



FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL HORMIGÓN PREFABRICADO EN ESTRUCTURAS DE TECHOS DE VIVIENDAS EN CONJUNTOS HABITACIONALES¹

BRITZ SILVERO, Valentín²
APARICIO, María José³

SUMMARY

The objective of studying the economical and environmental feasibility of precast reinforced concrete usage for structural roof systems in housing areas as a first goal, carries out the research proposing the use of precast reinforced concrete substituting traditional technology using endemic timber, as an economic and environmental alternative for housing building, carried out by the EBY for people affected by the YACYRETA Hydroelectric dam impounding and for other living areas foreseeing the deficit of housing in Paraguay.

The research applies the qualitative method, in a descriptive form and focus in technological alternatives. There was an experts conference as an application of Delphi method, with building construction enterprises, institutions, manufacturers and building materials deslers and suplyiers representatives and with specialists in environmental issues.

Result show that: a) The precast reinforced concrete fulfils with the requirements of resistance and structural stability demanded b) It is economically feasible c) Using the precast reinforced concrete, solves the problem of manufacturers in the construction area in Itapúa. d) The proposed technology will soften this impact. e) The innate Paraguayan adaptability to changes makes easier the proper application of this technology.

KEY WORDS: Technological alternative, Roof structure, Precast reinforced concrete, Environmental impact.

RESUMEN

Con el objetivo de estudiar la factibilidad económica y ambiental del uso de Hormigón Prefabricado en estructuras de techos de viviendas en conjuntos habitacionales, en el departamento de Itapúa, Paraguay, se realizó la investigación, proponiendo este uso en sustitución a la tecnología tradicional de maderas nativas, como alternativas: económica y ambiental válidas para la construcción de viviendas encaradas por la EBY para la relocalización de los afectados por el embalse de la represa Hidroeléctrica YACYRETÁ y de conjuntos habitacionales ante el déficit habitacional en el país.

El trabajo de investigación se enmarcó dentro de una investigación descriptiva con una metodología cualitativa y se centra en el enfoque técnico de las alternativas tecnológicas. Se realizó un panel de expertos, como aplicación del método Delphi, con representantes de empresas constructoras, instituciones, fabricantes, proveedores de materiales y especialistas en la temática ambiental.

Los resultados indican que a) el hormigón armado prefabricado cumple con los requisitos de resistencia y estabilidad estructural b) es factible económicamente c) el uso del hormigón armado tipo rígido, resuelve el problema de la falta de fabricantes en zona de obras en Itapúa. d) La aplicación de la tecnología propuesta mitigará este impacto. e) la adaptabilidad propia del pueblo Paraguayo ante el cambio facilita la aplicación de esta propuesta tecnológica.

PALABRAS CLAVE: Alternativa tecnológica, Estructura de Techo, Hormigón Prefabricado, Impacto Ambiental.

¹Resumen de la Tesis. Maestría en Gestión Ambiental-UNI

²Arquitecto, Egresado de la Maestría en Gestión Ambiental.

³Ing. en Ecología Humana, MSc en Socioeconomía Ambiental. Orientadora de Tesis Maestría en Gestión Ambiental-UNI



INTRODUCCIÓN

La investigación es motivada por:

El desabastecimiento de madera de especies nativas, para estructuras de techos de viviendas en conjuntos habitacionales en la zona de Itapúa.

La necesidad de minimizar la deforestación masiva de árboles de nuestros bosques nativos y el uso racional de los mismos, para la protección de los valores ambientales.

El alto costo de la madera en la actualidad, más la dificultad en la provisión en cantidad y calidad, para el cumplimiento de los cronogramas de obra establecidos en los grandes Contratos.

La falta de criterios ambientales en las Especificaciones Técnicas del Pliego de Bases y Condiciones para la construcción de techos en conjuntos habitacionales, (sin criterios de sustentabilidad).

El fomento el uso del hormigón prefabricado, como tecnología alternativa, ante resultados exitosos en otros países en la construcción de viviendas de interés social, reemplazando a tecnología tradicionales.

El interés de empresas fabricantes de estructuras en hormigón premoldeados y pretensados, en el uso de esta tecnología ante las múltiples ventajas que ofrecen.

El objetivo de la investigación fue describir la factibilidad económica y ambiental del uso de estructuras de hormigón armado prefabricado, como alternativa en construcciones tradicionales de techos de viviendas en conjuntos habitacionales y los que ejecutará la EBY dentro del Proyecto de Terminación de Yacyretá para las Obras Complementarias de Relocalización.

La hipótesis planteada es que el hormigón armado constituye una alternativa económica y ambiental válida para la construcción de estructuras de techos en viviendas de conjuntos habitacionales en Itapúa.

METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Para la realización del presente trabajo se ha optado por un tipo de investigación descriptiva y una metodología **cuantitativa**, describiendo las cualidades de un fenómeno con conceptos que puedan abarcar una parte de la realidad, inducida por los protagonistas por su proximidad a la realidad empírica y requirió ser abierto y

dinámico de manera a que se configure a lo largo del plazo o tiempo de ejecución de las obras (viviendas).

El trabajo de investigación se sitúa en el Departamento de Itapúa, Paraguay. En zonas de afectación del embalse de las aguas del Río Paraná, Margen Derecha, por la Represa Hidroeléctrica de Yacyretá. Abarcando los Distritos de Encarnación, Carmen del Paraná y Cambyretá.

Los Conjuntos Habitacionales ejecutados considerados en este trabajo son: San Pedro Etapa I y II, Barrio Buena Vista 1ª. Etapa, Arroyo Porá I, II, III y IV etapas y Carmen del Paraná 1ª. Etapa.

La unidad de análisis, está centrada en los techos de las viviendas construidas en los Conjuntos Habitacionales por la EBY, en el marco del programa de relocalizaciones Urbanas afectadas por el Proyecto Hidroeléctrico de Yacyretá, en el Departamento de Itapúa, en las Ciudades de: Encarnación y Carmen del Paraná.

Para el estudio de las Alternativas Tecnológicas en los techos se ha considerado como población a las personas, entidades e instituciones, directamente relacionadas a la fabricación, provisión, distribución, colocación, uso y fiscalización tanto de materiales, mano de obra y aplicación tecnológica en la ejecución de trabajos y materiales para la construcción de los techos de las viviendas.

La muestra seleccionada para la investigación fueron los representantes de

- Las Empresas Constructores los técnicos residentes de Obras,
- La institución encargada de la Fiscalización (EBY)
- Los proveedores de madera y casas proveedoras de materiales de construcción.
- El sector público, a través del Representante de Obras de la Municipalidad de Encarnación,
- Las ONGs. que trabajan en la zona en el campo ambiental y
- Afectados a ser relocalizados en las viviendas

Los datos fueron recolectados a través de la aplicación del Método Delphi y documentos de la EBY.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1- Comportamiento estructural (ensayos de resistencia) entre la madera y el hormigón armado pretensado en los techos.

Se entiende por estructura a un conjunto de elementos adecuados destinados a soportar, mantener y finalmente transmitir al suelo de fundación los pesos o cargas existentes en un edificio.

La estructura debe cumplir exigencias básicas y otras, que sin ser básicas, son de cumplimiento deseables, como ser la estabilidad, resistencia, deformabilidad reducida, que son requisitos de cumplimiento imprescindible para garantizar la existencia del edificio.

El siguiente cuadro describe el resultado de los aspectos generales y la hipótesis básica de los cálculos realizados para verificar la funcionalidad y resistencia de la estructura soporte de una cubierta destinada a una vivienda tipo, de acuerdo con las especificaciones técnicas, normas y códigos internacionales que rigen para estructuras de madera y de hormigón armado. Las dimensiones de la estructura es la misma para ambos casos y corresponden a los planos y datos obtenidos de viviendas proyectadas por la EBY.

CUADRO N° 1

N	PRUEBAS O VERIFICACIONES (SOLICITACIONES)	MADERA		H° A°	
		Valores	Valores Según Norma	Valores	Valores según Norma
1	Resistencia a la flexión	74 kg/cm ²	120 kg/cm ²	180 kg/cm ²	150 kg/cm ²
2	Resistencia a la tracción	3,24 kg/cm ²	15 kg/cm ²	160 kg/cm ²	100 kg/cm ²

Fuente; Biblioteca profesional E.P.S., Tercera Edición, E.D.B, Barcelona., Moreira Da Rocha, A. 1.987, Gomez, J.L. T.I.D.E

2- Costos unitarios de ambas tecnologías (madera y hormigón).

El siguiente cuadro corresponde a la síntesis de la estimación de los costos de construcción de techos con madera y con hormigón armado. Los cuadros correspondientes a Planillas de Análisis de Precios, con valores a fecha septiembre 2007, obtenidos para las distintas variables de construcción de techos.

RUBROS DE ACUERDO A TIPOS DE TECHOS	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO POR m2 EN Gs.	PORCENTAJE
Techo de teja mecánica (francesa) con tejuelones, membrana aislante y estructura de madera	M2	218.149	5,9%
Techo de teja mecánica (francesa) con machimbre, membrana aislante y estructura de madera	M2	226.350	3,88%
Techo de teja mecánica (francesa) con tejuelones, membrana aislante y estructuras de hormigón armado	M2	231.176	
Techo de teja mecánica (francesa) con machimbre, membrana aislante y estructuras de hormigón armado	M2	235.125	

Los costos en estas operaciones de construcción de conjuntos habitacionales, está muy sujeta al volumen de la operación, esto implica que los precios de mercado están por arriba de los que se obtienen en la ejecución efectiva de éstas obras.

Tratándose de viviendas de conjuntos habitacionales, por lo general son tipologías repetitivas, permitiendo sistematizar los procesos constructivos y lograr un mayor aprovechamiento de los materiales y la mano de obra disponible en la zona, permitiendo plazos de ejecución mínimos y un costo optimizado. Fuente; Ing. Vega, F., 2.003.

3- Fabricantes y su capacidad de producción de estructuras de hormigón pretensado para techos con pendientes en la zona y a nivel nacional.

Los fabricantes identificados en el país fueron todos del área del gran Asunción.

No se identificaron en otras zonas o ciudades del país, esto demuestra que el uso de hormigón armado en estructuras para techos con pendientes en viviendas no es muy difundido en el país.

4- Diferencias de impacto ambiental entre el hormigón y la madera en estos tipos de techos.

En lo que se refiere a impacto ambiental, por el uso de ambas tecnologías, se han determinado las siguientes fortalezas y debilidades en el uso de ambas tecnologías.



4.1 Tecnología tradicional, uso de maderas en las estructuras de techos con pendientes.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Materia prima de Recurso Renovable y de fácil Transporte • La energía para su producción y fabricación es escasa, en primer lugar pertenecen a bosques nativos (Bosque Atlántico del Alto Paraná), Itapúa y Alto Paraná, caracterizados por la abundancia de estos tipos de Bosques. • Bajo costo de mantenimiento. Para la extracción y procesamiento moviliza y proporciona un sustento de vida a muchas personas en todo momento de su procesamiento. • En la construcción de techos, es baja la cantidad de recursos humanos. • No requiere de la presencia del agua para su producción y posterior uso. • Es un material versátil, muy trabajable, maleable y muy noble. • De alta estética visual. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las especies nativas son de recursos renovables pero a largo plazo. • Elevado impacto ambiental, la pérdida de los bosques o la deforestación como consecuencia de esto, aumenta la destrucción del suelo debido a la erosión, la pérdida del hábitat de la vida silvestre y de la biodiversidad, cambios en el ciclo del agua y la desaparición de algunas especies. • Uso irracional, generando un problema irreversible ante la sustentabilidad. • Dificultades en la adquisición en tiempo para el cumplimiento del cronograma de ejecución de las Obras. • Falta de preparación, conocimiento y herramientas del profesional técnico para el reconocimiento del tipo de especie requerida en la Obra.

4.2 Tecnología alternativa, uso de hormigón prefabricado en estructuras de techos con pendientes.

El hormigón con una superficie resistente al deslizamiento, la fricción, la intemperie o los contaminantes, a las cargas, se complementa con una diversidad de componentes prefabricados para todo tipo de construcción. Como una variante del hormigón prefabricado arquitectónico, están los tirantes y vigas para estructuras de cubiertas, de uso reciente en nuestro país. Los elementos prefabricados también pueden construirse con moldes en el exterior con hormigón vaciado en el lugar, facilitando el acceso a obras.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Recurso abundante y de buena calidad • De fácil transporte. • Escaso mantenimiento. • Máximo rendimiento. • Mayor y uniforme capacidad de resistencia. • Mayor precisión en las dimensiones. • Uniformidad en el aspecto visual. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología en apropiación de uso reciente en el país • Los materiales utilizados para la fabricación del hormigón y el hormigón armado preelaborado, provienen de recursos naturales, y están dentro de la categoría de recursos no renovables o agotables. Dificultades en la accesibilidad al recurso y de producción discontinua • Exige mayores consideraciones en los esfuerzos y distorsiones que se pueden producir en la fabricación, el almacenamiento, transporte y montaje, para que no sean expuestos a solicitudes no previstas. • Mayor uso de energía para obtener las estructuras moldeadas. • Demanda mayor cantidad de personal para su colocación en las obras. • Impacto ambiental en el lugar de la extracción de la materia prima y en el proceso de fabricación del cemento produciéndose reacciones químicas que pueden ser contaminantes en esa zona, con efecto sobre la Biodiversidad. • El uso de la tecnología alternativa, genera temores naturales a lo novedoso o desconocido. • Dificultades para variar o ajustar fácilmente sus dimensiones.

Del panel de expertos se ha obtenido las siguientes informaciones:

Conscientes de que el uso de madera de especies nativas, para conjuntos habitacionales, significa un alto impacto ambiental ante la tala masiva de árboles y sin una respuesta de provisión en calidad y cantidad para dar cumplimiento a las especificaciones técnicas y a los plazos establecidos por la EBY, era un recurso imposible de ser utilizado.

Además sin la aplicación real de una política nacional de reforestación, buscar la alternativa tecnológica para un uso a corto plazo es prácticamente imposible en las condiciones actuales en la zona.

5- Capacidad de la mano de obra necesaria en ambas propuestas tecnológicas.

El desconocimiento y la poca experiencia de los contratistas albañiles en el manejo de la nueva tecnología en la zona, marca el desafío inicial.



El problema puede ser zanjado por:

- 1- La falta de oportunidades de empleo que es uno de los principales problemas de la economía paraguaya en los últimos años y;
- 2- La alta capacidad de adaptabilidad del pueblo paraguayo y por sobre todo ante la globalización, como un proceso de tolerancia y aceptación, propio de la cultura paraguaya,

De esta manera se concluye que habrá mano de obra suficiente, tanto en calidad como en cantidad, para la aplicación de esta tecnología en la construcción de viviendas en general y en especial en los conjuntos habitacionales a ejecutarse.

CONCLUSIONES

El estudio de nuevas tecnologías indica un potencial importante de reducción del consumo de especies nativas en la construcción y la minimización del impacto ambiental que se genera con la deforestación de nuestras especies nativas, contribuyendo de esta manera a la sustentabilidad Ambiental y acrecentar la Biodiversidad.

El uso racional permite la sustentabilidad "Vivir en armonía con la naturaleza".

Crear conciencia en los profesionales y en la población sobre el problema ambiental que se ocasiona con el uso masivo de maderas de especies nativas, que significa la pérdida irreparable de los bosques, en especial la ecorregión que forman los bosques atlánticos del Alto Paraná (BAAPA) y la reducción proporcional de inversión, por el alto valor que van cobrando estos recursos naturales.

Por lo tanto se puede concluir que:

- 1- El comportamiento estructural, demostrado por los ensayos, da mayor ventaja al hormigón.
- 2- Es económicamente factible el uso del hormigón armado en estructuras de techos.

- 3- Ante el problema de la escasez de fabricantes, baja producción y dificultad en el transporte, surge la opción del uso de hormigón rígido preelaborado, in situ, como solución a estos inconvenientes.
- 4- Ambientalmente, la deforestación de especies nativas en la región es un impacto irreversible mientras que la que genera la fabricación del hormigón es menor.
- 5- Existe capacidad técnica y humana en formación, en la producción y aplicación de la tecnología del hormigón pretensado.

Por lo tanto, ante la evidencia lograda de esta investigación, se acepta la hipótesis que constituye al hormigón armado una alternativa económica y ambiental válida, en las construcciones de techos de viviendas en sustitución a la tecnología tradicional de la madera, en la zona de Itapúa.

RECOMENDACIONES:

- Elaborar documentaciones bibliográficas técnicas (P.D.B. y C.; E.T. y TDR) con una visión sustentable, minimizando los consumos y aprovechando las energías no contaminantes.
- Investigar otras alternativas tecnológicas con variables sustentables, en armonía con la naturaleza.
- Acompañar desde la elaboración (El Municipio – la Previa) del proyecto y el planeamiento con normas adecuadas que contemplen los avances tecnológicos con una visión ecológica para lograr una arquitectura sustentable en lo ambiental, social y cultural.
- Planificar el desarrollo económico del país, atribuyéndole mayor importancia a la conservación de la naturaleza, incluida la flora y fauna silvestre.
- Comprometer a la sociedad toda para el cumplimiento de la POLÍTICA AMBIENTAL NACIONAL (PAN).

BIBLIOGRAFIA

- ELDER, A.J. y Maritz VANDENBERG (1977) Construcción. Madrid, H Blume Ediciones.
- ORUS, Prof. F. (1974) Materiales de Construcción. Madrid, Editorial Dossat S.A.
- FUNDACIÓN CEPA (2005) La Sustentabilidad Hoy 2005. La plata, Editorial CEPA
- GONZÁLEZ MAYA, Jorge (2000) Tecnología de los Materiales, Apuntes. Encarnación.



DE ROSA, C. , (1993): Vivienda de interés social. Déficit habitacional y habitabilidad higrotérmica. Evaluación y propuestas para su compatibilización en la provincia de Mendoza. Informe inédito de un PID del CONICET, Tomo 1. Mimeografiado.

POLÍTICA AMBIENTAL NACIONAL DEL PARAGUAY (PAN) (2.005.) Aprobado en Sesión Extraordinaria del Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) el 31 de mayo de

STÉNICO SAN MARTIN, Rodolfo. coord ; Lockett, Fernando ; Kalmbach, Andrea. y otros. (1997) Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. Monitoreo: programa de acción para el reasentamiento y rehabilitación. -- Encarnación, La Universidad.

GALEANO, Luis. Coord. y otros. (2000) Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. Monitoreo del PARR: programa de acción para el reasentamiento y rehabilitación. -- Encarnación, La Universidad.