

# Viviendas con bajo consumo energético. Tipologías de diseño en el contexto cubano.

Recibido: 12/05/2016

Aceptado: 08/08/2016

Carmen Leyva Fontes<sup>1</sup>  
Ayméé Alonso Gatell<sup>2</sup>  
Miguel Reynoso Flores<sup>3</sup>

## Resumen:

Los asentamientos humanos en el contexto del desarrollo sostenible dejaron de ser una preocupación particular para convertirse en consignas básicas, transformadas en medidas para ser aplicadas en los diferentes países. En forma paralela el reconocimiento de lo limitado de las actuales reservas energéticas ha provocado, a nivel mundial, una reconsideración en la búsqueda y aprovechamiento de las fuentes y sistemas energéticos. Bajo estos términos, la vivienda adecuada para todos y la utilización sostenible de la energía, forman parte principal en premisas de programas y proyectos sostenidos a nivel mundial. Por lo general, los planes de interés social que apuntan a resolver necesidades habitacionales o de equipamiento no tienen en cuenta las metodologías de procedimiento y no incorporan en sus diseños criterios básicos que sustentan una arquitectura fundamentada en el adecuado uso de la energía sobre la base de los criterios de la sustentabilidad energética, dejando exento un vasto campo de aplicación, por esta razón constituye objetivo de este trabajo proponer variantes de viviendas con bajo consumo energético para la ciudad de Camagüey, que posibiliten un uso racional de la energía. Los resultados indican que la situación actual de la aplicación de los parámetros de sustentabilidad en viviendas de Camagüey, evidencia que aún resulta insuficiente la aplicación de indicadores de eficiencia energética en las viviendas, detectándose deficiencias en cuanto a: ubicación, forma y orientación, control y aprovechamiento de la iluminación y ventilación natural respectivamente y configuración constructiva del edificio. También, se proponen tipologías de diseño que cumplen con los parámetros de sustentabilidad energética.

## Palabras clave:

Arquitectura, consumo energético, Vivienda, Cuba.

## Abstract:

*Homes with low energy consumption. Types of design in the Cuban context.*

The slums in the context of the sustainable development stopped being a particular preoccupation to become basic slogans, transformed into measures to be applied in the different countries. In form it compares the recognition of the limited thing of the present power reserves has caused, at world-wide level, a reconsideration in the search and power advantage of the sources and systems. Under these terms, the house adapted for all and the sustainable use of the energy, form main part in premises of programs and projects maintained at world-wide level. Generally, the plans of social interest that aim to solve habitacionales necessities or of equipment do not consider the procedure methodologies and they do not incorporate in its designs basic criteria that sustains an architecture based on the adapted use of the energy on the base of the criteria of the power sustainability, leaving a vast field of application free, therefore constitutes objective of this work to propose variants of houses with low power consumption for the city of Camagüey, that make possible a rational use of the energy. The results indicate that the current status of implementation of the parameters of sustainability in housing Camagüey, evidence is still insufficient implementation of energy efficiency indicators in housing, detecting deficiencies in: location, shape and orientation, control and use of natural lighting and ventilation respectively and structural design of the building. Also, propose design typologies that meet energy sustainability parameters.

## Keywords:

Architecture, power consumption, house, Cuba.

<sup>1</sup>Arquitecta y Profesora Auxiliar. Master en Desarrollo Regional. Vicedecana Docente de la Facultad de Construcciones en la Universidad de Camagüey. carmen.leyva@reduc.edu.cu. Universidad de Camagüey, Cuba.

<sup>2</sup>Arquitecta y Profesora Titular. Doctora en Ciencias Pedagógicas. Decana de la Facultad de Construcciones en la Universidad de Camagüey. aymee.alonso@reduc.edu.cu. Universidad de Camagüey, Cuba.

<sup>3</sup>Ingeniero administrador de sistemas. Doctor en Educación por la Universidad Latinoamericana José Martí de Monterrey. mireynosoflores@gmail.com. Facultad de Ingeniería y Mecánica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

## 1. Introducción

La aplicación de los criterios de sostenibilidad y utilización racional de los recursos naturales disponibles en la construcción, requiere realizar cambios importantes en los valores que ésta tiene como cultura propia. Estos criterios o principios de sostenibilidad llevan hacia una conservación de los recursos naturales, a una maximización en la reutilización de los recursos, una gestión del ciclo de vida, así como a reducciones de la energía utilizada.

La arquitectura y la construcción son actividades que contribuyen al desarrollo social y económico de un país, problemas como el de la vivienda, el hábitat y la recuperación del patrimonio construido, son característicos de la contribución que estas actividades pueden dar a la sociedad.

La arquitectura, entendida como parte de la tarea de humanizar el entorno, de habilitarlo para la actividad humana, conlleva en sus actuaciones a una transformación que ha de analizarse e insertarse dentro de un sistema general de sostenibilidad. En muchas ocasiones, las construcciones se han desarrollado sin tener como uno de sus conceptos radicales la integración medioambiental, ya que ello depende de la voluntad de la sociedad que la vive, y de los profesionales que la construyen, la posibilidad de aprovechar, hacer caso omiso o destruir, las capacidades que el mismo proporciona.

Se hace necesario destacar que toda construcción sustentable tiene que ser bioclimática y ecológica ya que se deben considerar otros factores importantes como el clima, el uso de fuentes renovables de energía, y la incorporación y aprovechamiento de otros recursos renovables. Paralelamente debe ser económica, pero siempre a partir de una economía integral, sobre la base del análisis del ciclo de vida y que permita internalizar los costos iniciales, aquellos producidos por los impactos ambientales que pueda ocasionar, aplicando estos principios tanto a escala urbana como arquitectónica, así como en el diseño y en la ejecución.

## 2. Materiales y métodos

En este estudio se utilizan como métodos y técnicas de investigación el método de análisis y síntesis e inducción-deducción durante la conformación del marco teórico, tanto en la búsqueda como en la interpretación de la diversidad de argumentos que fueron valorados en torno al objeto de estudio.

Se utiliza el método histórico-lógico para analizar la evolución histórica y epistemológica del desarrollo

sustentable, indicadores y su acercamiento a la arquitectura.

Se abordan documentos teóricos que establecen los principios para la sostenibilidad y la arquitectura bioclimática así como algunos diseños considerados por expertos en la actualidad, lo que permite la obtención de la propuesta de variantes de tipologías de viviendas con bajo consumo energético para la ciudad de Camagüey, que posibiliten un uso racional de la energía, en aras de lograr la sostenibilidad en los proyectos de viviendas sociales.

## 3. Resultados y discusiones

Definir el concepto de desarrollo sustentable resulta una tarea compleja, debido a que ha sido apropiado por diversas corrientes político-ideológicas, que emiten un criterio o concepto distinto, siendo objeto de tergiversaciones y manipulaciones. Sin embargo, su manejo tan extendido nació de preocupaciones genuinas relacionadas con el ambiente y los sistemas de vida.

En la bibliografía consultada aparece indistintamente el término sostenible y sustentable y sus diferentes acepciones incluida la de la Real Academia Española que lejos de diferenciarlos los identifica. Para buscar homogeneidad en el sistema categorial utilizado en la presente investigación, se asume el término sustentable, definido en el informe Brundland en 1987 como "Aquel desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro, para atender sus propias necesidades", que para los fines de la responsabilidad social se corresponde con una actitud comprometida y responsable respecto al entorno. Este término, comenzó a acuñarse en los años setenta, en las reuniones preparatorias de la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano realizada en Estocolmo, Suecia en 1972, discutiéndose de manera especial, que el desarrollo debe incluir todas las dimensiones humanas y no sólo los aspectos económicos y productivos. El resultado de esta conferencia, fue una declaración donde se abordan los principales problemas relacionados con el medio ambiente: industrialización, explosión demográfica y crecimiento urbano. En 1974 se realiza la Conferencia de Cocoyoc, donde se emite una declaración inspirada en el concepto de eco desarrollo.

Otro paso importante fue la Cumbre de la Tierra, realizada en Río de Janeiro (Brasil) en el año de 1992, que dio un impulso al paradigma del desarrollo sostenible a través de tres tipos de sostenibilidad: ambiental, económica y social, reconociendo no solamente la crisis ambiental en sus diversas facetas sino como una crisis inmersa en los sistemas económicos y sociales.

Con el tiempo se han ido haciendo aportaciones teóricas que han profundizado en el concepto inicial, superando las visiones demasiado restrictivas que tendían a centrarse exclusivamente en los aspectos medioambientales. De este modo la propia Gro Harlem Brundtland, matizó en 2002 su definición inicial: “El desarrollo sostenible exige la integración de los objetivos económicos, sociales y medioambientales de la sociedad con el fin de optimizar el bienestar humano actual sin comprometer el bienestar de las generaciones futuras”.

En otras concepciones relacionadas con el tema, autores como Quiroga, R, (2001) y Sancho, A, García, G, Rozo, E, (2007) manifiestan que se asiste en la actualidad a un desarrollo profuso en el ámbito de los indicadores de sostenibilidad para la toma de decisiones, particularmente por parte de los países desarrollados, y en algunos países de la región, presentándose iniciativas que comprenden escalas diversas y enfoques metodológicos distintos. Algunos países están desarrollando indicadores de sostenibilidad ambiental, mientras que otros, trabajan desde el enfoque de desarrollo sostenible, esto es incorporando (pero no necesariamente vinculando) las dimensiones económica, social, ambiental e institucional del desarrollo. Los indicadores son herramientas concretas que apoyan el trabajo de diseño y evaluación de la política pública, fortaleciendo decisiones informadas, así como la participación ciudadana, para impulsar a nuestros países hacia el desarrollo sustentable.

La sustentabilidad no se identifica con ninguna de estas dimensiones en exclusiva. Es un macrosistema compuesto de tres sistemas con sus correspondientes procesos: (1) sistema ambiental, orientado a la conservación de los recursos como soporte básico de la vida y de las actividades humanas; (2) sistema económico, orientado hacia la eficiencia en el uso de los recursos y hacia la innovación y sustentado en unas finanzas públicas saneadas y (3) un sistema socio-cultural, orientado hacia la equidad distributiva, proveedor de servicios socio-culturales y gestionado a través de la participación. Aguado, I, Barrutia, J.M, Echevarría, C, (2008).

Según Khnor (2007), son dos los principios que están en la base del “desarrollo sustentable”: la precaución, que nos pide actuar con urgencia cuando es probable que exista un grave daño ambiental, aun cuando no se disponga de la totalidad de los hechos; y responsabilidad común pero diferenciada, que reconoce que el Norte es, e históricamente ha sido, el mayor responsable de la crisis y tiene más recursos, así como mayor responsabilidad de resolverlo.

Considerar el crecimiento económico sin tener en cuenta el bienestar de la sociedad integrado con el me-

dio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras, resulta erróneo, es por ello que en la cumbre de Río + 10 en Johannesburgo, se planteó un concepto más amplio de desarrollo sustentable sostenido en lo económico, lo social y lo ambiental. En este sentido en Cuba, en la ley 81 de Medio Ambiente, se define el desarrollo sostenible como: “un proceso de elevación sostenida y equitativa de la calidad de vida de las personas, mediante el cual se procura el crecimiento económico y el mejoramiento social, en una combinación armónica con la protección al medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales de modo que se satisfagan las necesidades de las generaciones presentes sin poner en riesgo las de futuras generaciones.”

### 3.1. *Arquitectura Bioclimática*

Se hace necesaria una aproximación de la arquitectura a la sostenibilidad. El diseño bioclimático o arquitectura bioclimática ha existido siempre, razón por la que algunos autores como Solanas, T (2007) y Rotondaro, R (2008), consideran que es un término redundante, pues toda arquitectura debe ser, por naturaleza, esencialmente bioclimática. Esta expresión es una forma de denominar al diseño arquitectónico y urbano, que optimiza las relaciones entre las personas que usan los espacios y el clima exterior. La adecuación de las soluciones arquitectónicas y urbanas a las condiciones climáticas del medio, reporta beneficios en cuanto al ahorro en el consumo energético de las edificaciones y también con respecto al bienestar térmico de las personas en los espacios interiores.

Los precursores del bioclimatismo fueron los hermanos Olgay, quienes por primera vez dieron un enfoque científico al diseño arquitectónico como respuesta a las condiciones del clima circundante. La concepción bioclimática busca diseñar edificios adaptados a su propio clima utilizando con acierto las transferencias naturales de calor (hacia y desde el edificio) y los recursos que la naturaleza ofrece (sol, viento, vegetación, tierra, temperatura ambiental) con la intención de crear condiciones de confort físico y psicológico limitando el uso de sistemas mecánicos de calefacción o climatización, lo que representa un ahorro importante para la sociedad.

Tratando de optimizar la relación hombre-clima mediante la forma arquitectónica la organización ECO-TECSA establece la siguiente definición:

...“Arquitectura bioclimática es aquella arquitectura que diseña para aprovechar el clima y las condiciones del entorno con el fin de conseguir una situación de confort térmico en su interior. Juega exclusivamente con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin necesidad de utilizar sistemas mecánicos complejos, aun-

que ello no implica que no se pueda compatibilizar.”

El análisis detallado de las condiciones climáticas debe ser analizado en función de establecer qué sucede con todas las variables cuando interactúan (viento, humedad, temperatura, radiación), y cuáles son sus consecuencias traducidas al bienestar humano, esto es, la sensación de confort. Una vez obtenidos los datos relativos al microclima local y combinados en parámetros ajustables a las necesidades humanas de bienestar físico, se debe analizar en qué medida y en que épocas del año dichas condiciones se corresponden (o se alejan) de las condiciones de confort. En este último caso, se estudia en qué sentido las condiciones ambientales difieren de las deseadas, y se plantean las estrategias arquitectónicas correctoras necesarias.

En correspondencia con la temática abordada en este estudio se toman como referencias los criterios de Flavio Celis D'Amico (2000) quien señala lo relativo a la rehabilitación de viviendas desde una lógica de ahorro energético. En este caso, la arquitectura tendrá que adecuarse a las ubicaciones y condicionantes del lugar. Si éstos imposibilitan un aprovechamiento óptimo de los condicionantes naturales, habrá que resolver los problemas incidiendo más en las soluciones constructivas y en el uso racional de los materiales de construcción, en especial en la sabia combinación y colocación de los aislamientos y de la inercia térmica.

### 3.2. La Energía y su relación con el Medio Ambiente

En la actualidad el mundo enfrenta un cambio decisivo en el plano energético, donde el patrón tecnológico basado en el uso intensivo de la energía y las materias primas está siendo progresivamente sustituido por un ambicioso plan ambiental apoyado en los nuevos paradigmas de la información y el conocimiento. Todos estos instrumentos buscan reducir la explotación continua del medio ambiente así como su protección y utilización equilibrada, estableciéndose que cualquier forma de desarrollo debe hacerse en armonía con el medio natural y sin perjuicio de las nuevas generaciones por lo que es esencial su sostenibilidad en el tiempo al evitar tanto a corto como largo plazo efectos colaterales indeseables.

La energía es un recurso clave en el proceso de la construcción sostenible y aunque su producción y posterior transformación para su consumo es una de las causas principales del deterioro ambiental del planeta, es evidente su carácter imprescindible en el desarrollo económico de este sector. Las fuentes de energía se clasifican en energías no renovables y en energías renovables. En el caso de las llamadas energías no renovables, son aquellas fuentes de energía que tienen un

carácter limitado en el tiempo y cuyo consumo implica su desaparición en la naturaleza sin posibilidad de renovación. Las energías no renovables pueden ser agrupadas en dos grandes grupos: los combustibles fósiles y la energía nuclear.

Por su parte las energías renovables son fuentes naturales como el sol, el agua, el viento y los residuos orgánicos, aunque es sin duda, el sol, el motor generador de todos los ciclos que dan origen a las demás fuentes.

#### 3.2.1. Parámetros de sustentabilidad en la construcción.

Dentro de la amplia posibilidad de líneas a seguir, es necesario establecer una serie de criterios básicos que permitan fijar objetivos que posibiliten analizar y medir tanto al inicio del proceso como a lo largo de la vida útil de los edificios. Considerando los recursos de los que se dispone en el ciclo constructivo: energía, terreno, materias primas y agua, se establecen cinco criterios básicos sostenibles:

- Grado de ocupación del territorio
- Aportación al cambio climático
- Variación del ciclo natural del agua
- Modificación del ciclo de los materiales
- Calidad de espacios habitables.

Estos criterios deben ser puestos en marcha mediante parámetros que definirán una actuación constructiva sostenible. Para la consecución de los mismos, el documento “Criterios Medioambientales en la Construcción de un Edificio”. Construmática (2007) define la forma de llevarlo a cabo mediante acciones concretas que influyen en uno o varios de los puntos que se enumeran a continuación:

1. Correcta integración en el ambiente físico
2. Adecuada elección de materiales y procesos
3. Gestión eficiente del agua y la energía
4. Planificación y control de la generación de residuos
5. Creación de atmósfera interior saludable
6. Eficiencia calidad-coste (coste eficaz).

Proyectar y construir según los principios de sostenibilidad significa poner la debida atención en el tema de los recursos ambientales, en las cuestiones relativas a la salud, al rendimiento energético de los edificios, al control de las tecnologías y de los procesos constructivos. Para ello existen técnicas básicas para construir con principios de arquitectura bioclimática, vinculadas a los llamados impactos directos e indirectos que consideran diversos lineamientos de confort y ahorro energético.

#### 3.2.2. Lineamientos para un alto grado de confort y ahorro energético.

En una edificación existen los llamados impactos directos e indirectos los cuales están muy relacionados con el confort y el ahorro energético. Los impactos directos no son más que los relacionados con la fase de construcción y utilización del edificio. Los impactos indirectos son los relacionados con diversos aspectos que influyen en el impacto global del edificio a lo largo del tiempo, así como con la actividad desarrollada y la forma de transporte y de vida de sus ocupantes.

Considerando el objetivo de este trabajo, se hará énfasis en los impactos directos, los cuales pueden ser referidos a través de diversos criterios de diseño como son: los sistemas pasivos y los sistemas activos. Los sistemas pasivos se emplean para reducir la demanda energética de la construcción y pueden ser analizados a través de unos lineamientos como son:

Lineamientos para Sistemas Pasivos:

1. Ubicación
2. Forma y Orientación
3. Aprovechamiento de la Ventilación Natural
4. Control de la Iluminación Natural
5. Configuración constructiva del edificio

Techos

Paredes

Ventanas y otras aberturas

Los sistemas activos o instalaciones se utilizan para aumentar el rendimiento energético, reduciendo los consumos de energía, pueden ser analizados a través de los siguientes lineamientos.

Lineamientos para Sistemas Activos:

1. Correcto diseño de instalaciones y equipamiento
  - Ahorro en aire acondicionado
  - Ahorro en calefacción
  - Ahorro en sistemas de refrigeración
2. Opciones más ecológicas

Dentro de las opciones más ecológicas las energías renovables pueden satisfacer por completo las necesidades del hogar sin consumir recursos de disponibilidad limitada. Los sistemas de abastecimiento de energía que recurren a una o varias de estas fuentes pueden instalarse en domicilios particulares de forma que no precisan estar conectados a las redes de distribución. Esta autonomía resulta una ventaja económica y, sobre todo, evita la participación en la explotación y contaminación de los bienes naturales.

La energía solar térmica.

Los paneles fotovoltaicos.

La energía eólica.

La bomba geotérmica.

### 3.3. Criterios de sustentabilidad para viviendas en Camagüey.

En Camagüey la arquitectura habitacional aunque se remonta a siglos pasados, evidencia la presencia de criterios de diseño bioclimáticos, como por ejemplo: paredes de gran espesor e inercia térmica (para almacenar el calor ganado durante el día y aprovecharlo por la noche), con mínimas aberturas al exterior (para evitar la entrada del aire caliente) y abiertos a un patio interior (generalmente con presencia de agua como recolectores de agua o tinajones, fuentes, estanques, entre otros) a través del cual los espacios interiores se relacionan con el exterior, regulándose el microclima de la edificación, se comenzó a hacer uso de los vitrales para tamizar la intensa luz solar, y aumentaron las dimensiones de los vanos cerrados con persianas que permitían regular el paso de la luz, el viento y las visuales. Los patios se llenaron de vegetación que proporcionaba la sombra necesaria para mantener un microclima interior más fresco que en los espacios exteriores como calles y plazas.

Con el crecimiento de la ciudad fue desapareciendo la medianería y el patio interior. Las edificaciones comenzaron a ubicarse en el centro del lote, de manera que la relación de los espacios interiores con el exterior se producía por la periferia. Desde finales de los años cuarenta irrumpió en Cuba el movimiento moderno, este nuevo estilo, proponía urbanizaciones abiertas donde los edificios estrechos se disponían en un espacio verde, suficientemente separados entre sí para garantizar el acceso de todos al sol.

Estudios desarrollados en los años setenta, demuestran que, a pesar de que puede lograrse la ventilación cruzada, las condiciones del microclima interior son más desfavorables en los edificios ubicados en urbanizaciones que en viviendas tradicionales en zonas urbanas.

Actualmente se trabaja en la revisión y actualización de las normas para el diseño bioclimático, con vistas a adaptarlas a las nuevas concepciones y facilitar su uso por parte de los profesionales del territorio. Varias entidades laborales de la provincia, vuelcan su trabajo al diseño y construcción de viviendas que además de proporcionar un espacio para vivir, logre reunir requisitos de diseño que proporcionen un alto grado de confort y ahorro energético a la sociedad. Se significan los siguientes:

Incorporar en las soluciones de proyecto conjuntamente con los criterios de la Física Ambiental y armonía con el paisaje, los criterios de calidad ambiental en el interior de las edificaciones por medios naturales, con el fin de alcanzar ahorro energético y condiciones de confort para los ocupantes.

Promover en los proyectos el empleo de fuentes renovables de energía y económicamente viables, que

permitan reducir los efectos nocivos sobre la atmósfera y lograr mayor ahorro energético.

Lograr la racionalidad funcional, estética y ambiental de las soluciones de viviendas, así como su vinculación con las áreas exteriores y paisajismo.

Introducción de los logros de la ciencia y la técnica de tecnologías de punta que conforme una gestión ambientalmente segura y adecuada.

Promover y contribuir al desarrollo de la formación de una conciencia ambiental mediante la educación, divulgación e información ambiental, de todos los trabajadores.

Muchas de las deficiencias de la arquitectura cubana contemporánea en general, y de Camagüey en particular, tienen su origen en los métodos de enseñanza y en el predominio de los factores económicos al evaluar y aprobar los proyectos, sobre todo en las nuevas obras que se comienzan a construir en la década de los noventa, e incluso en las modificaciones actuales de edificios realizados en el pasado. La práctica demuestra que aún es insuficiente la aplicación de los indicadores de eficiencia energética, pues se incumplen indicadores como: inadecuada ubicación de los edificios, formas y orientaciones apropiadas y el empleo de sistemas prefabricados que aunque son en ocasiones económicos, no son siempre factibles en cuanto al ahorro energético. Se hace necesario además, el uso de las fuentes renovables de energía, factor en el que se debe hacer conciencia para su utilización, por las características apropiadas que brindan la utilización de estos recursos.

Para el diseño de viviendas con un alto grado de confort y de eficiencia energética, es necesario entonces comenzar a construir con una arquitectura que se caracterice por presentar diseños bioclimáticos. El comportamiento térmico es una de las variables más importantes a tomar en consideración en las estrategias de adaptabilidad bioclimática de viviendas. Fuentes, C (2014), se refiere básicamente a las condiciones del ambiente higratérmico al interior, pero desde el punto de vista de la relación del equilibrio entre las condiciones de temperatura del aire y humedad relativa de un lugar determinado lo que posibilitaría que las construcciones se diseñen con un mejor sentido de la transparencia espacial interior-exterior, todo esto combinado con la utilización de una buena iluminación natural y una ventilación adecuada donde la vegetación desempeñe el rol protagónico, para así poder contribuir a un desarrollo sustentable.

### *3.4. Criterios de diseño para lograr soluciones sustentables e integradas con el medio ambiente. Contexto Camagüey.*

Este estudio muestra algunas experiencias para el

desarrollo e implementación de indicadores de sostenibilidad ambiental introducidas en tipologías de viviendas que cumplan con estos requerimientos. Los modelos diseñados pueden ser viables y económicamente rentables. Se trata de introducir, paulatinamente, mejoras en el diseño arquitectónico y en las soluciones constructivas de los edificios, de tal modo que con un pequeño incremento de costes, se obtengan notables beneficios en ahorro energético y adecuación ambiental. Las propuestas no implican complejas transformaciones de la industria productiva actual (utiliza materiales habituales en el proceso constructivo), y no interfiere en los planeamientos estratégicos de desarrollo. Estos modelos se muestran en consonancia con las normativas internacionales a aplicar en los conceptos de eficiencia energética y protección ambiental y suficientemente flexible para adaptarse a diferentes necesidades y demandas económicas y sociales. Además, se trata de un modelo perfectamente adaptable a la idiosincrasia social y económica de cada lugar, y por tanto perfectamente compatible con las necesidades de desarrollo y sostenibilidad a las que se enfrenta el país.

En la propuesta se consolidan criterios elementales y fundamentales de confort en la arquitectura utilizando para ello variables ambientales de climatización natural: sol, calor, viento, luz y sonido. Los principios expuestos se enmarcan en los conceptos y lineamientos mundiales del Hábitat Sostenible, señalado en la filosofía del Bioclimatismo en la Arquitectura, en la Agenda 21 (NN.UU. 1992) y en la “Declaración de Interdependencia para el Desarrollo Sostenible” del XVIII Congreso de la U.I.A. (Chicago 1993).

Las tipologías propuestas, sintetizan las características de la vivienda bioclimática tanto para el caso de las viviendas individuales como de los edificios multifamiliares, tomando en cuenta las condiciones naturales, el clima y tratando de aprovechar al máximo la trayectoria del sol, los vientos y todos los factores climáticos que puedan influir en la adaptabilidad a un contexto determinado.

Para el caso de las variantes de vivienda dúplex y edificio multifamiliar se consideran los parámetros de sustentabilidad establecidos. Para facilitar la comprensión del diseño de las propuestas, se plantean los criterios generales a partir de las variables de diseño: espacio-funcional, técnico-constructivo, expresión formal y físico-ambiental.

#### *3.4.1. Vivienda dúplex unifamiliar. (Figuras 1 y 2).*

Variable Espacio-Funcional:

La vivienda de tipo dúplex proyectada para cuatro personas, ocupa un área construida de aproximada-

mente 65 m<sup>2</sup> y se podrá acceder a través de un portal. El primer nivel se distribuye en recibidor, sala, comedor, cocina, baño y patio de servicio, con una escalera hacia el segundo nivel, donde se encuentran tres dormitorios, uno matrimonial y dos personales, un baño y una pequeña terraza. Las circulaciones del primero y segundo nivel están dadas por pasillos que permiten la relación de los espacios.

#### Variable Técnico-Constructivo:

La vivienda presenta una tipología constructiva tradicional, compuesta por muros de ladrillo de 0.15m, presenta una cimentación aislada, compuesta por dados de hormigón ciclópeo y de rajón, donde se coloca una viga de cimentación con sección de 20x25 cm, y se le colocan barras de acero en el sentido longitudinal y cercos. Sobre la superficie de la viga de cimentación se impermeabiliza con mortero de cemento y arena para romper la capilaridad. A la altura de 2.10 m del NPT, los muros se cierran con vigas de hormigón armado (cerramiento o anilla). La meseta de la cocina, el baño y el patio de servicio se reviste con azulejos de 0.15x0.15m hasta una altura de 0.60m respecto al superficie terminada de la losa de meseta y de 1.20m a 1.80m respecto al NPT del baño, en cambios los pisos son de baldosas de 0.30x0.30 y rodapiés de baldosas en todo el perímetro de los muros. La cubierta en ambos niveles es de hormigón armado con pendientes entre 2 y 4% para una adecuada evacuación pluvial.

La carpintería utilizada es de aluminio ya que tiene más vida útil, en cuanto a las dimensiones, en el caso de las ventanas se propuso dos tamaños, una de 1.40x1.20m para la mayoría de los espacios y para la cocina y los baños de 1.20x0.70m. Las puertas, serán de 2.10x0.90m y variarán de acuerdo al diseño. En la zona del patio de servicio, por ser un lugar que se debe encontrar semiabierto, se propuso el uso de celosías, que permiten ventilación e iluminación natural de una forma controlada.

Para las instalaciones hidro-sanitarias se utiliza en el caso de las instalaciones hidráulicas tuberías de polipropileno pudiendo utilizarse ¾” para la línea de entrada y ½” para el resto del sistema y debe colocarse llaves de paso. En las instalaciones sanitarias se utilizan tuberías de PVC, con diámetros de 4” y 2” y pendiente entre el 1 y el 2%. Las instalaciones eléctricas son empotradas empleando canalizadores de PVC de ½”, se utilizan cables de TW-10 y TW-12 para la línea principal, cables TW-14 para los interruptores y cables TW-12 en la alimentación de los tomacorrientes. Las salidas para los interruptores están a 1.20m y las salidas para los tomacorrientes a 0.45m respecto al NPT.

#### Variable Expresión Formal:

Con altura entre 6.50 m y 7.00 m, la vivienda se

caracteriza formalmente, por un diseño de volúmenes entrantes y salientes que logran un mayor dinamismo y movimiento volumétrico, además con el empleo de la línea recta y curva combinada se obtienen resultados más libres y puros en las fachadas. Los colores propuestos, se encuentran dentro de la gama de los naranjas, que además de ser colores tropicales, le brindan al diseño un aire de frescura. Se utilizan los tonos claros para resaltar los volúmenes principales, mientras que los oscuros para jerarquizar curvas, así como elementos de protección solar, tanto verticales como horizontales, con el objetivo de crear contrastes, mejorar visuales y evitar diseños monótonos.

#### Variable Físico-Ambiental:

Para lograr una correcta ventilación natural, se colocaron las ventanas en paredes opuestas, logrando una relación eficiente entre el área de entrada del aire y el área de salida, favoreciendo la ventilación cruzada, otra solución óptima para el logro de una buena ventilación, es el uso de un patio interior, el cual permite la circulación del aire hacia los espacios interiores, este patio interior, aunque no se encuentra descubierto totalmente, presenta una teja traslucida apoyada sobre muros esquineros, dejando libre los laterales para la salida del aire caliente.

Otro elemento importante es la protección solar; en el caso de esta vivienda, se utilizaron aleros de 0.60m que pueden resultar efectivos en cualquier tipo de orientación, son utilizados no solo por protección, sino para evitar que la lluvia se escurra por largos tramos de superficies verticales, permitiendo que las ventanas puedan permanecer abiertas proporcionando ventilación, iluminación natural y visuales, mientras llueve. En cuanto a las fachadas Este y Oeste, se protegieron con la combinación de aleros y elementos verticales, aprovechándose así el doble efecto de protección que producen, por su parte en la fachada sur se proponen aleros, ya que aquí se encuentran locales como la cocina, baño y patio de servicio que necesitan del sol por las paredes húmedas. Es válido señalar, que la vegetación juega un papel importantísimo ya que como consecuencia del llamado “efecto de la sombra viva”, emplea la radiación recibida en realizar la fotosíntesis y no refleja calor alguno.

La iluminación natural, es un elemento clave que puede ser logrado si se analizan los requerimientos específicos de cada local, es por ello que en la vivienda se propone, que cada espacio tenga una ventana que comunique con el exterior, serán de aluminio y de tipo miami, abatibles con lucetas de cristal en la parte superior para aprovechar la iluminación natural aun cuando estén cerradas. Se propone el empleo de colores claros en las superficies exteriores que reflejan la luz hacia las

ventanas y en las superficies interiores de las habitaciones de la vivienda contribuye a incrementar considerablemente la iluminación interior, aun sin aumentar el área de las ventanas.

Unido a estos elementos del diseño de la vivienda, se une el empleo de las *fuentes renovables de energía* para contribuir al ahorro energético. En el caso que nos ocupa, se propone la utilización de un calentador solar acumulador o calentador compacto que además de ser dispositivos sencillos, son generalmente eficientes y de bajo costo. El calentador propuesto para la vivienda consta de un tubo de aluminio, ladrillos y vidrio, un calentador de este tipo bien construido y aislado puede conservar el agua caliente, inclusive por la noche.

Otra propuesta que permite una buena eficiencia energética, es el empleo de un mini generador eólico, el cual es un equipo muy sencillo y se puede construir con pocos recursos, el mismo, suministra una energía equivalente a la que proporciona un panel fotovoltaico, con un costo muchísimo menor. Este tipo de energía denominada energía eólica utiliza la fuerza del viento para obtener electricidad; un molino recibe el viento y un generador lo transforma en electricidad, que es almacenada en baterías.

### 3.4.2. Edificio Multifamiliar. (Figuras 3 y 4).

#### Espacio-Funcional:

El edificio, está compuesto por dos células básicas, la primera de 52m<sup>2</sup>, para tres personas, distribuida en sala, cocina-comedor, dos dormitorios, uno matrimonial, y otro personal, con balcón respectivamente, baño y un patio de servicio, la segunda, una célula funcional para dos personas de 34m<sup>2</sup>, conformado por sala, cocina-comedor, un dormitorio, baño y patio de servicio. Ambas células son repetidas por cada nivel, lográndose cinco apartamentos por piso para un total de 15 apartamentos. Es válido señalar, que el edificio se desarrolla a partir de una planta libre que puede constituir un área de descanso. Esto afecta al mínimo el impacto al medio ambiente ya que disminuyen los trabajos de movimiento de tierra, menos peso del edificio sobre el suelo y favorece la ventilación natural.

#### Variable Técnico-Constructivo:

El edificio se diseña a partir de un sistema constructivo denominado Bloque-Panel. El mismo se adoptó a partir de las experiencias adquiridas con el sistema constructivo Sandino, lográndose una solución más adecuada y más económica. Se basa en el empleo de elementos prefabricados de hormigón y hormigón armado, elementos tradicionales de mampostería para paredes y diferentes tipos de cubiertas, lo que garantiza una rápida ejecución y ahorro de materiales.

Se realizó una cimentación corrida, empleada para

estratos resistentes pocos profundos y en zonas no sísmicas, esta cimentación tiene como características que la zapata es prefabricada descansando en un mortero de asiento; dentro de la cajuela corrida del dintel de zapata, se coloca una armadura de barras de acero. Con esta solución de dintel prefabricado se tiene la ventaja que al servir como encofrado para el hormigonado "in situ", produce un ahorro de madera, hormigón y acero de refuerzo, garantizando rapidez de la ejecución en esta etapa constructiva. La característica principal de este sistema es el uso de los paneles empleados como cierre y tabiques divisorios, el cual logra flexibilidad en las soluciones como en esta propuesta, dado por la variedad en sus longitudes, lo que lo hace manipulables en el momento de su montaje en la obra, mejorando sustancialmente el confort térmico y permite la aplicación de la terminación integral durante el proceso de moldeado del mismo, lo que redundará en ahorro para el mantenimiento de la edificación.

Desde el punto de vista de la ejecución, agiliza la construcción de las paredes de la edificación, y repercute en el ahorro de materiales debido a que las superficies exterior e interior del panel y de la columna quedan contenidas en un mismo plano por lo que no es necesario el repello adicional para lograrlo, además de la contribución que ofrece a la estabilidad del muro.

La cubierta está compuesta por semiviguetas de hormigón pretensado y bovedillas de hormigón para lo cual no se requiere de apuntalamiento para su construcción. La carpintería utilizada es de aluminio, en el caso de las ventanas la propuesta es de tipo miami, abatibles con lucetas de cristal, con un dimensionamiento de 1.20m x 0.70m, para la mayoría de los espacios con excepción del baño que son de 0.70m x 0.70m. Las puertas por su parte serán de 2.10m x 0.90m también con lucetas de cristal. En el caso del patio de servicio se hará uso de celosías, considerando las características particulares que debe tener este espacio.

#### Variable Expresión-Formal:

Se trabajó en su expresión formal, lográndose juego de volúmenes mediante módulos entrantes y salientes a partir de la organización espacial de los apartamentos, además de los elementos de protección solar, tanto vertical como horizontal, obteniéndose un resultado mucho más dinámico y puro al emplearse la línea recta. Se emplearon colores claros y fuertes dentro de la gama de los verdes, transmitiendo un aire de tranquilidad y frescura.

#### Variable Físico-Ambiental:

Para lograr las mejores condiciones posibles de ventilación por la vía natural se colocaron las ventanas en paredes opuestas, alcanzándose una óptima ventilación cruzada, ya que las velocidades del aire en los

espacios interiores pueden llegar a duplicarse, por ello la ubicación de las ventanas es muy importante para procurar una distribución uniforme del flujo del aire por la zona de uso, donde se encuentran las personas.

Para lograr un edificio que tenga alto grado de confort, es necesario evitar la entrada directa de los rayos solares, sobre todo en los espacios interiores, no sólo para evitar el deslumbramiento que produce, sino por razones térmicas.

Se utilizan elementos de protección solar como aleros de 0.45m, para evitar el paso de la radiación solar directa a los espacios interiores y permitir que las ventanas puedan permanecer abiertas mientras llueve. Esta protección incrementa la durabilidad de las paredes y ventanas y reduce los costos de mantenimiento y reparación, los aleros ayudan a disminuir los efectos negativos y molestias del deslumbramiento ya que evitan la observación directa de la bóveda celeste en los planos más altos donde su luminosidad es elevada, y contribuyen a una distribución más uniforme de la iluminación en los interiores.

Para lograr una buena iluminación se ubicaron el área mínima de ventanas necesarias, en dos ventanas separadas, buscando una mejor distribución interior no sólo de la luz, sino también de la ventilación natural. Las ventanas en los extremos de la pared exterior favorecen además, la reflexión de la luz en las paredes interiores perpendiculares a la exterior, incrementando el nivel de iluminación en el local y atenuando el contraste entre la luminosidad de la ventana y la pared en penumbras.

Esta separación del área de ventanas requerida en dos vanos más pequeños es favorable también desde el punto de vista del ruido exterior que entra por la ventana y de la ventilación. Las ventanas propuestas, son de aluminio, pintadas de color claro ya que el resultado es mucho más favorable con respecto a las ventanas pintadas de colores oscuros, que a pesar de que favorecen la percepción de la ventana como figura contra el fondo de la pared más clara en la composición exterior del edificio, constituye una práctica errónea, no sólo por disminuir el nivel de iluminación interior, sino también, por el deslumbramiento que ocasiona al mirar a través de la ventana la bóveda celeste brillante en contraste con la ventana oscura.

La fuente renovable fundamental de energía que se propone en este caso, lo constituye el uso de paneles fotovoltaicos, los cuales permiten, aprovechar la energía luminosa de la radiación solar para generar directamente corriente eléctrica. Una de las ventajas de estos sistemas es su autonomía e independencia, además de la confiabilidad en su funcionamiento, tiene una distribución amplia, ya que el sol que es la fuente principal

de calor llega a todos los lugares, es un sistema simple que requiere de poco mantenimiento, puede durar entre 15 o 20 años, es silencioso y es posible agregar paneles fácilmente si se necesita más potencia.

#### 4. Propuesta de variantes de viviendas con criterios de sustentabilidad energética.

Figura 1. Vivienda Dúplex Unifamiliar, proyectada para cuatro personas, con un área construida de aproximadamente 65 m<sup>2</sup>. Niveles 1 y 2.



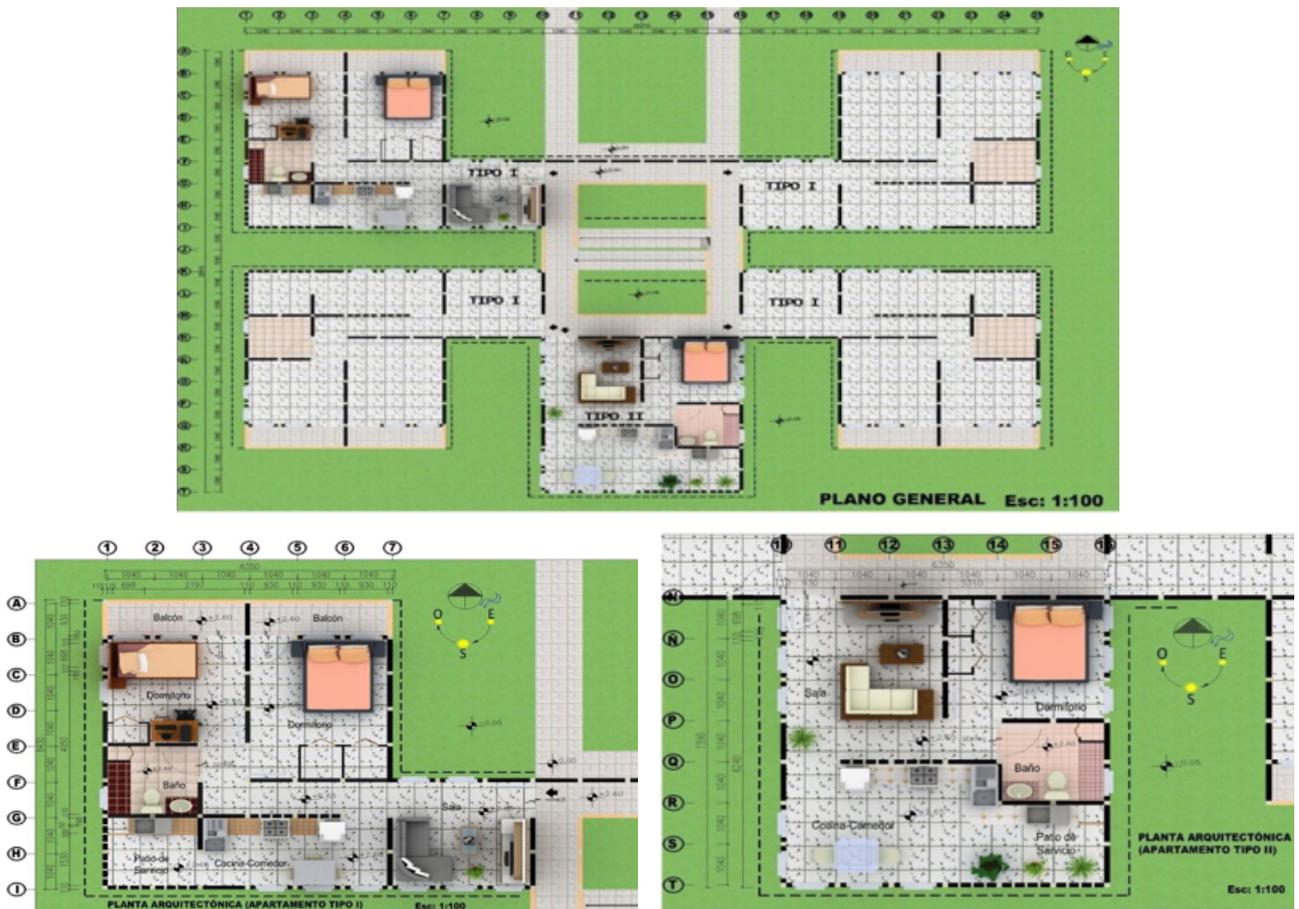
Fuente: Elaborada por los autores.

Figura 2. Fachadas de Vivienda Dúplex Unifamiliar.



Fuente: Elaborada por los autores.

Figura 3. Edificio Multifamiliar, de cuatro plantas, conformado por dos células básicas. Plantas arquitectónicas apartamento tipo I y tipo II.



Fuente: Elaborada por los autores.

Figura 4. Propuesta de fachadas de edificio multifamiliar



Fuente: Elaborada por los autores.

## 5. Conclusiones

1. La aplicación de los principios bioclimáticos al diseño de viviendas, da solución al clima, forma, ubicación, etc., aprovechando los recursos con una adecuada integración al medio ambiente y al consumo de energía.

2. Los resultados del diagnóstico sobre la situación actual de la aplicación de los parámetros de sustentabilidad en viviendas actuales en Camagüey, evidencia que aún resulta insuficiente la aplicación de indicadores de eficiencia energética en las viviendas, detectándose deficiencias en cuanto a: ubicación, forma y orientación, control y aprovechamiento de la iluminación y ventilación natural respectivamente y configuración constructiva del edificio.

4. Las tipologías de diseño propuestas, cumplen con los parámetros de sustentabilidad energética establecidos en el trabajo y contribuyen al uso racional de la energía.

## 6. Referencias

AGUADO, Itziar, ETXEBARRIA, Carmen y BARRUTIA, J.M. (2008). "Indicadores de desarrollo

humano sostenible: análisis comparativo de la experiencia española". Publicado en: Ciudad y Territorio. Estudios territoriales, vol. XL, n°. 155, pp. 41- 57.

CELIS D'Amico, F (2000). "Arquitectura bioclimática, conceptos básicos y panorama actual". Universidad Politécnica de Madrid. Madrid (España), noviembre de 2000.

"CRITERIOS MEDIOAMBIENTALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO". CONSTRUCCIÓN MÁTICA. [En línea] 2007. <http://www.construmática.com/construpedia>.

FUENTES, Carlos Alberto (2014). "Adaptabilidad higrotérmica de la vivienda tradicional en Tampico, México". Contexto Revista de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Volumen VIII, número 09, septiembre 2014. P 77-97.

GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE CUBA. Ley No 81/87. Ley de Medio Ambiente. Julio 1997.

KHNOR, Apud, y GLENDA Dimuro (2007). "Los conceptos de sostenibilidad y de desarrollo sostenible". Disponible en <http://www.eumed.net/libros/2009b/542/conceptosdesostenibilidadydedesarrollostenible.htm>.

LEIVA, Jorge (2012). "Pensamiento y práctica de la planificación en América Latina". Gestión Pública, N° 75, Marzo, CEPAL, 59 pp.

ORGANIZACIÓN ECOTECSA (2000). "Arquitectura bioclimática". Disponible en <http://www.ecotec2000.de/espanol/arqfaq/arqtop.htm>

QUIROGA, Rayén (2001). "Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe". Serie Manuales - CEPAL No.55. Santiago de Chile, septiembre de 2001. División de Estadística y Proyecciones Económicas.

ROMERO, G. (2001). "La producción social del hábitat: reflexiones sobre su historia, concepciones y propuestas. Documentos para discusión.

RAYÉN Quiroga. (2001). "Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectiva". Serie Manuales - CEPAL No.16. Santiago de Chile, septiembre de 2001. División de Medio Ambiente y Asentamientos humanos.

RAMIREZ, R (2015). “Cuerpo, Paisaje y Ambiente en la Ciudad del Siglo XXI: Imaginarios Culturales del Hábitat y los Entornos”. Contexto Revista de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Vol.9, Nª 10, Marzo 2015. pp 43-56.

ROTONDARO, R (2007). “Arquitectura de tierra contemporánea: tendencias y desafíos”. APUNTES vol. 20, núm. 2 (2007): 342-353.

SANCHO, A y Rozo, E, (2007). “Comparativas e indicadores de sostenibilidad para destinos desarrollados, en desarrollo y con poblaciones vulnerables”. Publicado en Annals of tourism research en Español. Volumen 9 No.1 2007, pp 150-175.

SOLANAS, T (2008). Vivienda y sostenibilidad en España unifamiliar”. (Vol. 1): Editorial: Gustavo gili. ISBN 9788425221040. p 208.