio Atlantic, ambos en el Vedado.

- En los progresos logrados en la ciencia de los nuevos materiales para la construcción han sido vitales las investigaciones microestructurales realizadas con las técnicas avanzadas de la físico-química y la colaboración de varios especialistas de la Universidad de Alicante, el IET y la Politécnica de Madrid.

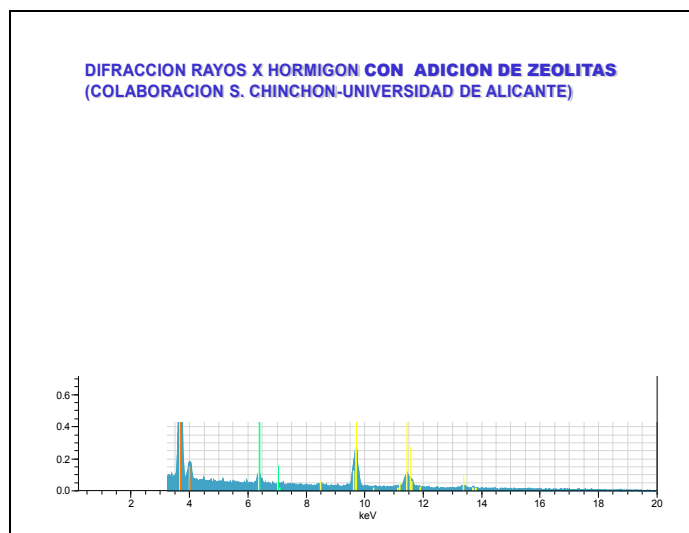


Figura 4. Ilustración del análisis difractométrico de hormigones con adiciones de zeolitas naturales cubanas

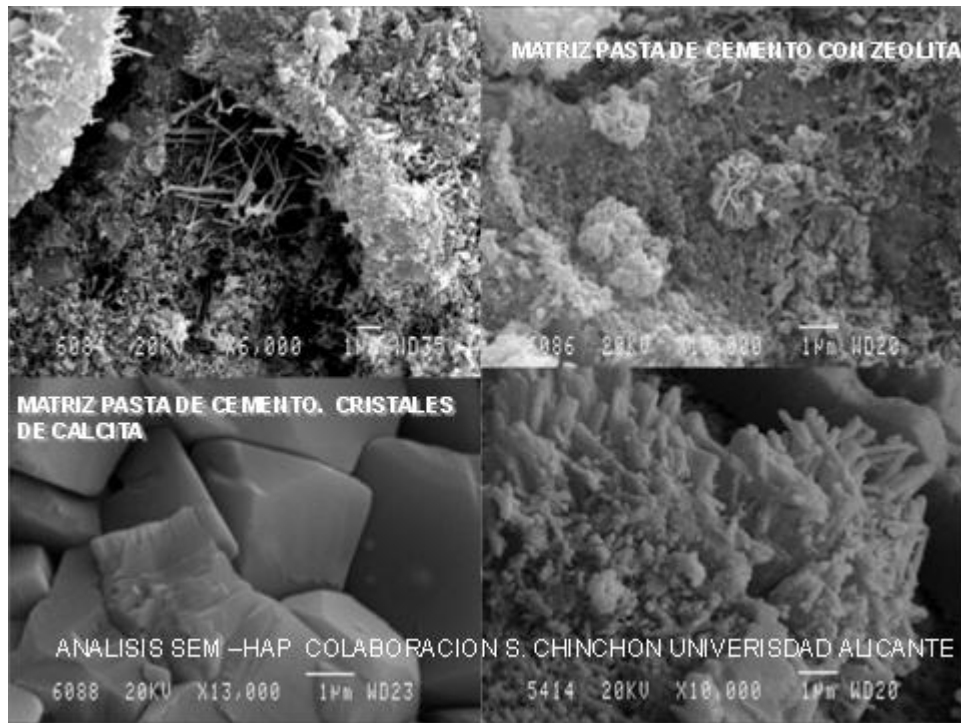


Figura 5: Análisis microestructural con empleo de la microscopía electrónica de barrido, investigando con técnicas avanzadas el comportamiento de las adiciones de zeolitas.

Conclusiones

El balance de la obra llevada a cabo en Cuba en las últimas cinco décadas en materia de construcción, basada en la ciencia, la tecnología y a la innovación con una voluntad política de inversión y desarrollo para su aplicación en la práctica socio-económica, es posiblemente una de nuestras primeras experiencias de *ciclo cerrado* y ha tenido impactos impresionantes.

Entre 1960 y 1979 el CIEC ya había acumulado más de 448 resultados de investigación y experimentación. Algunos aun no han sido aplicados y existen otros para los que es posible ampliar la aplicación original o aplicarlos con un nuevo enfoque, acorde con situaciones actuales, nuevas. Todos constituyen sin dudas un enorme caudal de conocimientos.

Entre 1959 y 1988 el MICONS construyó y puso en producción en todo el país 111 plantas de prefabricado, 62 para viviendas y 49 para otros tipos de construcciones con una capacidad Instalada de más de 1 800 000 m³/año de hormigón prefabricado, equivalentes a cerca de 100 000 viviendas/año. Los ritmos de crecimiento en esa etapa se reportaban con cifras tales como 22 600 viv-eq., edificios sociales y 19 300 viviendas al año.

El bloqueo impuesto a Cuba por los EEUU y el derrumbe del campo socialista y de la URSS, gravaron fuertemente nuestro desarrollo constructivo. Además, la

crisis económica y social de los 90 también impactó de manera negativa sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología en varias líneas en el país, incluidas las de la construcción. Pero de lo que no hay dudas es de que hoy contamos con una capacidad instalada, sobre todo en el potencial científico y tecnológico para esta rama, distribuido por todo el país, que nos permite enfrentar grandes obras constructivas y además brindar servicios en otros países.

Las instalaciones de polígonos experimentales, laboratorios de materiales, salas de ensayos estructurales, plantas pilotos y talleres, así como las experiencias de formación de especialistas para la investigación-desarrollo en la rama de la construcción, constituyen *una creación patrimonial de la revolución cubana*. Ésta creación debe ser rehabilitada, conservada y utilizada para los fines docentes de la educación científico-técnica de profesionales, técnicos y obreros calificados en el desarrollo de la construcción.

Al mismo tiempo, debe trabajarse en la recuperación de instalaciones y laboratorios, para el aumento de la eficiencia en los procesos de introducción de innovaciones tecnológicas, y contribuir con el cumplimiento de los principios expresados por Fidel Castro en cuanto a invertir en nuestras inteligencias y convertir la actividad científica y tecnológica en el instrumento fundamental con que cuenta la revolución para la ejecución de sus proyectos y programas socio-económico.

Agradecimientos

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a la Dra. Isneri Talavera, Coordinadora de la Sección de Ciencias Técnicas de la Academia de Ciencias de Cuba por animarnos a preparar esta contribución al primer número de la revista *Anales* y en particular, a la Dra. Lilliam Álvarez, del Secretariado de la ACC, quien muy amablemente trabajó en el proceso de edición final de este artículo.

Referencias

- (1) Gayoso, R.: Uso de áridos calizos cubanos en hormigones de alta resistencia, Tesis de Doctorado. Politécnica de Poznan Polonia. (en español), 1987.
- (2) Reyes, R., Gayoso, R.: Efectividad económica de la utilización de aditivos superplastificantes en la producción de tubos centrifugados. XX Convención UPADI. La Habana, Cuba, 23-27 octubre 1988.
- (3) Gayoso, R., Gil, C.: Tensile strength behaviour of ferrocement with natural zeolite lightweight aggregate. IV International Symposium on Ferrocemento. Havana, Cuba. 1991
- (4) Gayoso, R., De Jongh, E., Gil, C.: Use of natural zeolite lightweight aggregate in high strength mortar and concrete. Third International Conference on the Occurrence Properties and Utilization of Natural Zeolite. Havana, Cuba. 1991
- (5) Gayoso, R.: Modelo elasto-cinético aplicado a hormigones de altas prestaciones con arenas calizas trituradas. IV Congreso Iberoamericano sobre Patología del Hormigón CONPAT 97. Puerto Alegre, Brasil. 1997
- (6) Alvarez Zabala, J., Durán, E.: Durabilidad y economía de los hormigones de alto desempeño en edificios altos, Tesis de Diploma de Ingeniería Civil, ISPJAE, 2002.
- (7) Gayoso, R.: Securing Ornamental Design in modern Havana Heritage. Architectural HIGH Rise Building Proceedings 10th International DOCOMOMO Conference – Rotterdam, Holland, Septiembre. 2008
- (8) Gayoso, R.: Experimentación y especialización en la investigación-desarrollo de la construcción. Periodo 1963-2009. Memoria Evento 45 Aniversario 2009. La Habana, Cuba.
- (9) Gayoso, R., Rosell, M.: Áridos y adiciones no convencionales en hormigones de altas prestaciones. Memoria Evento 45 Aniversario 2009 Habana .Cuba

- (10) Rosell, M., Gayoso, R.: Aplicaciones de zeolitas naturales en las tecnologías de producción del hormigón premezclado y prefabricado. II Convención de las Ingenierías de las Geociencias y Química. SIGEQ 2010. Mesa Redonda Internacional Disponibilidad y Experiencias sobre Empleo de las Zeolitas Naturales. 5 marzo 2010. La Habana, Cuba
- (11) Gayoso, R., Rey. G.: Producción de losas huecas pretensadas con adiciones de zeolitas naturales micronizadas. Comportamiento reológico, mecánico y estructural. VIII Conferencia Científico-Técnica de la Construcción, abril 2010. La Habana, Cuba.
- (12) *La arquitectura en los países en vías de desarrollo*. Memorias del Séptimo Congreso de la Unión Internacional de Arquitectos. La Habana, septiembre 1963.
- (13) *El desarrollo actual y perspectiva de las construcciones agropecuarias en Cuba*, Editorial Orbe, La Habana, 1974.
- (14) *Edificaciones escolares en las construcciones cubanas*. Folleto, La Habana, 1970
- (15) *Arquitectura y desarrollo nacional*, Cuba, 1978.
- (16) *La arquitectura de hoteles en la Revolución cubana*, Editora MICONs, 1985.

Enrique de Jongh Caula

Académico de Honor. Academia de Ciencias de Cuba.
Doctor en Ciencias Técnicas, Doctor en Ciencias.
Profesor Titular Adjunto e Investigador Auxiliar.
Facultad de Arquitectura del Instituto Superior Politécnico José A. Echevarría
Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción.

Regino Antonio Gayoso Blanco

Académico de Mérito. Academia de Ciencias de Cuba.
Doctor en Ciencias técnicas, Investigador Titular, Profesor Auxiliar Adjunto.
Facultad de Arquitectura del Instituto Superior Politécnico José A. Echevarría
Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción.
E-mail: gayoso@ctdmc.co.cu

*Presentado: 4 de abril de 2011
Aprobado para publicación: 10 de mayo de 2011*