

REPERCUSIONES ENERGÉTICAS Y ECONÓMICAS DEL USO DE LA MADERA COMO ELEMENTO CONSTRUCTIVO PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN VENEZUELA

Eric Barrios¹, Wilver Contreras M.², Mary Owen de C.³

RESUMEN

Se analizan las principales fortalezas de la madera como material de construcción, resaltando su mayor sostenibilidad medioambiental, menor consumo energético en su proceso de transformación a productos acabados respecto a otros materiales tradicionales de construcción, y por ser un buen material aislante, repercute en un ahorro sustancial de energía eléctrica una vez puesto en obra. La presente investigación demuestra analíticamente las verdaderas posibilidades del ahorro económico y energético del uso de la madera, en caso de que se llegase a establecer, por parte de la Administración central, un Plan Nacional de construcción de viviendas sociales en el periodo de un decenio. Así, se podría disponer de ese recurso energético y económico para otros fines que requiera el aparato productivo nacional. También repercutiría en evitar el consumo de recursos naturales no renovables (hierro, hidrocarburos, bauxita, etcétera) para la elaboración de materiales de construcción. Al utilizar las plantaciones de pino caribe del sur de los estados Anzoátegui y Monagas se disminuye la presión de los bosques naturales de las Reservas Forestales (primordialmente la de Imataca, Estado Bolívar). Finalmente, este trabajo, ayuda a develar asuntos sobre esta materia que son prácticamente desconocidos en Venezuela y en buena parte de América Latina.

Palabras Claves: Venezuela, madera, productos forestales, vivienda, aislamiento térmico, consumo energético.

¹ Ing. Ind. For. M.Sc. Estudiante del Programa de Estudios de Doctorado en Arquitectura de la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Arquitectura y Urbanismo (UCV-FAU). Profesor de la Universidad Nacional Experimental de Guayana (UNEG). Investigador del Centro Biotecnológico de Guayana (CEBIOTEG). Email: ericbarrios@latinmail.com

² Arq. M.Sc. Doctorando Universidad Politécnica de Valencia, España. Profesor del Área de Diseño Industrial y Arquitectura de Productos Forestales, Edificaciones y Muebles CEFAP – ULA. Investigador LNPf – MARN – ULA. Email: wilconmi@doctor.upv.es

³ Arq. M.Sc. Doctorando Universidad Politécnica de Valencia, España. Profesora del Área de Tecnología de Diseño Industrial. Escuela de Diseño Industrial. Facultad de Arquitectura y Arte. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Email: marowen@doctorado.upv.es

ENERGETIC AND ECONOMIC REPERCUSSIONS OF WOOD AS BUILDING BLOCK FOR SOCIAL HOUSING CONSTRUCTION IN VENEZUELA

SUMMARY

We analyze the principal strengths of wood as construction material, emphasizing its greater environmental sustainability, lower energy consumption in its transformation process to finished products as compared to other traditional construction materials, and on its substantial saving of electrical energy, once implemented in a job, due to its insulating properties. Assuming that Central Administration established a national plan for social housing construction, this study demonstrates, in an analytical way, the true potential of wood for economic and energy savings that could be achieved in a decade, the extra energetic and economic resource would directly benefit the national productive apparatus. Furthermore, this study would contribute to a reduction in the consumption of non-renewable resources, such as iron, hydrocarbons, bauxite, etc, used in the elaboration of construction materials, by using instead the Pine Caribe plantations of Anzoategui and Monagas states. In turn, we expect a reduction in forest exploitation of national reserves, primarily those of Imataca in Bolívar State; finally, this work increases the knowledge on this matter mostly unknown in Venezuela and in good part of Latin America.

Keywords: Venezuela, Wood, forest products, housing, thermal insulation, energy consumption.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo intenta sumarse a los esfuerzos que se han venido desarrollando en los últimos años a nivel mundial dentro del gremio de profesionales de la arquitectura e ingeniería, en pro de concienciar, capacitar y promocionar a toda la sociedad en general sobre todas las fortalezas que tiene la madera como un material amigable con el medio ambiente, pero especialmente, como fundamento para el establecimiento definitivo de planes sociales de la Administración, caso de Venezuela, para la construcción de viviendas y muebles de interés social en el intervalo de tiempo de 10 años.

Se inicia el estudio haciendo un breve resumen de la situación actual de la energía en Venezuela, sus tipos y el consumo promedio por sector económico. Seguido, se trata el tema de la madera como el material energético del futuro en donde se resalta las verdaderas fortalezas que tiene la madera, la cual al ser aprovechada de forma sostenible se transformaría en el material constructivo y energético del presente siglo. Todo desde una mirada más protagónica, es decir, la madera como pilar del recurso forestal internacional y a su vez de la estabilidad mundial respecto a la existencia misma del planeta Tierra. De ahí que de seguirse explotando los recursos naturales y elaborando productos y servicios industriales, bajo el modelo económico-productivo tradicional, sumado a los ascendentes niveles de explosión demográfica, la capacidad de carga del planeta no podrá resistir tantos desmanes medioambientales. Muestra de ello se puede apreciar, desde una óptica nacional, que las tasas de deforestación en Venezuela, ya están generando graves problemas de pérdida de biodiversidad, recursos hídricos, erosión y procesos incipientes de desertificación y con ello la pobreza del suelo en buena parte de la región centro occidental.

Dentro de este contexto, los recursos hídricos al sur del río Orinoco se han visto, por igual, acechados por la explotación irracional de los bosques de las Reservas Forestales, especialmente de la Reserva Forestal de Imataca, estado Bolívar, lo cual pondría en riesgo la estabilidad futura de los complejos hidroeléctricos del Guri y Macagua. Por todo ello, se pretende promocionar, desde la visión del Diseño Ambientalmente Integrado (DAI), las fortalezas de explotar de forma sostenible las plantaciones forestales de pino caribe (*Pinus caribaea* var. *Hondurensis*) para que la Administración central pueda establecer de manera concreta un Plan Nacional de construcción de un millón de viviendas de interés social en un período de 10 años. Ello podría traer beneficios económicos, energéticos y sociales para la economía nacional y la

sociedad venezolana en pleno, especialmente, la perteneciente a los estratos sociales más bajos desde el punto de vista socio-económico.

Luego se expone un estudio técnico sobre la madera y sus propiedades físicas de transmisión y conductividad térmica, para ser comparada con respecto a otros materiales tradicionales de construcción, el posible ahorro energético de la electricidad proveniente de los sistemas hidroeléctricos de Venezuela, para llegar después y como punto final a un análisis técnico conceptual de cuáles serían esos posibles ahorros económicos y energéticos al cabo de un decenio. Para realizar un análisis cuantitativo, se ha tomando como ejemplo base un prototipo de vivienda construido mayoritariamente con madera, y el mismo prototipo, construido con materiales tradicionales. Finalmente, es importante resaltar que este tipo de investigación en que se compara los diferentes materiales desde el punto de vista de los gastos energéticos de los materiales constructivos y sistemas constructivos para la elaboración de edificaciones, ha sido muy poco tratado por la bibliografía técnica de la ciencia y tecnología de la madera, tanto en el ámbito internacional, donde han llegado a trascender los trabajos, entre otros, de Buchanan y Honey (1994), Lawson (1995), Alcorn y Baird (1996), Kim y Rigdon (1997), y como en el ámbito de Venezuela, se puede reseñar el trabajo de Cilento (1998).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo del presente trabajo se realizó aplicando la metodología denominada, la Estrategia General de Resolución de Problemas de Gómez – Senent (2002), de la *Teoría de las Seis Dimensiones del Proyecto*. La estructura de la metodología permitió llegar a definir las siguientes fases aplicando las interacciones respectivas: (I) Estudio de las posibilidades reales del ahorro energético y económico en Venezuela con el uso de la madera a mediano plazo en un Plan Nacional; (II) Determinación del Estado del Arte referido a la madera y sus fortalezas en las propiedades físicas de transmisión y difusión térmica; comparación de los gastos energéticos de la madera versus otros materiales de construcción; La madera material orgánico-sostenible; La energía eléctrica en Venezuela. (III) Estudio de un caso al comparar cualitativamente un modelo de vivienda construido mayoritariamente con madera, con materiales tradicionalmente empleados en Venezuela para la manufactura de viviendas sociales. (IV) Análisis y discusión. (V) Redacción de las conclusiones y principales recomendaciones. (VI) Redacción del trabajo bajo la estructura de un artículo científico-tecnológico. (VII) Publicación.

III. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

III.1. Breve Resumen de la Situación Actual de la Energía en Venezuela

Todas las actividades productivas implican el uso de recursos naturales renovables y no renovables. Dichos recursos constituyen la base para la fabricación de productos, motivo por el cual se requiere de energía en forma de electricidad; ya sea que provenga de sistemas hidroeléctrico, nuclear, eólico, entre otros. La energía está presente en todo el quehacer humano, ya que se utiliza tanto en la extracción y transporte de las materias primas como en la elaboración, almacenaje y distribución de los productos.

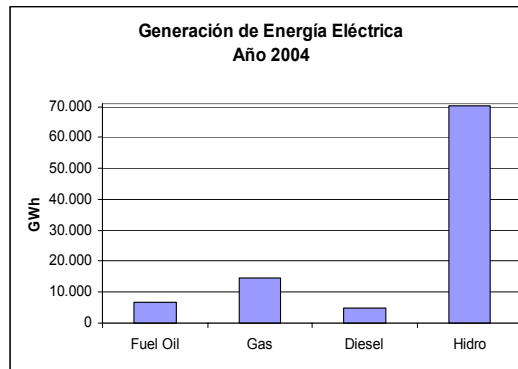


Figura 1. Consumo de Energía Eléctrica según el Tipo de Sistema de Producción. Fuente: Caveinel, 2004.

Todos los productos que se utilizan en la vida cotidiana han sido elaborados a partir de algún recurso natural, el que ha sido unido a otros y que una vez transformados, conforman el producto final. En este proceso es necesario utilizar diversas cantidades y formas de energía. Dicha energía incluye tanto aquella propia de los seres humanos que trabajan en el proceso como la que mueve las máquinas o genera calor (www.educarchile.cl/eduteca/medioambiente/Recursos%20Naturales/Ficha%2012%20La%20energia.pdf).

Es importante reseñar que en el presente trabajo sólo se va a hacer referencia a los tipos de energía eléctrica que se consumen en Venezuela, que es un país, a diferencia de otros, muy rico en recursos hídricos y esto se aprovecha para la generación eléctrica (ver Figura 1). Por supuesto que no sólo es este recurso el que se utiliza, en otros sectores se utiliza el recurso térmico producto de combustibles fósiles, pero en menor proporción que la hídrica. Al estudiar la Figura 1, se puede apreciar el consumo de energía eléctrica en Venezuela, desglosada según los tipos de generación, para el año 2004. Esta energía eléctrica es la principal fuente energética utilizada en las viviendas, es decir la que consume el sector residencial.

Entonces, según datos de la Cámara Venezolana de Industrias Eléctricas (Caveinel, 2004) en el año 2004, son en los estados industriales (Bolívar con 23.968 GWh, Carabobo con 1.675 GWh y Aragua con 1.137 GWh) donde existe un mayor consumo de energía eléctrica en el rubro Industrial y en el Distrito Capital, Miranda y Vargas (3.714 GWh) el rubro comercial casi equipara al residencial (siendo para el año 2003 el comercial el que superaba al residencial), y en el resto de los estados es el residencial el que predomina y donde debería tomarse medidas para reducir el consumo de energía. Esta es la razón por la cual la proyección del uso de la madera en edificaciones bioclimáticas, se hace prioritaria para Venezuela en los próximos años.

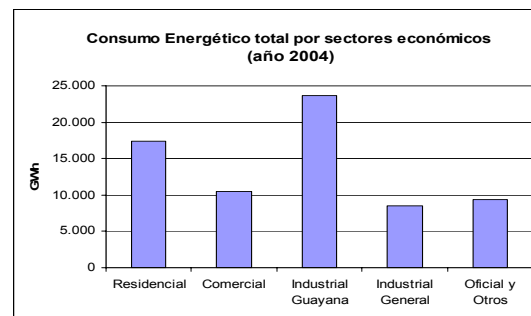


Figura 2. Consumo de Energía Eléctrica Total por Sectores. Fuente: Caveinel, 2004.

donde se refleja el más alto consumo de energía eléctrica, por la ingente necesidad de grandes cantidades de energía eléctrica para su funcionamiento. Si se tuviera que excluir del estudio las siderúrgicas del estado Bolívar, sería el sector residencial el de mayor impacto a nivel nacional en el consumo de energía.

Para concluir este punto, se presenta la Figura 2, en la que se puede apreciar que, a diferencia de otros países, es el sector industrial el que mayor cantidad de energía total requiere, seguido por el residencial. Es de hacer notar, que por estar en el estado Bolívar, región de Guayana, la mayor concentración de industrias del tipo siderúrgico, es allí

III.2. La Madera, Material Energético del Futuro

La madera, entre otras características, es un material biológico complejo, es heterogéneo, anisotrópico y ortotrópico, por lo cual se debe conocer muy bien antes de emprender cualquier proyecto de construcción para evitar los posibles rechazos de los usuarios. Por las características anatómicas específicas de este material, se considera, en todos sus aspectos, que es un buen aislante térmico, de bajo impacto ambiental, pero especialmente, un material orgánico renovable.

Entonces, se puede decir que para la construcción de los cerramientos de las viviendas con madera se deben utilizar maderas con fibras de paredes delgadas y con alta proporción de espacios vacíos, los cuales son malos conductores del calor y, por lo tanto, se comportan como buenos aislantes. Por ejemplo, según Kellog citado por León y Espinoza de Pernía (1995) la especie *Ochroma pyramidale* se caracteriza por presentar una conductividad térmica de 1,6 Cal/(cm °C sec) lo que la hace un buen aislante. En la Tabla 1, se puede apreciar la conductividad térmica de varios materiales, incluyendo el rango de variación de la madera. Se puede apreciar que la madera, en el sentido perpendicular al grano, al ser comparada con la mayoría de esos otros materiales, es un material con mayor capacidad de aislante térmico.

Tabla 1. Conductividad Térmica, según Siau (1984).

Material	K Cal/(cm°C sec)
Aluminio	4820 x 10 ⁻⁴
Cobre	9230 x 10 ⁻⁴
Plata	10000 x 10 ⁻⁴
Acero inox	389 x 10 ⁻⁴
Ladrillo	15 x 10 ⁻⁴
Concreto	22,3 x 10 ⁻⁴
Madera	1 a 5 x 10 ⁻⁴
Lana	0,85 x 10 ⁻⁴
Aire	0,57 x 10 ⁻⁴
Agua	14 x 10 ⁻⁴

Así, según Durán J (1995), la madera y otros productos forestales, tienen ventajas comparativas en muchos usos sobre otros materiales, debido a que no son buenos conductores del calor y, por lo tanto, tienen un valor considerable como materiales aislantes en la construcción y en aquellos usos donde se les requiera tomar su ventaja comparativa de su buen comportamiento como materiales aislantes.

Cuando se analiza la madera en su estructura microscópica en la dirección tangencial los valores de la conductividad térmica y de la difusividad térmica son, generalmente, un poco menores que en la dirección radial. En la dirección longitudinal, sin embargo, estas propiedades arrojan valores mayores que en la

dirección transversal (radial y/o tangencial), pero varían considerablemente con la especie, la densidad, el contenido de humedad, el contenido de extractivos, la dirección del grano y posiblemente con la temperatura, aumentando la conductividad térmica cuando la mayoría de estas propiedades aumentan (Durán, 1995; Forest Product Laboratory, 1999). En la Tabla 2, se pueden apreciar los registros de la difusividad térmica de algunos materiales incluyendo la madera de roble, donde resalta su bajo valor, haciéndola de nuevo un buen material para la construcción y el ahorro energético.

Tabla 2. **Difusividad Térmica, según Durán (1995).**

Material	cm ² / sec
Aluminio	85,9 x 10 ⁴
Cobre	114,1 x 10 ⁴
Plata	170,4 x 10 ⁴
Hierro	18,1 x 10 ⁴
Ladrillo	0,516 x 10 ⁴
Granito	1,291 x 10 ⁴
Roble	0,160 x 10 ⁴
Agua	0,129 x 10 ⁴

De manera que, respecto al aislamiento térmico, la madera tiene muchísimas ventajas comparativas con respecto a los materiales tradicionales utilizados en Venezuela para la construcción de viviendas, entre ellas tenemos que la madera es aproximadamente unas 6 veces más eficiente que el tabique o ladrillo de barro cocido, 15 veces más que el hormigón o la piedra y 400 veces más que el acero; y si la combinamos con otros materiales como la fibra de vidrio, podemos satisfacer los requerimientos de aislamientos en los climas más extremos; con lo que se puede conseguir ahorros de 30% - 40% en calefacción y en refrigeración del edificio en comparación de edificios con materiales tradicionales (Consejo Nórdico de la Madera, 2004).

Una vivienda construida con madera se comporta, a modo de comparación, parecida a una cava. Aislando el interior del exterior, esto quiere decir que si se introduce algo frío a su interior, la cava mantendrá frío, pero si se introduce algo caliente la cava también mantendrá el calor, por lo que, si no se diseña apropiadamente la vivienda para el entorno en el cual va a estar situada, los

espacios internos la convertirían en una vivienda muy incómoda de habitar. Este problema de confort, es muy posible, que se lo infieran a la madera directamente y no al mal diseño de la vivienda, por lo tanto, su imagen quedaría empañada, siendo ésta una de las razones por las que en los países que no tienen establecido una cultura constructiva con madera, se les hace muy difícil utilizarla como material constructivo.

En resumen, se puede decir que la madera es un material compuesto de fibras huecas, alineadas axialmente a la longitud del árbol y debido a esto se puede considerar como un buen aislante, especialmente en la dirección perpendicular a las fibras, debido a la interrupción de las vías de conducción por la presencia de aire en el lumen de las células; es decir, en la dirección longitudinal, el calor puede fluir en forma continua a lo largo de los lúmenes de la célula (mal aislante), mientras que en la dirección transversal el aire de dichos lúmenes, por su baja conductividad, actúa como una especie de barrera (buen aislante), esto ratifica el carácter anisotrópico de la madera (Fernández y Manrique, 1983). Las propiedades aislantes de la madera tienen numerosas ventajas y contribuyen de manera notable a las buenas propiedades de la madera ante la resistencia al paso del calor y al fuego en comparación con los metales, los cuales tienden a ablandarse al ser sometidos a altas temperaturas (León y Espinoza de Pernía, 1995).

Recientemente, en el trabajo realizado por Alías y Jacobo (2003), se logra simular el consumo de energía eléctrica para mantener el confort higrotérmico interior en viviendas. Ahí se comparan recubrimientos de madera y de mampostería de materiales pétreos artificiales, llegándose a concluir que al reemplazar los muros de mampostería tradicional por los de madera, el consumo energético para mantener el confort por unidad de superficie se redujo casi en un 21% con respecto a la situación original. Y además afirman que existe una mejora sustancial para el *“acondicionamiento del aire a niveles de confort, simplemente y mediante el uso de materiales de mejor rendimiento termo - energético, como se ha verificado, el uso del material madera. Además, si se le agrega el potencial de ahorro que se obtendría aprovechando más la iluminación natural mediante el diseño de aberturas, mejorando y optimizando la influencia del factor de forma, seguramente el porcentaje de ahorro sería aún más importante, especialmente si se tiene en cuenta lo que este porcentaje de ahorro en energía eléctrica significa en términos de reducción de emisiones contaminantes al ambiente”*.

Solo faltaría agregarle a esto el ahorro significativo, tanto energético como económico, que repercutiría de forma notable en el presupuesto nacional de

Venezuela, en caso de estar establecido un plan habitacional de construcción de edificaciones con madera y arquitectura bioclimática.

La contemporaneidad exige al conglomerado de profesiones de la arquitectura, ingeniería, ecologistas, etc., hacer la mayor cantidad de construcciones energéticamente eficientes, para ello la madera es protagónica en ese rol, por ende hace que sea imprescindible llegar a conocerla a fondo como material de construcción, ya que por un uso inadecuado de ésta se puede llegar a crear desconfianza y rechazo, por parte del usuario, hacia este material.

Por otro lado, en tiempos de gran preocupación internacional por buscar la sostenibilidad del planeta, se hace evidente el interés de toda la comunidad de profesionales de la arquitectura e ingeniería por un material como la madera, cuya transformación en material de construcción implica menor consumo de energía para su conversión de producto natural en producto terminado útil para fines constructivos. La energía que hace falta para procesar la unidad de peso de madera es aproximadamente 6 veces menor a la necesaria para la unidad de peso de acero estructural, es el que produce menor contaminación del aire y del agua, menor que los caracterizados en la fabricación del acero, el cemento, el aluminio, los ladrillos y los plásticos (Robles y Echenique, 1988; Cilento, 1998).

Además, con el establecimiento del Acuerdo de Kyoto a corto plazo es factible fomentar el desarrollo y establecimiento de planes nacionales de construcción con madera, permitiendo ahorrar energía y contribuir a la calidad del medio ambiente global, al reducir las emisiones de CO₂, y con ello, ayudar así a disminuir la contaminación ambiental y mejorar la calidad de vida de todos los habitantes del planeta.

Para alcanzar esos objetivos, antes que todo, es imprescindible conocer la madera para hacer un uso eficiente de ella y así, permitirle al usuario, emitir un juicio a favor o en contra de este material de construcción.

III.3. La Madera en la Construcción de Viviendas Sociales y su Perspectiva de Uso Respecto al Ahorro de Energía Eléctrica y Recursos Económicos en Venezuela, para el Período de un Decenio

Es evidente que la importancia de la madera como material estructural se hace cada día más notorio dado que con cada proyecto puesto en marcha se han

resaltado sus noblezas y características propicias como elemento de construcción. Por tanto, es fundamental que los organismos competentes y las personas interesadas deban tener conocimientos sobre la madera como material de construcción; deben sensibilizarse para poder tomar conciencia y asumir responsabilidades compartidas con la sociedad en general, a fin de otorgar a este material la importancia debida dentro del mercado de los materiales de construcción, y así, poder lograr el mayor aprovechamiento que se pueda del mismo. El contexto anterior no puede dejar de lado la principal característica que hace que la madera sea un material preferido por el hombre a través de la historia; es la innegable ventaja estética y de calidez de su aspecto, que la convierte en un material deseado en cualquier ambiente.

Estudiados los principales proyectos de construcción de viviendas realizados en Venezuela con madera, incluidos los más recientes, se puede observar que en ninguno se hace una reseña o estudio básico sobre el consumo energético de estas viviendas.

Pocas de estas construcciones tienen un basamento científico para el ahorro de energía en la construcción, la mayoría son diseños importados no aptos para el clima venezolano y otros si tratan de tomar en cuenta la vivienda y su entorno haciendo un diseño acorde a las necesidades venezolanas, pero sin tomar el aspecto energético, suponiéndose debido a la abundancia de energía presente en este País¹. Ahora con el impacto que ha venido tomando la domótica, en los países desarrollados, se abre un compás técnico muy amplio en lo que se refiere a sistemas bioclimáticos integrados para el ahorro de energía. Ya en Venezuela, para el año 1999, se empezaba a construir con la tecnología de sistemas inteligentes, es el caso de la Torre Millenium ubicado en la ciudad de Barquisimeto, estado Lara, que se transformó en uno de los primeros edificios que integraba la domótica en el país, y que en la actualidad ya se ha difundido por toda la geografía nacional.

Otra cosa importante a tomar en cuenta es la falta de legislaciones al respecto; Venezuela necesita una normativa básica para edificaciones con madera que permita desde el punto de vista energético, que se diseñen lo más eficientemente posible.

¹ En Venezuela el 63,7% de la generación instalada es de origen hidráulico y se encuentra en las regiones de Guayana y Los Andes, mientras su complemento (vapor 22% y gas 14,3%) es de origen térmico y sus principales núcleos de producción a vapor se encuentran en las regiones Capital, Central y Zulia (ver figura 1) (Fuente: OPSIS, 2003).

De ahí que la sociedad internacional, en el caso de la energía, ya demanda una serie de condicionantes de carácter general que afectan a todos los países por igual. El Protocolo de Kyoto aconseja reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto obliga a reducir el consumo de combustibles fósiles, potenciando aquellos con menores emisiones, aumentando la eficiencia energética de todo el ciclo de producción y consumo de las energías convencionales e impulsando el uso de tecnologías alternativas y energías renovables (www.geohabitat.es/castell/pdf/energia.pdf).

Y es que a la hora de estimar la calidad de una vivienda, ya no solamente es importante el factor de la calidad estética del diseño y la calidad de la manufactura de la obra, sino que es muy importante la valoración de los aspectos energéticos de ésta; es decir, el sistema constructivo empleado debe proporcionar un confort mínimo adecuado, proveniente de un buen nivel de aislamiento. Puntos fundamentales a tener en cuenta son las características y las cualidades térmicas de los materiales de construcción, así como la de producir la menor agresión posible al medio ambiente por la utilización de los mismos, consiguiendo también, la mejor estabilidad de las variables ambientales internas con un menor consumo de energía (<http://www.apacurope.org/Languages/Espagnol/Publicaciones/EnergeticaEficiencia.php?language=Espagnol>).

Ya es responsabilidad de los proyectistas, que el diseño y la construcción de la vivienda deban estar adecuados a la climatología del entorno, región o espacio donde se ubique, se debe buscar el sol en el invierno y huir de él en el verano, es decir, el diseño arquitectónico se debe adaptar al medio ambiente, es por ello que ha de conocerse con antelación las características climáticas específicas del sitio antes de tomar una decisión, de esta manera se minimiza y reduce el consumo energético y la contaminación ambiental, incluso se puede llegar a la autosuficiencia energética (Fundación EROSKI, 2002). Porque el acto de construir y edificar genera un gran impacto en el medio ambiente, el cual debe ser minimizado en lo posible ayudando a crear un desarrollo sostenible que no agote al planeta, si no que sea generador y regulador de los recursos empleados para conseguir un hábitat sano, saludable y en armonía con el resto. Como ciudadanos del mundo, no debemos olvidar que el planeta Tierra es la casa de todos los seres vivos, y es responsabilidad de los seres racionales cuidarla, preservarla y mantenerla (<http://www.abilconstruccion.com/cast/pag/decalogo.html>; http://www.expocasa.es/reportajes/index.cfm?pagina=reportajes_construccion_023_023#).

Por lo tanto, cualquier medida que se introduzca para optimizar el uso de los materiales y ahorrar energía contribuirá de forma muy positiva a la conservación de los recursos naturales y a los problemas derivados del encarecimiento de la energía (Sociedad Cooperativa De Viviendas Bioclimáticas, 2003). Pudiendo afirmar que la madera es, probablemente, la única materia prima renovable que se utiliza a gran escala y en la que su aprovechamiento no daña el medio ambiente (siempre que su aprovechamiento provenga de un bosque natural o plantación forestal manejada de forma sostenible).

Desde el punto de vista de gasto energético, la energía necesaria para la fabricación de la madera es nula. El árbol utiliza la energía solar para su desarrollo. El consumo de energía en el proceso de transformación de la madera es bastante inferior cuando se compara con el acero, aluminio o cemento: una tonelada de madera consume aproximadamente 430 Kwh (1548 MJ), una tonelada de acero consume aproximadamente 2700 Kwh (9720 MJ) y una tonelada de aluminio consume aproximadamente 17000 Kwh (61200 MJ). Además, una vez finalizado el ciclo de vida útil de la madera puede ser reciclada tal cual, es decir, puede ser recuperada como materia prima para tableros de construcción y similares o valorizada como abono o energía calorífica, sin contaminar el medio ambiente (http://www.gea-es.org/bioconstruccion/maderafuturo_biocons.html). Por ello los requerimientos energéticos son bajos para producir un metro cúbico de madera aserrada, preservada y secada al horno a un contenido de humedad del 12%. Entonces, si la producción de madera aserrada no requiere gran cantidad de energía, ésta precisa poco consumo de combustibles fósiles. Ya Buchanan y Honey (1994) obtenían para la madera de pino australiano tratado y seco al horno, el valor de gasto energético de producción de 0,7 Kwh/Kg (2,52 MJ/Kg). En el caso de una madera aserrada tratada y seca al aire es de 0,67 Kwh/Kg (2,41 MJ/Kg).

Al comparar con los valores de gastos energéticos de producción de un acero de clasificación general, Alcorn y Baird (1996); determinaron el valor de 9,7 Kwh/Kg (34,92 MJ/Kg), conscientes de que los valores de los gastos de energía del acero son muy variables oscilando desde 2,5 a 16,4 Kwh/Kg (8,9 a 59 MJ/Kg), ya que depende según sea el tipo de producto y proceso. Similarmente obtuvieron el valor del gasto de energía para el cemento, llegándolo a definir como 2,2 Kwh/Kg (7,92 MJ/Kg), mientras que Buchanan y Honey (1994) lo ubicaban en 2,5 Kwh/Kg (9 MJ/Kg). El informe de estos últimos autores presentan mayores valores comparativos de otros materiales respecto a lo analizado por Alcorn y Baird (1996), lo cual no es muy confiable,

ya que no diferencian las densidades que existen según la especie de madera, considerando que el pino caribe, madera blanda, puede tener una densidad media promedio estimada en 500 Kg/m³, y una madera de alta densidad, caso el *Peltogyne porphyrocardia* (zapatero) de la región de Guayana con una densidad de 890 Kg/m³. Por ello, este es uno de los principales errores que cometen los profesionales cuando trabajan con la madera, y que por desconocimiento, tienden a generalizar en lugar de diferenciar las especies de árboles, los factores técnicos inherentes a las propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de sus maderas.

Es bueno indicar que un alto porcentaje de la energía empleada en el proceso de producción de madera aserrada se utiliza en los hornos de secado. Gran parte de esa energía es producida con frecuencia por los propios aserraderos quemando los subproductos, como las cortezas y el aserrín. Desde el punto de vista de contaminación ambiental, la producción de madera aserrada causa leves emisiones contaminantes en el agua, el suelo y el aire. Los desechos, cortezas no utilizables y cenizas, son la causa principal de las emisiones sobre el suelo. La corteza desechable se utiliza cada vez más para la producción de energía y como relleno en la pavimentación de caminos. Las cenizas y astillas pueden ser devueltas al bosque, lo que conlleva un menor impacto medioambiental (Azqueta *et al*, 2004).

De ahí que se debe procurar la mejora en la eficiencia energética de las viviendas en el ámbito internacional, ya que eso permitiría producir un ahorro significativo de energía, y con ello el menor uso de los recursos de hidrocarburos. La importancia de este ahorro energético, es que es directamente proporcional a la reducción de emisiones de sustancias contaminantes a la atmósfera. Esto es muy importante si tomamos en cuenta que el 33% de las emisiones contaminantes proceden de las viviendas. Para que esta eficiencia sea sostenible es importante que se combine o complete con la utilización de materiales de construcción naturales no contaminantes, es decir, que sean compatibles con el medio ambiente y que cumplan con los siguientes requisitos: Bajo impacto ambiental en su proceso de fabricación, renovables y/o reciclables y que produzca residuos de bajo impacto ambiental (Jiménez *et al*, 2000). Es un reto aún mayor el poder frenar el creciente consumo energético derivado del incremento de los niveles de vida y de progresiva invasión de aparatos eléctricos y electrónicos en el ámbito laboral y residencial (www.juntadeandalucia.es/medioambiente/documentos_tecnicos/recursos/27_7_342.pdf).

De manera que, promocionar el uso de la madera como un material amigable al medio ambiente para la construcción de futuras viviendas, oficinas y muebles permitiría a Venezuela un notable incremento en el rendimiento energético y ahorro económico, que en la actualidad tanto necesita el país para poder contribuir al fortalecimiento de su aparato productivo industrial, de las PYMES y grandes industrias, sentando así las bases para concienciar ante la Administración y toda la sociedad venezolana en pleno de la verdadera importancia que tiene saber gestionar de forma sostenible los recursos forestales, hidroeléctricos, petroquímicos, etcétera.

III.4. Resumen del Estudio de Caso: Análisis Comparativo de las Ventajas Energéticas de Construir Viviendas Sociales con Madera en Venezuela Respecto a los Materiales Tradicionales

Este estudio presenta un caso de análisis comparativo de las posibles ventajas que tiene el material madera respecto a otros materiales constructivos tradicionales; se seleccionó el prototipo de vivienda Uverito A1 (Figuras 3 y 4) del Sistema Constructivo con Madera Uverito desarrollado por Contreras *et al.* (2003) el cual presenta, entre otras, las siguientes características técnicas:

- a) Sistema estructural de entramado de plataforma, mejorado y adaptado a las condiciones constructivas del medio venezolano.
- b) El prototipo Uverito A1 tiene un área de planta de 80 m² y un área de techo 128 m².
- c) Presenta la posibilidad de ser construido mayoritariamente con madera de pino caribe o con materiales tradicionales.
- d) Puede ser construido sobre sistema de pilotes de madera, pilotes de concreto o cimientos del tipo de losa fundación de espesor de 10 cm.

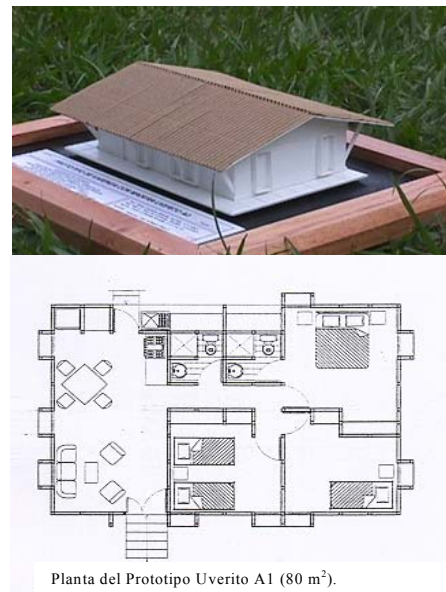


Figura 3 y 4. Vista y Distribución en Planta del Prototipo A1 Desarrollado por Contreras et al (2003).

Se presenta en la Tabla III el posible gasto energético y económico de electricidad de lo que pudiera significar la construcción en Venezuela, tomando como ejemplo el prototipo Uverito A1 construido mayoritariamente con madera de pino caribe (*Pinus caribaea var. Hondurensis*). Se registran en la Tabla IV los resultados del gasto energético y económico de electricidad del mismo prototipo Uverito A1 construido con materiales constructivos tradicionales. El gasto energético por cada kilo de material procesado industrialmente para la elaboración de componentes constructivos de edificaciones residenciales fue consultado, con sus respectivas equivalencias en unidades internacionales, a partir de dos trabajos muy significativos y de referencia internacionales realizados por Buchanan y Honey (1994) y Glover (2003). En la Figura 5 se presentan las respectivas comparaciones de los gastos energéticos entre materiales constructivos para ambas formas de manufacturar el prototipo Uverito A1.

En las Tablas 3 y 4, también se presentan las cantidades de materiales utilizados para los dos modos de producción del prototipo Uverito. Estas fueron obtenidas a partir de los cálculos métricos especificados para cada alternativa. Se muestra también las diferencias existentes entre las distintas exigencias de aplicación, que se derivan de las necesidades de cada material dentro de cada forma de construir, y que se ven influenciadas, según los requerimientos existentes aún en la cultura constructiva del venezolano. Se presentan los porcentajes de los volúmenes entre materiales dentro de la vivienda sólo a modo de referencia cuantitativa de los materiales en las dos alternativas del prototipo Uverito A1.

Tabla 3. **Gasto Energético y Económico del Prototipo Uverito A1, del Sistema Constructivo Uverito de Contreras *et al.* (2003), Construido Mayoritariamente con Madera de Pino Caribe en Venezuela.**

Material de construcción	Cantidad (Kg)	Porcentaje de participación en peso en el prototipo Uverito A1 sobre el 100%	Gasto energético por kilogramo de producción industrial de cada material según Buchanan y Honey (1992);(1994) y Glover (2003).	Gasto energético (MJ)*	Gasto económico en dólares americanos (\$), a un costo en Venezuela de 0,083 dólar por cada 3,6 MJ de material procesado
Madera para la estructura general (pilotes, columnas, vigas, sistema entramado, etc.), cerramientos, machambrado, puertas, ventanas, pisos y farquillas	<i>10620 Kg</i> . 18 m ³ de madera de pino caribe densidad 590 Kg/m ³	63,66%	401,20 MJ por c/590 Kg	7.221,600	166,498
Acero para uniones (pernos, y clavos), cabillas y malla electro soldada Trukson.	<i>1550 Kg</i> a una densidad del acero de 7600Kg/m ³ .	9,29%	88.426 MJ por c/1363 Kg	100.557,814	2318,416
Cemento para cimentaciones del tipo losa fundación (espesor 10 cm).	<i>1920 Kg</i> de cemento para hacer 12 m ³ de concreto R 220 Kg/cm ²	11,51%	7800MJ por c/1000 Kg	14.976,00	245,280
Vidrio para las ventanas	<i>250 Kg</i>	1,50 %	17.325 MJ por c/500 Kg	8.662,500	199,719
Aluminio para las planchas de fijación de algunos elementos.	<i>40 Kg</i>	0,24%	36.544 MJ por c/252 Kg	5.800,635	133,737
Arcilla para la elaboración de las tejas criollas de techo (128 m ²).	<i>2128,5 Kg</i>	12,76 %	No se registraron datos		
PVC para las tuberías de aguas negras, grises y blancas.	<i>125 Kg</i>	0,75%	44.884 MJ por c/271 Kg	20.702,950	477,318

Material de construcción	Cantidad (Kg)	Porcentaje de participación en peso en el prototipo Uverito A1 sobre el 100%	Gasto energético por kilogramo de producción industrial de cada material según Buchanan y Honey (1992);(1994) y Glover (2003).	Gasto energético (MJ)*	Gasto económico en dólares americanos (\$), a un costo en Venezuela de 0,083 dólar por cada 3,6 MJ de material procesado
Cobre para el sistema eléctrico de la vivienda	30 Kg	0,17%	No se registraron datos		
Pinturas acrílicas a base de agua para acabados superficiales externos.	20 Kg	0,12%	12.683 MJ por c/ 72 Kg	3.523,056	81,226
(*) 1 Kwh = 3,6 MJ 1 GJ = 1000 MJ			TOTALES	161.444,555	3.722,194

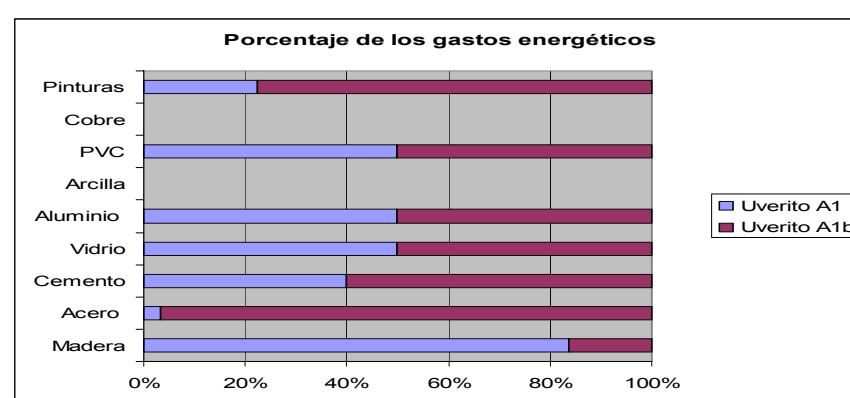
Se puede apreciar en las Tablas 3 y 4 que los valores que cambian, según sus cantidades y porcentajes, son la madera, el acero y el cemento como material aglomerante en la formación del hormigón, morteros y frisos. El resto de cantidades de los materiales como el aluminio, vidrio, pinturas (poliméricas a base de agua) y el PVC permanecen con cifras iguales, es decir, no reportan cambios en los resultados. Respecto a los materiales del cobre y arcilla no se reportaron valores de gastos energéticos, pero que de existir, tampoco darían cambios significativos, ya que tienen los mismos requerimientos para ambas alternativas. Otra ventaja constructiva hubiera ocurrido si las posibilidades de realización del techo en vez de ser arcilla en la vivienda construida con madera, se planteara realizarlo con un panel aglomerado de pajilla madera cemento revestido de algún material impermeabilizante de bajo impacto ambiental, a fin de bajar el peso sobre el sistema estructural, lo cual repercutiría en una menor cantidad de madera por metro cúbico, ahorro energético y recursos económicos. Eso significaría haber realizado otro análisis.

Tabla 4. **Gasto Energético y Económico por Unidad de Vivienda. Uverito A1b, del Sistema Constructivo Uverito de Contreras et al. (2003), Construido Mayoritariamente con Materiales Tradicionales Usados en Venezuela**

Material de construcción	Cantidad (Kg)	Porcentaje de participación en peso en el prototipo Uverito A1 sobre el 100%.	Gasto energético por kilogramo de producción industrial de cada material según Buchanan y Honey (1992);(1994) y Glover (2003)	Gasto energético (MJ)*	Gasto económico en dólares americanos (\$), a un costo en Venezuela de 0,083 dólar por cada 3,6 MJ de material procesado
Madera para puertas, y machihembrado	10620 Kg. 18 m³ de madera de pino caribe densidad 590 Kg/m³	63,66%	401,20 MJ por c/590 Kg	7.221,600	166,498
Acero para uniones (pernos, y clavos), cabillas y malla electro soldada Trukson.	1550 Kg a una densidad del acero de 7600Kg/m³.	9,29%	88.426 MJ por c/1363 Kg	100.557,814	2318,416
Cemento para cimentaciones del tipo losa fundación (espesor 10 cm).	1920 Kg de cemento para hacer 12 m³ de concreto R 220 Kg/cm²	11,51%	7800MJ por c/1000 Kg	14.976,00	245,280
Vidrio para las ventanas	250 Kg	1,50 %	17.325 MJ por c/500 Kg	8.662,500	199,719
Aluminio para las planchas de fijación de algunos elementos.	40 Kg	0,24%	36.544 MJ por c/252 Kg	5.800,635	133,737
Arcilla para la elaboración de las tejas criollas de techo (128 m²).	2128,5 Kg	12,76 %	No se registraron datos		
PVC para las tuberías de aguas negras, grises y blancas.	125 Kg	0,75%	44.884 MJ por c/271 Kg	20.702,950	477,318
Cobre para el sistema eléctrico de la vivienda	30 Kg	0,17%	No se registraron datos		
Pinturas acrílicas a base de agua para acabados superficiales externos.	20 Kg	0,12%	12.683 MJ por c/ 72 Kg	3.523,056	81,226
(*) 1 Kwh = 3,6 MJ 1 GJ = 1000 MJ			TOTALES	161.444,555	3.722,194

La Figura 5, permite resumir de forma gráfica todo el contexto anterior, donde la madera presenta la primera posición en menor gasto energético y de recurso económico respecto al cemento, y por último el acero. Al comparar los valores totales con los valores parciales de las tablas mencionadas sobre el gasto energético o energía incluida en un material, se determinó que el prototipo Uverito A1 construido mayoritariamente con madera, sólo representa el 5,06%, mientras que el mismo prototipo construido mayoritariamente con materiales tradicionales (A1b) alcanzó el 94,94%. Idénticos porcentajes se obtuvieron con los valores del gasto económico en dólares americanos, siendo el CCM más ahorrativo con el 5,06% respecto al CCMT con el 94,94%.

Lo que si resalta, y coincide con la opinión de muchos expertos, es que los costos de energía eléctrica en Venezuela son relativamente más económicos respecto a los países desarrollados industrialmente. Este fenómeno, ha hecho que la mayoría de industriales no estén concientes de esta fortaleza competitiva en el contexto comercial de productos, además de que en muchas industrias, especialmente la Industria Forestal venezolana, caso Industria Mecánica del Aserrió, los niveles tecnológicos de la mayoría de las infraestructuras que procesan maderas latifoliadas estén desactualizadas y generen grandes consumos de energía eléctrica.



CCM: Prototipo Uverito A1 construido con madera de pino caribe.
CCMT: Prototipo Uverito A1 construido con materiales tradicionales en Venezuela.

Figura 5. Comparación de los Gastos Energéticos en MJ al Construir en Venezuela el Prototipo de Vivienda Uverito A1 con Madera, Respecto a los Materiales Tradicionales.

De ahí que la Figura 5 permita resumir nuevamente de forma gráfica todo el contexto anterior. Además el estudio realizado, coincide con los resultados obtenidos por Buchanan y Honey (1994); (1992), del gasto por energía incluida global de una vivienda construida teniendo como materiales predominantes, para cada caso, el acero, hormigón y madera, pero no coincidía el diseño arquitectónico de las viviendas de estos autores respecto al diseño arquitectónico del prototipo Uverito A1, ya que las primeras presentaban la tipología de vivienda tradicional americana con mayor y mejores acabados, menor área en planta y sistema de instalaciones. Sólo a modo de referencia los resultados obtenidos por estos autores fueron los siguientes y se hacen las respectivas comparaciones con la presente propuesta:

1. El gasto predominante entre materiales por la energía incluida, en el trabajo de Buchanan y Honey, fueron encontrados en la casa construida mayoritariamente con acero, estando alrededor de 553 GJ con una masa total para realizar la casa de 61 toneladas. Los gastos energéticos del prototipo Uverito A1, proyectada con materiales tradicionales (acero y cemento) son de 3.029,71 GJ con una masa total de 53,19 Tn. Los gastos energéticos de la manufactura de los materiales constructivos a ser empleados en el prototipo venezolano son mayores a los expuestos por Buchanan y Honey (1994), en razón de la diferencia tecnológica entre procesos constructivos, es decir, la vivienda norteamericana es basada en sistemas de gestión de procesos de calidad mucho más racionales y eficientes productivamente.
2. La casa de hormigón, en el trabajo de Buchanan y Money, contiene 396 GJ de energía incluida y tiene una masa total de 64 toneladas.
3. Finalmente en la casa de madera, en el trabajo de Buchanan y Money, se obtuvo un gasto energético de producción de 232 GJ y una masa total de 28 toneladas respectivamente. Los gastos energéticos del prototipo Uverito A1 proyectada mayoritariamente con madera fue 161,444 GJ con una masa total de 16,684 Tn. La diferencia de menor gasto energético y masa entre viviendas se debe a la simplicidad constructiva del Sistema Constructivo Uverito, los acabados superficiales, menor área y el poco volumen de madera que requiere la manufactura final del prototipo Uverito A1.

La Figura 6 expone, a modo de síntesis, la proyección de los posibles ahorros de gastos energéticos y por ende de los recursos económicos en Venezuela para un periodo referencial de 10 años, en caso de que la Administración central implemente un Plan Nacional de 1 millón de viviendas sociales construidas mayoritariamente con madera y productos forestales en sustitución de la construcción de viviendas con materiales constructivos tradicionales como el acero y cemento.

Ya Contreras (2002) ha desarrollado estudios de la factibilidad tecnológica, con sus fortalezas y debilidades, que tiene la Administración para establecer un Plan Nacional para construir en toda la geografía nacional de 100 a 150 mil viviendas al año a partir del uso del pino caribe de los llanos orientales venezolanos. En la Figura 6 se pueden apreciar resultados importantes como que $2,869 \times 10^9$ GJ es la diferencia, transformada en posible ahorro de energía eléctrica en 10 años que pueden ser destinadas a fortalecer aún más el aparato industrial nacional (PYMES y grandes industrias), en caso de construir viviendas sociales industriales mayoritariamente con el material madera y sus productos forestales. Y la cifra de 66.140 millones de dólares americanos de ahorro de divisas que tendría la Administración del gobierno nacional para la construcción de un mayor volumen de viviendas e infraestructuras urbanísticas para mejorar la calidad de vida de las familias venezolanas más desfavorecidas socio-económicamente.

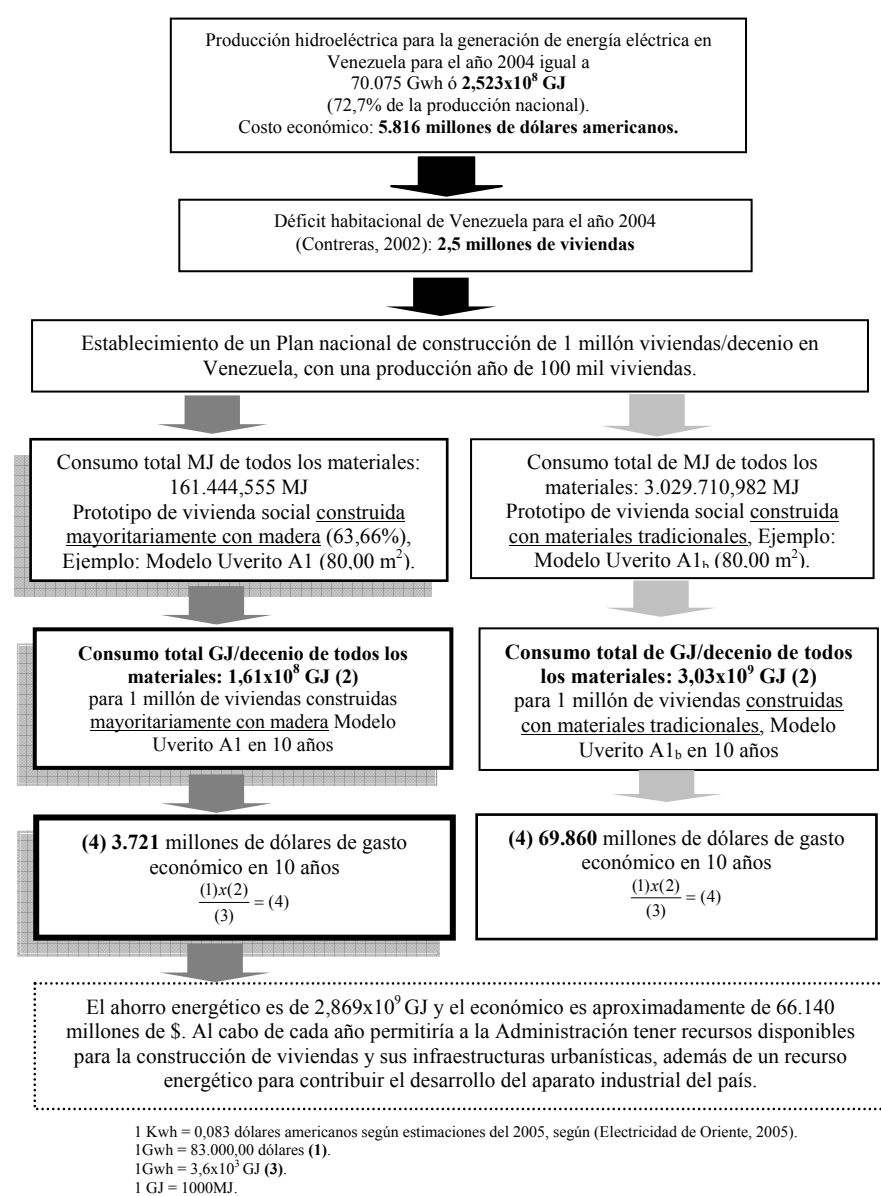


Figura 6. **Flujograma de la Proyección de Gastos y Ahorros Energéticos y Económicos en Venezuela, en el Período de un Decenio, Implementando un Plan Nacional de Construcción de Viviendas Sociales con Madera.**

CONCLUSIONES

Se pudo apreciar que en Venezuela el sector industrial es el que más consume energía eléctrica quedando en segundo lugar el sector residencial, pero, si se descarta este primer sector se tiene que el residencial es el que más consume electricidad y es allí donde se deben implementar estrategias para incrementar el ahorro en el consumo energético, por lo que al utilizar la madera como un material alternativo de construcción es posible obtener ventajas competitivas, desde el punto de vista de este ahorro energético y de recursos económicos con respecto al acero y cemento usados de forma tradicional en la construcción de viviendas sociales y resto de edificaciones en Venezuela. La madera, por poseer una baja conductividad térmica es más eficiente desde el punto de vista de aislamiento lo que implica un uso más reducido de la electricidad para el acondicionamiento de un determinado espacio y su explotación produce un menor impacto medioambiental por la disminución de consumo de energía tanto en su explotación como en su procesamiento y por una menor emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Se pudo demostrar por medio de un ejemplo sencillo el ahorro energético y económico que al cabo de cada año permitiría a la Administración central disponer de recursos para la construcción de viviendas sociales y su infraestructura urbanística dirigida a las familias más pobres del país que representa el 85% del total de la población aproximadamente. Además de ser un recurso energético tendiente a contribuir con el desarrollo del aparato industrial de las PYMES y grandes industrias nacionales.

Es importante resaltar la importancia del uso de las especies de rápido crecimiento como lo es el aprovechamiento sostenible de la madera del pino caribe de los llanos orientales y la implantación de nuevos proyectos de plantaciones forestales con estas características tanto por su pronto retorno económico como por las propiedades físicas y mecánicas implícitas en este tipo de especies (ej.: densidad baja) lo que contribuiría a que fuera un excelente material aislante y de construcción, así como a disminuir, entre otros, el consumo de energía y recursos naturales no renovables (hidrocarburos) y disminuir la explotación de los bosques naturales de las Reservas Forestales, primordialmente la Reserva Forestal de Imataca en el Estado Bolívar.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALCORN, J. 1996. **Use of Hybrid Energy Analysis Method for Evaluating the Embodied Energy of Building Materials**. WREC. London. England.
2. ALÍAS, H. y JACOBO, G. 2003. **Simulación del Consumo de Energía Eléctrica para Mantener el Confort Higrotérmico Interior en Viviendas. Comparación entre Envoltentes de Madera y de Mampostería**. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano. Facultad de Arquitectura y Urbanismo - universidad nacional del nordeste (UNNE). Argentina. Disponible en: <http://www1.unne.edu.ar/cyt/2003/comunicaciones/07-Tecnologicas/T-004.pdf>.
3. AZUETA, M. y CHAN, M. 2004. **Una Introducción a las Casas de Madera**. Boletín Académico No.21 de la revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (FIUADY). México. Disponible en la página: <http://arte.mundivia.es/astruc/doctxt87.htm>.
4. BUCHANAN, A. and HONEY, B. 1992. **Environmental Impacts of the New Zealand Building Industry**. Research Report 92/2. Department of Civil Engineering. University of Canterbury, Christchurch (New Zealand).
5. _____. 1994. **Energy and Carbon Dioxide Implications of Building Construction**. University of Canterbury, Christchurch (New Zealand). *Energy and Buildings*. 20 (1994): 205-217.
6. CAVEINEL (Cámara Venezolana de la Industria Eléctrica). 2004. **Estadísticas Anuales**. Disponible en la página: <http://www.caveinel.org.ve/index.html>.
7. CILENTO, A. 1998. **Tendencias Tecnológicas en la Producción de Viviendas**. *Intervención*. Jan- Feb. Vol. 23 # I: 26-32.
8. CONTRERAS, W. 2002. **Tres Prototipos de Viviendas de Bajo Costo con Madera y Acero para el Medio Rural Venezolano**. UFORGA-ULA. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 215 pp.
9. CONTRERAS, W., OWEN de CM y CONTRERAS, Y. 2003. **Sistema Constructivo con Madera Uverito**. Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT-ULA). Mérida, Venezuela. 220 pp.
10. CONSEJO NÓRDICO DE LA MADERA. 2004. **El Ciclo de Vida de la Madera**. Disponible en la página: <http://arte.mundivia.es/astruc/doctxt86.htm>

11. DURÁN, J. 1995. **Manual de Experimentos para Física de la Madera**. Trabajo presentado como credencial para ascender a la categoría de Profesor Agregado. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela. 271 pp.
12. FERNÁNDEZ, F. y MANRIQUE, R. 1983. **Estructuras de Madera**. Editorial Limusa. Mexico.
13. FPL (Forest Product Laboratory). 1999. **Wood Handbook: Woods as an Engineering material**. Forest Product Laboratory (FPL). Departament of agriculture. Agric. Hanb. 72. Washington DC, U. S. 463 pp.
14. FUNDACIÓN EROSKI. 2002. **Conseguir el Confort Térmico en el Hogar**. Sección de Economía domestica de la revista Consumer.es. Disponible en la página: http://www.consumer.es/web/es/economia_domestica/tu_presupuesto/ahorrar_energia/2002/12/10/55059.php.
15. GÓMEZ, S. 2002. **Una Aproximación a la Resolución de Problemas en Proyectos**. Revista de Proyectos de Ingeniería. Editorial UPV. Referencia: 2002.2444. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. Octubre 2002, N° 1: 65-111.
16. GLOVER, J. 2003. **Which is Better? Steel, Concrete or Wood: a Comparison of Assessments on Three Building Materials in the Housing Sector**. Department of Chemical Engineering. University of Sydney.
17. JIMÉNEZ, M. y BERRUELO, J. 2000. **Planificación Estratégica: Plan de Viviendas Bioclimáticas de Navarra. La Matriz Bioclimática como Metodología de Actuación**. Ejemplos de aplicaciones en Navarra. Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. Disponible en la página: <http://habitat.aq.upm.es/boletín/n14/amenr.html>.
18. KIM, J. and RIGDON, B. 1997. **Sustainable Architecture Module: Qualities, use and Examples of Sustainable Building Materials**. National Pollution Prevention Centre for Higher Education; <http://www.umich.edu/~nppcpub/resources/compendia/ARCHpdfs/ARCHsbmIntro.pdf>.
19. LAWSON, B. 1995. **Embodied Energy of Building Materials**. The Royal Australian Institute of Architects, August 1995, Pro 2: 1.
20. LEÓN, W. y ESPINOZA, N. 1995. **Anatomía y Tecnología de la Madera**. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Escuela de Ingeniería Forestal, Departamento de Botánica. Mérida, Venezuela. 60 pp.

21. OPSIS (**Oficina de Operación de Sistemas Interconectados**). 2003. **Informe Anual**. Venezuela. Disponible en la página: <http://opsis.org.ve/home.html>.
22. ROBLES, F. y ECHENIQUE, V. 1988. **Estructuras de Madera**. Noriega Editores. México.
23. SIAU, J. 1984. **Transport Processes in Wood**. SUNY College of Environmental Science and Forestry. Syracuse, New York 13210, U.S.A. 366 pp.
24. SOCIEDAD COOPERATIVA DE VIVIENDAS BIOCLIMÁTICAS. 2003. **Ecoaldea Valdepiélagos**. Valdepiélagos. Madrid. Disponible en la página: <http://www.ecaldeavaldepielagos.org/filosofia.html>
25. <http://www.abilconstruccion.com/cast/pag/decalogo.html>
26. <http://www.apa-europe.org/Languages/Espagnol/Publicaciones/EnergeticaEficienta.php?language=Espagnol>
27. http://www.expocasa.es/reportajes/index.cfm?pagina=reportajes_construccion_023_023#
28. http://www.gea-es.org/bioconstruccion/maderafuturo_biocons.html
29. www.geohabitat.es/castell/pdf/energia.pdf
30. www.juntadeandalucia.es/medioambiente/documentos_tecnicos/recursos/277342.pdf
31. www.educarchile.cl/eduteca/medioambiente/Recursos%20Naturales/Ficha%2012%20La%20energia.pdf

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al
Ing. Mec. MSc. José Amílkar Contreras,
Ex Gerente de Comercialización de la Compañía Electricidad
de Oriente (Venezuela), por todo el apoyo técnico
en el desarrollo del trabajo **Repercusiones Energéticas y Económicas
del Uso de la Madera como Elemento Constructivo
para Viviendas de Interés Social en Venezuela.**