

EXPERIENCIAS DE CUBA EN TECNOLOGÍAS DE CONSTRUCCION CON TIERRA APLICADAS EN VIVIENDAS

Nelson Navarro Campos

CTVU, Calle Tulipán esquina a Estancia, s/n, Nuevo Vedado, Plaza, Ciudad de la Habana, Cuba.
Teléfonos (537) 8813599, 8816779. Email: nnavarro@ctvu.cu

Tema 1: Tecnología y Construcción

Palabras Clave: Construcción con tierra, Viviendas de Bajo Costo y Bloques compactados machihembrados de suelo - cemento.

RESUMEN

Se presentan los antecedentes y la situación actual del uso de la tierra como material de construcción en Cuba, en particular para viviendas. Se analizan los elementos de la sustentabilidad y su referencia a otras tecnologías constructiva. La opción tecnológica de los bloques compactados machihembrados de suelo cemento, con junta seca, entendida como la de mayor factibilidad práctica en su aplicación. Se hace especial comentario a los aspectos de la Durabilidad, dada la ubicación del país en el Trópico Húmedo. Se hace referencia a la experiencia del desarrollo y utilización del Cemento Puzolánico CP – 40, con tecnología nacional del Molino MB – 60 y el efecto de la adición de cal. La Humedad Óptima de compactación determinada mediante los Ensayos Proctor, CBR y mediante la máquina bloquera utilizada en cada caso. Un aspecto, considerado de gran importancia, corresponde a la emisión de Instrucciones Técnicas, como documentos normalizativos para el diseño, la producción y los trabajos de construcción con tierra. Trabajos actuales en el campo de la normalización de las técnicas de construcción con tierra. Se muestran las soluciones de diseño y técnico constructivas en paredes y en techos de bóvedas con los bloques prensados de suelo - cemento. Se menciona como Referencia el Proyecto 10 x 10 el CYTED. Participación del Proyecto PROTERRA como vía de colaboración internacional.

1- ANTECEDENTES Y SITUACION ACTUAL

En el caso de Cuba, el desarrollo de técnicas constructivas precolombinas no alcanzó los niveles conocidos que tuvieron lugar en el continente americano, donde llegan hasta nuestros días importantes construcciones de esa época empleando la tierra como material, habiéndose continuado su aplicación y desarrollo, constituyendo un importante elemento del patrimonio cultural de sus pueblos.

Una breve, pero muy importante descripción de las construcciones de viviendas en la Isla a la llegada de los colonizadores, la dio Fray Bartolomé de las Casas, en Historia de las Indias, 1550, según ⁽¹⁾: “Las casa son de madera y paja muy luengas y delgadas, hechas del modo de una campana, por lo alto angostas y a lo bajo anchas, para muchas gentes bien capaces dejan en lo alto un respiradero por donde salga el humo y encima unos caballetes o corona muy bien labrados y proporcionados”.

Durante el período colonial (siglos XVI al XIX) se introducen paulatinamente técnicas constructivas de tierra armada (bejucos recubiertos con barro amasado con hierbas), tapial, mampuestos, albañilería y la sillería, esta última principalmente en fortalezas militares, iglesias y edificios públicos.

En la primera mitad del siglo XX, época de la República, toma auge el empleo de los “nuevos materiales” con el Cemento Portland y el acero, combinados en el Hormigón Armado, junto con la albañilería de ladrillos de arcilla cocida. El uso de la tierra en forma directa como material de construcción pierde terreno y “prestigio social” por lo que técnica y culturalmente fue quedando rezagado, en términos generales.

En la segunda mitad del siglo XX, época de la Revolución, se produce un auge significativo de las construcciones en todas sus manifestaciones: viales, hidrotécnicas, edificaciones, etc. En ellas, y en especial en las edificaciones, incluida las viviendas, se centra el desarrollo en tecnologías de prefabricación y montaje de componentes de hormigón, armado y pretensado.

Para una caracterización de esa situación, aunque se pueda considerar parcializada en forma extrema, se cita a I. Monteagudo ⁽²⁾ que plantea: “.....El modelo de desarrollo constructivo basado en la prefabricación pesada que impusieron la rigidez de las soluciones y su difícil explotación y mantenimiento, implicó un alto consumo de cemento y acero así como el empleo de maquinaria compleja con la concebida dependencia del petróleo. Por añadidura el desmantelamiento de la industria artesanal de materiales de construcción y la pérdida de las habilidades en los oficios tradicionales, trajo como consecuencia la falta de adecuación al contexto natural y construido, la fealdad e infuncionalidad en la arquitectura nacional, por no hablar de la mala calidad constructiva y los elevados costos en el ámbito económico, no obstante la solución cuantitativa al déficit habitacional fue importante y marcó un ritmo de producción sin precedentes.

Paradójicamente, la crisis económica desencadenada en la postrimería de los años '80, puso en peligro el desarrollo alcanzado hasta entonces, pero brindó la oportunidad de repensar el modo de seguir adelante en el desarrollo del hábitat y su mejoramiento integral. Surge entonces el programa de bajo consumo como respuesta para mantener y hasta incrementar la construcción de viviendas. Tal como se ha señalado por otros autores, la búsqueda y rescate de técnicas y materiales de construcción tradicionales ha sido uno de los aspectos más positivos en la implementación de ese programa. Y en este nuevo andar la tierra o suelo (como término mas frecuente en el vocabulario técnico nacional) se volvió a utilizar como material de construcción, práctica perdida en el tiempo que ha dejado no pocos testigos de una arquitectura apropiada funcional y constructivamente”.

Aunque se ha demostrado ⁽³⁾ que las técnicas de prefabricación pesada no fueron las responsables absolutas de los malos resultados cualitativos en el diseño arquitectónico y urbanístico y que proporcionaron un importante aporte cuantitativo, principalmente en viviendas, es cierto el costo relativamente alto en recursos materiales y energéticos que implicaron como soluciones de aplicación masiva.

La coyuntura económica de los años '90 del pasado siglo, condujo a un auge repentino y a escala nacional de las construcciones con tierra, más que aceptadas socialmente, “toleradas” ante las limitadas alternativas que el momento imponía, ya que si bien los más necesitados de viviendas recurren a las soluciones conocidas de cualquier improvisación, la entienden como temporal y aspiran a que su vivienda “definitiva” sea según la tradición de materiales socialmente reconocidos (paredes de ladrillos de arcilla cocida o de bloques de hormigón, techos y entrepisos de losas u otros elementos de hormigón, etc.) por considerarlos seguros y duraderos y de “alto estándar constructivo”.

En estas condiciones, técnicas como el embarrado, el tapial o el adobe no tenían las mejores oportunidades en esos momentos. Se impuso entonces el ladrillo macizo de suelo cemento compactado, sustituyendo al tradicional ladrillo de arcilla cocida y al bloque de hormigón, de menor consumo energético, pero con una “imagen” dentro de la misma tecnología de la albañilería tradicional (Obra de Fábrica) o más avanzado aún, con bloques prensados de suelo cemento de unión machihembrada, al eliminar la junta húmeda de mortero. Como un elemento de difusión e información técnico de estas “nuevas” formas de construir, fundamentalmente viviendas, se emitieron muchos documentos, destacándose entre ellos la publicación del autor ⁽⁴⁾.

Con estos elementos se construyeron en esa década viviendas de 1 y de 2 niveles en Cuba y también en Jamaica y en Colombia mediante acuerdos de cooperación, en todos los casos con buenos resultados, aunque necesitando de maduración en cada localidad o región, para constituirse como técnica constructiva de pleno dominio y aceptación popular.

En términos generales y aplicando el esquema del Triángulo de la Sustentabilidad, con sus tres elementos básicos, según la figura 1.

se puede concluir, que esa etapa constituyó un avance tecnológico para construir viviendas de menor costo, como aspecto económico, para un determinado campo de aplicación y de preservación del Medio Ambiente, pero no se logró vencer los aspectos socio – culturales respecto a la plena aceptación por parte de los usuarios de estas técnicas constructivas, por lo que en el presente ha decaído su aplicación, afectado además, por no pocos resultados negativos desde el punto de vista de la durabilidad de las edificaciones así construidas, sin dudas influido por la aplicación masiva y abrupta en que se construyeron.

En este caso, el aspecto socio – cultural contiene criterios de la población al tener como referencia las viviendas con materiales tradicionales, a los que se les confiere mayor “estándar constructivo”, y las técnicas constructivas que los emplean, ya sean tradicionales o de prefabricado, que en el caso de Cuba, donde la vivienda es toda de carácter social, este aspecto adquiere características muy particulares y de gran peso en los criterios de la población.

2- LOS BLOQUES MACHICHEMBRADOS DE SUELO CEMENTO COMPACTADO

El diseño de estos bloques, tuvo en nuestro caso, como antecedente más inmediato, las soluciones que aplica el Arq. Raúl Sánchez Mora ⁽⁵⁾, en Cuernavaca, México. En Cuba se realizaron adecuaciones geométricas en los nervios y ranuras, aplicando los criterios y evaluando su capacidad resistente a los esfuerzos cortante, de gran importancia en zonas sísmicas y de fuertes vientos, aplicando los trabajos teóricos y prácticos desarrollados por el autor ⁽⁶⁾, adecuándolas a las particularidades del caso y añadiéndole dos huecos circulares para posibilitar una manipulación más cómoda y también la colocación de refuerzo vertical, que pudiera ser necesario en casos de grandes cargas horizontales.

Para la producción se diseñó una nueva máquina, de compresión en una dirección y compactación al 37.5 % de reducción del volumen, primeramente de acción manual para la producción de un bloque en cada aplicación, resultando una capacidad del orden de 350 bloques por jornada de 8 horas brutas, con 2 operarios. Por el carácter de unión sin junta de mortero (junta seca) resulta determinante la estabilidad en el grueso de los bloques (de 100 mm en este caso) lo que se logra con el mecanismo particular de la máquina, que se muestra en la figura 2.

Las condiciones del diseño geométrico y las características físicas y mecánicas de esos elementos se establecieron en la Instrucción Técnica IT-09-91: Bloques Machihembrados de Suelo Cemento ⁽⁷⁾, que en esos momentos se les llamó popularmente “Machimbloques”. Esta Instrucción Técnica, IT, es una de las que el proceso de reintroducción masiva y repentina a escala nacional de las técnicas de construcción con tierra, en las circunstancias y condiciones ya explicadas, resultó necesario emitir con carácter de documentos normalizativos para ordenar, orientar y respaldar los trabajos de diseño, producción y ejecución de las obras de construcción usando el suelo como material fundamental. Este fue uno de los resultados del intenso trabajo y responsabilidades que le correspondió a la Comisión Nacional para el Desarrollo y Aplicación de los Suelos Estabilizados, CODASE, que fue presidida por el autor, con la dirección del Instituto Nacional de la Vivienda. En total se emitieron 16 IT, que han sido objeto de análisis a la luz de documentos como las Recomendaciones para Elaborar Normas, emitidas por la Red Habiterra del CYTED ⁽⁸⁾.

Se pueden destacar algunos aspectos particulares, como los estudios de durabilidad de los elementos de tierra compactada y estabilizada con cemento y cal ⁽⁹⁾, así como del contenido óptimo de humedad en la mezcla determinada con la energía y forma de compactación de la misma máquina bloquera a usar en la producción, en lugar de los ensayos clásicos de Proctor y CBR. Su utilidad estaría en que responde a la energía real de compactación y a la forma de su aplicación, en general diferente a las de los ensayos clásicos citados.

En las condiciones de ubicación geográfica de Cuba, correspondiente al Trópico Húmedo, las soluciones de estabilización de los diferentes tipos de suelos adquiere una especial importancia con vista al aseguramiento de la DURABILIDAD de las construcciones de tierra.

En los estudios ya citados, se establece que, además de los para determinar la Resistencia a la Compresión Simple en muestras secas, se han de realizar ensayos para estimar el comportamiento ante la humedad. Entre estos: Ensayos de Absorción de agua, de pérdida de peso por humedecimiento y secado, de cepillado con cepillo de 1.5 kg y de determinación del Coeficiente de Ablandamiento.

A modo de ejemplo de los estudios realizados en un suelo A – 4, según ASHOO o tipo arena – arcillo - gravosa, según SUCS, se muestran en la tabla 1 los resultados de esos ensayos:

% de cemento	Coeficiente de Ablandamiento a 60 días	% de Absorción de Agua a los 7 días	% de pérdida de peso por humedad y secado a los 14 días, en 12 ciclos
2.5	0.52	8.25	8.28
5.0	0.69	5.96	6.80
7.5	0.73	6.32	3.89 **
10.0	0.81 *	3.92	2.84 **

* cumple con el criterio de que debe ser mayor del 80 %

** cumple con el criterio de que debe ser menor del 4 %

Tabla 1: Resultados de Ensayos para obtener parámetros importantes para estimar la Durabilidad de las construcciones de tierra.

Se interpreta de los resultados, que se requieren altos contenidos del estabilizador Cemento con el correspondiente efecto económico. Otros suelos, por ejemplo un A – 7 – 5, según ASHOO o tipo CH Arcilla muy plástica, según SUCS, no cumplen, aun con altas adiciones de Cemento, como muestra la Tabla 2, confirmando no ser aptos para estabilizar con Cemento

% de cemento	Coeficiente de Ablandamiento a 60 días	% de Absorción de Agua a los 7 días	% de pérdida de peso por humedad y secado a los 14 días, en 12 ciclos
10.0	0.51	14.93	soportan sólo 5 ciclos

Tabla 2: Parámetros para estimar la Durabilidad obtenidos en un suelo A - 7- 5 resultando no apto por esta vía de estabilización

En cuanto al material suelo cemento, en todos los aspectos del diseño de las mezclas, se siguieron los procesos clásicos con los parámetros conocidos y los ensayos correspondientes. En este sentido resulta muy útil la Serie de Instrucciones Técnicas de la CODASE.

3- CEMENTO PUZOLÁNICO CP – 40

Aunque Cuba cuenta con una alta capacidad instalada para la producción de Cemento Portland Normal, se ha desarrollado el aglomerante puzolánico CP – 40, en el Centro de Investigaciones y Desarrollo de las Estructuras y Materiales, CIDEM, de la Universidad Central de Las Villas, Cuba, según ⁽¹⁰⁾, lo que se considera otra particularidad, que puede resultar de interés como sustitución total o parcial del Cemento Portland Normal.

Por sus buenos resultados como estabilizador de los elementos compactados de suelo cemento, constituye una solución alternativa de muy bajo costo e ideal para trabajos de albañilería, fabricado en base a una mezcla de cal hidratada y puzolanas. Se emplean las cenizas de paja y de bagazo de la caña de azúcar y de la cascarilla del arroz como fuentes de puzolana.

Igualmente, las investigaciones demuestran que la cal hidratada es adecuada para la fabricación del cemento CP – 40 siempre que el contenido de CaO esté por encima del 40

%, para poder activar completamente la puzolana. Como referencia para estos aspectos se puede atender a la Norma ASTM 618 – 78.

La tecnología de producción se basa en los Molinos de Bola CM - 600 y CM – 1000, también desarrollados en el CIDEM. Estos molinos responden a los criterios de producción a pequeña escala, la que puede ser en un orden desde 1 hasta 5 toneladas diarias. Entre las principales características y propiedades del Cemento CP – 40 se pueden citar:

- Mezcla puzolana / cal en el orden de 70 % y el 30 % respectivamente (en pesos), pero nunca con menos del 20 % de cal
- Tiempo de fraguado inicial: máximo 2 horas y final: máximo 24 horas.
- Finura, por Ensayo Blaine entre 2000 – 3000 cm²/gr, o por retención en el Tamiz No. 200 ASTM, máximo el 10 %, en un tiempo de molienda de unos 50 – 70 minutos.
- Resistencia a la Compresión Simple, estudiada en especímenes de 40 mm x 40 mm x 160 mm de mortero con dosificación árido / cemento de 3 / 1, y considerando la Indian Standard IS 4098, los resultados mínimos deben satisfacer los 2 MPa a los 7 días y los 4 MPa a los 28 días.

El CP - 40 puede ser mezclado con Cemento Portland Normal para aumentar la resistencia a la compresión y además, la laborabilidad de la mezcla, entre otras. Con adiciones del 50 % se han alcanzado resistencias a la compresión de hasta 20 MPa a los 60 días.

El campo de aplicación recomendado con preferencia es los trabajos de albañilería en dosificaciones entre 2 / 1 a 4 / 1 (árido / cemento) y en la estabilización de ladrillos y bloques de suelo cemento. En diferentes proporciones de mezcla con el Cemento Portland puede tener una amplia aplicación, sirviendo incluso como plastificante de la mezcla y retardador del fraguado. El costo del Cemento CP – 40, factor principal de su razón de ser, está en el orden del 60 % al 70 % del costo de producción del Cemento Portland Normal, lo que justifica su empleo aún cuando se requieran proporciones mayores en la mezcla. En la producción de los Bloques Machihembrados se han obtenido resistencias a la compresión de hasta 6 MPa con relación suelo / cemento de 10 / 1, constituida la parte del cemento con una sustitución del 80 % del Cemento Portland por el CP – 40, en términos volumétricos. Esto es, una parte de Cemento Portland por cada cuatro partes del CP – 40 y de esta mezcla una parte por cada diez de suelo.

4- CONSTRUCCION DE PAREDES CON LOS BLOQUES MACHIHEMBRADOS

La práctica constructiva con estos elementos tiene la gran ventaja de la rapidez que implica la junta mecánica seca, pero requiriendo de un tratamiento cuidadoso y con rigor técnico en el replanteo y colocación de la primera hilada.

La primera hilada se coloca sobre la superficie terminada (bien nivelada) de la zapata o cimentación corrida, como albañilería tradicional, con junta húmeda, sobre un mortero de asiento. Esta primera hilada de bloques debe ser convenientemente impermeabilizada, para evitar la ascensión por la pared de la humedad por capilaridad. A partir de esta hilada el proceso de montaje es muy simple, guiado por el sistema de ranuras y nervios de los bloques, cuidando de mantener la verticalidad y las soluciones de esquinas y encuentros de paredes. El adiestramiento para adquirir la habilidad necesaria es muy simple, por lo que el trabajo se realiza por personal elementalmente calificado, supervisado y dirigido por un Maestro de Obras. La figura 3 muestra las paredes de una vivienda de 69 m² de superficie, levantadas en uno y medio día de trabajo (12 horas) por tres personas.

El nivel superior de las paredes se corona con una viga de cierre continua, que da unidad funcional al trabajo estructural y constructivo de las paredes, además de salvar los vanos sobre puertas, ventanas y otros.

5- TECHOS ABOVEADOS CON BLOQUES DE SUELO CEMENTO

El material constructivo de mayor costo suele ser el acero, usado como refuerzo del hormigón para tomar las tracciones que este no es capaz de resistir. En el caso de las construcciones con tierra el uso del acero sería económicamente contradictorio, además de

su incompatibilidad técnica como refuerzo de ésta, tanto desde el punto de vista de la necesaria adherencia como de la corrosión a que se vería sometido desde edades tempranas. Por estos motivos, entre otros que pudieran surgir de un análisis más exhaustivo, no es razonable proceder al techado de las viviendas a que nos estamos refiriendo, con paredes de bloques machihembrados de suelo cemento, con las tradicionales losas de hormigón armado, u otros componentes de igual material, como la de viga y losa, las viguetas y bovedillas, entre otras, aunque sean las de mayor arraigo en la población, con su crédito de una buena solución por segura y duradera.

Particularmente, en el caso de Cuba, las soluciones de madera, muy buenas para soporte de techos, resultan casi prohibitivas por la escasez de este material y cuando exista resulta entonces de alto costo. Si domina el factor económico, no se trata de “ahorrar” acero, sino de evitar las tracciones en el funcionamiento estructural del techo. Con este fin es bien conocido desde la antigüedad la configuración racional de las soluciones arqueadas, que incluye las Bóvedas de Camón (con apoyos corridos en sus bordes longitudinales), trabajando transversalmente a compresión. En Cuba, aunque esta fisonomía constructiva no responde a la tradicional, tampoco tiene el rechazo que les dan otros pueblos por razones de asociarlas a configuraciones de construcciones funerales.

Así, se ha usado la solución de techos de bóvedas de configuración parabólica, con los mismos bloques de suelo cemento de las paredes pero suprimiendo en la máquina las molduras que conforman las ranuras y nervios. O sea, no se trata en este caso de la junta machihembrada, sino con mortero, sobre un cofre desplazable que garantiza la configuración diseñada, sin implicar la preocupación del albañil por ella, como muestra la figura 4.

Si se diseñan las bóvedas con flecha mínima, pueden ser ocultadas de la visual exterior con un pretil de altura usual, si es que se desea mantener la imagen más común. Si este aspecto formal no resulta de importancia arquitectónica, las bóvedas pueden mostrar su desarrollo.

Resulta de importancia capital garantizar la total impermeabilización de las cubiertas, lo que se puede lograr por diferentes materiales y soluciones constructivas y con un mantenimiento regular en el tiempo.

El diseño y la dirección técnica de la ejecución de las obras de las soluciones mostradas, a modo ilustrativo de la tecnología, en las viviendas de las fotos de las figuras 3 y 4 fueron realizados por el autor.

Por la importancia de lograr el mejor uso urbanístico del suelo en los emplazamientos de viviendas, aun con las tecnologías de Bajo Costo, se han diseñado y construido conjuntos de viviendas de al menos dos pisos de altura. La foto de la figura 5 muestra una de esas realizaciones, con paredes y techos de bóveda, ambos de bloques de suelo cemento.

En la materialización del Proyecto 10 x 10, del Proyecto XIV – 5: “Con Techos” de Habyted – CYTED, ejecutado en Cuba con financiamiento Estatal y asistencia técnica de varios países participantes en ese Proyecto, se construyeron dos viviendas con paredes de suelo cemento y una con techo de bóveda, según diseño cubano, con experiencia en múltiples aplicaciones nacionalmente, además de Jamaica y Colombia, como Proyectos de colaboración.

6- CONCLUSIONES

De los diferentes aspectos antes desarrollados, se pueden plantear las siguientes conclusiones:

- En Cuba no se contó con fuerte antecedente precolombino del uso de la tierra como material de construcción. Las relativamente pocas aplicaciones de la tierra en el período colonial, quedaron al desuso durante la etapa de la República, al ser reemplazadas por los “nuevos materiales” de mayor estándar en el criterio social. Los programas

constructivos en general y de viviendas en particular, desarrollados nacionalmente entre 1959 y 1989, se realizaron principalmente con tecnologías industrializadas mediante la prefabricación de elementos y componentes de hormigón armado y pretensado, todo ello como viviendas sociales, lo que resultó un factor más en potenciar el criterio socio - cultural en la preferencia de esos materiales respecto al uso de la tierra.

- En la década de los años '90 del pasado siglo se produce una irrupción masiva del uso de la tierra como material de construcción de viviendas de Bajo Costo, por razones de crisis económica, la cual no logró la permanencia y consolidación aspirada, aunque aportó un antecedente inmediato para su perfeccionamiento y uso adecuado.
- En Cuba, por su ubicación geográfica en el Trópico Húmedo, el aseguramiento de la DURABILIDAD de las construcciones, y en particular las de tierra, es un aspecto de principal importancia que requiere las medidas tecnológicas adecuadas.
- La estabilización de los suelos que resulten aptos, mediante la adición de cemento y la compactación, conformando bloques machihembrados, es una solución técnica, económica y culturalmente con las mayores posibilidades para su desarrollo.
- La producción local y a pequeña escala de cementos tipo puzolánicos, como el CP – 40 es una alternativa técnica y económicamente aplicable.
- Los Proyectos de Construcción de viviendas, utilizando la tierra, deben seguir una reintroducción en el panorama constructivo nacional, para que vayan ocupando el espacio que les corresponda en la amplia gama de tecnologías constructivas indispensables para ese programa.
- Los trabajos de Cuba, en el uso de la tierra como material de construcción, principalmente de viviendas, deben seguir siendo un elemento de colaboración internacional en este campo, para lo cual el CYTED y su Proyecto Proterra, puede constituir una vía muy adecuada.

7- BIBLIOGRAFIA

- 1- Juan de las Cuevas Toraya: "500 años de construcción en Cuba". D. V. Chavin, Servicios Gráficos y Editoriales. S. L. Madrid (España), 2001.
- 2- Idamnis Monteagudo Rodríguez: Estructuras tradicionales de tierra en el Centro Histórico de la Habana. Conferencia Internacional Ecomateriales y Hábitat Sustentable, 23 al 27 de noviembre del 1998, Facultad de Arquitectura / CECAT, ISPJAE, La Habana, Cuba.
- 3- Nelson Navarro Campos: Las tecnologías constructivas desde una óptica socio – económicas. IV Conferencia Internacional de la Vivienda y el Urbanismo Cuba '98. Instituto Nacional de la Vivienda, La Habana, Cuba, 1998.
- 4- Nelson Navarro Campos y otros: Suelo Cemento. Fundamentos de su aplicación en Cuba. Instituto Nacional de la Vivienda. La Habana, Cuba. 1991.
- 5- Raúl Sánchez Mora: Viejos materiales, nuevas tecnologías. Construcción y Tecnología, Vol. II, No. 22, marzo de 1990, IMCYC. México D. F.
- 6- Nelson Navarro Campos: Applicability of Analytical Models of Shear Joints in Precast Structures. Warsaw University of Technology. Faculty of Civil Engineering, Warsaw. 1986.
- 7- Nelson Navarro Campos: Instrucción Técnica IT - 09 – 91, Bloques Machihembrados de suelo cemento. Comisión para el Desarrollo y Aplicación de los Suelos Estabilizados, CODASE. Instituto Nacional de la Vivienda, La Habana, Cuba. 1991.
- 8- Red Temática HABITERRA: Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificaciones de Adobe, Tapial y Ladrillo y Bloques de suelo – cemento. Ediciones E. G. La Paz, Bolivia. 1995.
- 9- Cecilio Acosta Valle: Estudio para determinar la capacidad de los suelos para la fabricación de elementos prensados de albañilería. Tesis. Cujae, La Habana, Cuba. 2000.
- 10- José Fernando Martirena Hernández: El Cemento CP – 40. Fabricación y empleo. Centro de Investigaciones de las Estructuras y los Materiales, CIDEM, Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Cuba. 1995.

NOTA FINAL

Ingeniero Civil, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular Consultante de la Facultad de Ingeniería Civil del ISPJAE, Investigador Titular del Centro Técnico de Viviendas y Urbanismo, CTVU, Instituto Nacional de la Vivienda, MICONS.

(T1-08)

IV SEMINARIO IBERO AMERICANO DE CONSTRUCCION CON TIERRA
"IV SIACOT"

TEMA I: TECNOLOGIAS Y CONSTRUCCION

**EXPERIENCIAS DE CUBA EN TECNOLOGÍAS DE CONSTRUCCION CON TIERRA
APLICADAS EN VIVIENDAS**

Nelson Navarro Campos

Ingeniero Civil, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular Consultante de la Facultad de Ingeniería Civil del ISPJAE, Investigador Titular del Centro Técnico de Viviendas y Urbanismo, CTVU, Instituto Nacional de la Vivienda, MICONS.

CTVU, Calle Tulipán esquina a Estancia, s/n, Nuevo Vedado, Plaza, Ciudad de la Habana, Cuba. Teléfonos (537) 8813599, 8816779. Email: nnavarro@ctvu.cu

FIGURAS

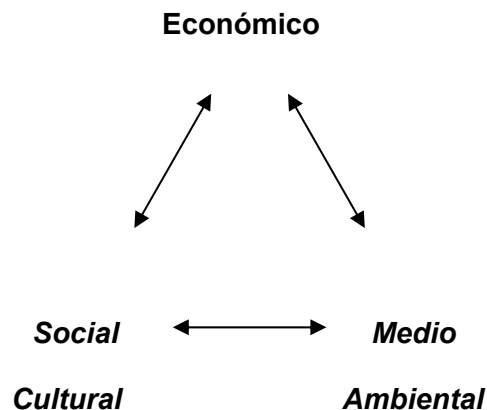


Figura 1: Esquema de los elementos básico de la sustentabilidad



Figura 2: Máquina manual de producción de Bloques Machihembrados de suelo – cemento

% de cemento	Coefficiente de Ablandamiento a 60 días	% de Absorción de Agua a los 7 días	% de pérdida de peso por humedad y secado a los 14 días, en 12 ciclos
2.5	0.52	8.25	8.28
5.0	0.69	5.96	6.80
7.5	0.73	6.32	3.89 **
10.0	0.81 *	3.92	2.84 **

* cumple con el criterio de que debe ser mayor del 80 %

** cumple con el criterio de que debe ser menor del 4 %

Tabla 1: Resultados de Ensayos para obtener parámetros importantes para estimar la Durabilidad de las construcciones de tierra.

% de cemento	Coeficiente de Ablandamiento a 60 días	% de Absorción de Agua a los 7 días	% de pérdida de peso por humedad y secado a los 14 días, en 12 ciclos
10.0	0.51	14.93	soportan sólo 5 ciclos

Tabla 2: Parámetros para estimar la Durabilidad obtenidos en un suelo A - 7- 5 resultando no apto por esta vía de estabilización



Figura 3: Paredes de una vivienda de 69 m² de superficie, levantadas con bloques machihembrados de suelo cemento prensado.



Figura 4: Construcción de techo abovedado con bloques de suelo cemento prensado



Figura 5: Conjunto de viviendas de Bajo Costo, en dos pisos de altura, de paredes y techos con elementos prensados de suelo cemento.