

# EVALUACIÓN DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DE VIVIENDAS PARA INSERTAR ZONAS CENTRALES COMPACTAS DE LA CIUDAD

Marietta Llanes

## Resumen

*El proceso de rehabilitación integral urbana que ha tratado de promover la Dirección Provincial de Planificación Física de Ciudad de La Habana, requiere necesariamente de la inserción de nuevos edificios multifamiliares de vivienda en lotes disponibles dentro de la trama urbana de las zonas centrales. Como respuesta a esta problemática la Facultad de Arquitectura desarrolló una investigación a través de diferentes tesis de diploma, maestría y doctorado en varias etapas. Este trabajo está dirigido a seleccionar las soluciones constructivas de viviendas más apropiadas para ejecutar en dichas zonas. Como resultado se llegó a una evaluación de las soluciones constructivas disponibles en el País, de acuerdo con el fin propuesto.*

*Palabras clave: soluciones constructivas, método de evaluación, vivienda, zonas compactas.*

## Abstract

*The urban thorough renovation process promoted by the Provincial Division of Physical Planning in Centro Habana requires necessarily the insertion of new multi-family building plots that would be available in the central area of the city. As a way to provide a solution to this problem, the School of Architecture led a research through diploma, master and doctoral thesis. This work is aimed at choosing the most appropriate housing constructive solutions to be implemented in such areas. As a result, an assessment of the available constructive solution in the country was made according to the purpose put forward.*

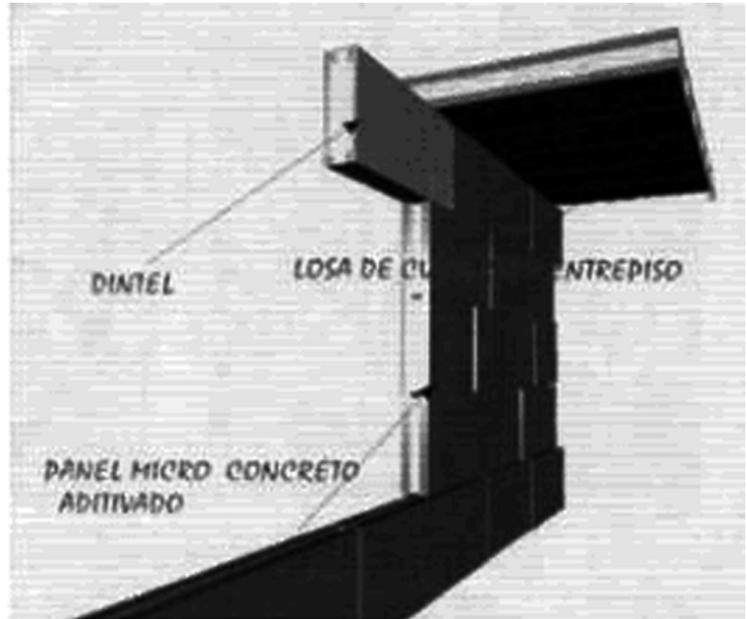
*Key words: constructive solutions, assessment method, housing, congested areas.*

**MARIETTA LLANES PÉREZ.** Ingeniera Civil. Doctora en Ciencias Técnicas. Profesora Auxiliar. Profesora de Tecnología de la Construcción. Facultad de Arquitectura, Instituto Superior Politécnico José Antinio Echeverría, Ciudad de La Habana.

Correo electrónico: marietta@arquitectura.cujae.edu.cu

Recibido: abril 2010

Aprobado: junio 2010



Esquema del montaje de los elementos del sistema Avantec. Tomado de catálogo de promoción del sistema.

## INTRODUCCIÓN

En las zonas centrales compactas de la ciudad, producto del deterioro y derrumbe de algunos de sus inmuebles han quedado lotes vacíos que pueden rellenarse nuevamente con edificios multifamiliares, de esta forma se redensifica la ciudad desde dentro como promueve la Dirección Provincial de Planificación Física.

A raíz de esta problemática el grupo de investigación de la vivienda de la Facultad de Arquitectura de la CUJAE ha venido desarrollando un trabajo que lleva por título "Vivienda apropiada para ciudad de La Habana" y que tributa al Programa Ramal de la Construcción 01 "Desarrollo de la construcción, el mantenimiento y la rehabilitación de la vivienda y las urbanizaciones". De esta investigación se ha derivado un trabajo encaminado a evaluar posibles soluciones constructivas disponibles en el País o en proceso de desarrollo que resulten apropiadas para tales fines.

El trabajo se desarrolló en dos etapas. En la primera el objetivo estaba encaminado a la confección de un procedimiento para dicha evaluación y posteriormente la evaluación integral de las soluciones seleccionadas. De esta investigación resultó la elaboración de un método evaluativo conformado por parámetros, atributos e indicadores y que recorre el ciclo de vida de la construcción pasando por cuatro etapas: diseño, ejecución, explotación-mantenimiento y por último desuso.

Para establecer una evaluación ya sea comparativa\* o absoluta\*\* es necesario contar con una base de datos que registre aquellos aspectos que deben ser evaluados según los objetivos propuestos,

\* Método de comparación sucesiva entre los aspectos que conforman el procedimiento de evaluación y que de esta manera compara las soluciones constructivas analizadas.

\*\* Método a través del cual se establece una escala relativa de valor de uso, a partir del cual se le asigna un valor de evaluación a la solución constructiva.

presentes a lo largo del ciclo de vida de la edificación, sin embargo la documentación existente al respecto es escasa, se encuentra dispersa e incompleta y sobre bases de cálculos diferentes por lo que resulta imprescindible recopilar, organizar y establecer sobre la misma base de cálculo los datos necesarios para una posible evaluación de soluciones constructivas de vivienda que parte del análisis del ciclo de vida de la edificación.

Esta evaluación que se realiza por medio de un método elaborado a partir del análisis del ciclo de vida\*, brinda un aporte científico y metodológico que sirve de base y guía, no solo a los proyectistas, sino también a los inversionistas.

En la segunda etapa se sometió el método de evaluación integral desarrollado a la reconsideración de sus parámetros, atributos e indicadores y a la validación y ponderación de los mismos a través de un método de expertos. Por último se llega a la caracterización de las soluciones constructivas seleccionadas confeccionando para cada una, su ficha técnica.

Con la información recopilada y el método mejorado se logra evaluar las soluciones constructivas en todas sus etapas.

*SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS SELECCIONADAS*

Para la selección de las soluciones constructivas a considerar se tomó como base el informe elaborado por el Ministerio de la Construcción (MICONS) en el 2003, agregando otras alternativas no contempladas en este, que se desarrollan en el Centro de Estudio de las Construcciones y Arquitectura Tropical (CECAT) del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE) y en el Ministerio de Transporte.

Así, las soluciones constructivas estudiadas, clasificadas en sistemas constructivos, soluciones de muros, soluciones de cubiertas y entrepisos, y soluciones de cubierta, se ofrecen en tabla 1.

Tabla 1. Soluciones constructivas seleccionadas

SISTEMAS	SOLUCIONES DE MUROS	CUBIERTAS
Gran panel VI Gran panel micro LH gran bloque Avantec Horm - EPS Met - EPS SSPP Soporte singular	Simplex Bloque panel Horcel Bloque hueco de mortero Ladrillo de cerámica Bloque hueco de cerámica	Tejas tevi

Soluciones de cubiertas y entrepisos

VIGUETAS	BOVEDILLAS	LOSAS PREFABRICADAS	LOSAS HORMIGONDAS IN SITU
Prensolan Semivigueta Tupamaro Otras variantes de hormigón armado	Mortero Cerámica Microhormigón EPS	Spiroll Canal de ferrocemento Con alma de EPS Plana de hormigón armado	Con encofrado de madera Con encofrado modular recuperable

*DESARROLLO DE LA PROPUESTA DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN INTEGRAL DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS EN ZONAS COMPACTAS DE LA CIUDAD. MÉTODOS DE TRABAJO*

Se revisaron algunos métodos de evaluación de sistemas constructivos elaborados en investigaciones precedentes, ninguno de los cuales se ajustaba a los objetivos planteados en este trabajo por falta de integralidad de los mismos. Los métodos realizados, de manera general, hacen énfasis en los aspectos constructivos, los consumos de materiales y los costos, datos que por demás, no resultan confiables, y en ocasiones ni siquiera comparables, a partir de su procedencia de fuentes diversas que no parten de una base común de cálculo. Por otra parte, los métodos precedentes persiguen una evaluación general de las soluciones constructivas, con independencia de las condiciones particulares impuestas por el contexto donde estos deberán ser usados.

Es por ello, que se hace necesario desarrollar un procedimiento que se adecue a los objetivos del presente trabajo. Como se pretende una evaluación de soluciones constructivas mucho más completa que las que hasta hoy han tenido lugar, el procedimiento parte, como antes se dijo, del análisis del ciclo de vida de la vivienda, considerando cuatro grandes etapas:

- **Diseño:** Contempla toda la etapa de proyecto, desde la concepción de la inversión.
- **Ejecución:** Comienza con la extracción de la materia prima, continúa con la elaboración de los elementos constructivos, culmina con la ejecución de la obra, incluyendo todos los procesos intermedios de transporte.
- **Explotación y mantenimiento:** Es la etapa más larga, que va desde que se habita la vivienda hasta el fin de su vida útil. Contempla su uso y explotación, así como su conservación, que incluye desde el mantenimiento sistemático, la reparación y los ciclos de rehabilitación que se consideren pertinentes.
- **Desuso:** Fin de la vida útil de la vivienda. Momento en que esta deberá incorporarse nuevamente al medio ambiente, para lo cual resulta conveniente que pueda ser reconstruida y no demolida, con vistas a reusar o reciclar al máximo sus elementos componentes.

A partir de ideas desarrolladas en reuniones de investigación, los miembros del grupo propusieron para cada etapa un conjunto de parámetros a evaluar y definieron los atributos que sirvieron de base para la evaluación de los parámetros a partir del objeto de estudio del presente trabajo que es la vivienda en la Ciudad de La Habana, específicamente, en las zonas centrales, donde el aprovechamiento del suelo urbano, la adecuación al contexto, los aspectos ambientales y las limitaciones de espacio para la ejecución de obras son factores determinantes en la evaluación de cualquier solución constructiva.

El procedimiento incluye también una propuesta de indicadores que expresan la forma de evaluar el parámetro. A estos parámetros se les asigna un número máximo de hasta tres indicadores en una escala cualitativa de bien, aceptable o mal en función de la satisfacción de las exigencias de los parámetros propuestos.

Con el fin de darle valor científico al procedimiento de evaluación propuesto fue necesario validar y ponderar los parámetros y atributos a través de un método de consulta a expertos, aplicando encuestas que permitieron identificar en algunos casos y corroborar en otros, el rol que le toca cumplir a cada parámetro. Se hizo necesario entonces conformar un comité de expertos con profesionales de alto conocimiento en la temática objeto de validación que formaran parte de diferentes sectores que tributan a la vivienda como Centro Técnico de la Vivienda y el Urbanismo (CTVU), Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción (CTDMC), MICONS, Planificación Física, Vivienda Ciudad de La Habana, DCH, Facultad de Arquitectura del ISPJAE, entre otros.

Como resultado se obtuvo que todos los parámetros propuestos son pertinentes y con ello se validó la propuesta. Por otra parte se le asignó el grado de importancia al parámetro tras la opinión de los expertos procesada por un método estadístico del programa Excel, conocido como Estadística Descriptiva. A partir de estos resultados se conformó entonces el procedimiento de evaluación, para ello se asignaron valores a los parámetros en correspondencia con su grado de importancia.

El método quedó conformado por veintiséis parámetros entre las cuatro etapas, cada uno de los cuales se abre en atributos (43) que los caracterizan, que a su vez, se evalúa a través de un máximo de tres indicadores que establecen criterios de medida. Los expertos asignaron el grado de importancia relativa de los parámetros y atributos y en consecuencia con el grado de importancia, se le asignó un valor al parámetro entre cinco y dos puntos, que será distribuido en los atributos según la importancia relativa de estos, a su vez para evaluar el atributo se le asignó un valor a los indicadores, donde el calificativo de **bien** tiene el máximo valor del atributo. La suma de la puntuación considerada para cada parámetro por cada etapa, responde al valor ideal a alcanzar por la solución constructiva en dichas etapas. Este valor ideal se considera como el 100 %. Por tanto al evaluar la solución constructiva correspondiente, el valor que se obtuvo fue expresado también en porcentaje para poder establecer la comparación y poder concluir cuán aceptable o no sería el nivel de apropiabilidad de la solución analizada.

A modo de ejemplo se presenta un parámetro con los atributos asociados a él y los correspondientes indicadores evaluadores, que pertenecen a una de las etapas (tabla 2).

Para que la evaluación tuviera validez, no bastó con evaluar las soluciones constructivas tras la suma de los valores alcanzados en las cuatro etapas, sino que se evaluó considerando la suma de los porcentajes ponderados por etapas, adquiridos por las soluciones constructivas evaluadas; por tanto, se propuso como metodología para la evaluación de soluciones constructivas de vivienda, la siguiente:

1. Evaluar la solución constructiva por cada etapa que conforma el método de evaluación, considerando las

Tabla 2. Etapa de explotación y mantenimiento

Parámetro	Atributo	Indicador	Valores a asignar
3.3- Vulnerabilidad -5-	3.3.1 Ante vientos fuertes -2.5-	B Elementos pesados y uniones sólidas	2,5
		A Elementos ligeros con uniones resistentes	1,5
		M Elementos ligeros y uniones débiles	0
	3.3.2 Ante incendios -2.5-	B Materiales resistentes al fuego y al calor, con resistencia al fuego mayor de 3 h.	2,5
		A Materiales combustibles o deformables adecuadamente protegidos, con resistencia al fuego entre 2 y 3 h.	1,5
		M Materiales combustibles o deformables sin protección, con resistencia menor de 2 h.	0

puntuaciones obtenidas en los parámetros de cada una. Posteriormente el valor es expresado en porcentaje para hacerlo corresponder con la escala de clasificación asumida que expresa lo apropiado de la solución a insertar en las zonas objeto de estudio.

2. Evaluar la solución constructiva sumando los porcentajes ponderados alcanzados en cada etapa.

Esto se determinó por el grupo de expertos que otorgó un valor de importancia a cada una de las etapas analizadas. A partir de ello se obtiene el valor ponderado o coeficiente de ponderación de la etapa, el cual se multiplica por el valor obtenido en cada una de ellas por la solución constructiva evaluada, quedando el resultado expresado en forma porcentual.

\*Ciclo de vida: Se establece como método conceptual para valorar, en el tiempo, el desarrollo de las edificaciones durante su vida útil. Se determina como la secuencia de tres etapas que incluye: 1. Ejecución (incorpora extracción de materia prima, manufactura y construcción); 2. Explotación y mantenimiento (incorpora uso, conservación, rehabilitación, y mantenimiento); 3. Desuso (incorpora desmontar, reusar, reciclar).

## CON CRITERIO/SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Posteriormente se suman los porcentajes alcanzados en cada etapa y se obtiene el valor integral expresado en porcentaje de la solución constructiva, que expresará el nivel de apropiabilidad.

Una vez concluidos los pasos anteriores, para determinar el nivel de apropiabilidad de la solución constructiva y su inserción en zonas urbanas centrales compactas, se establecen tres clasificaciones: **Apropiada. Poco apropiada. No apropiada.** La escala de calificaciones está en correspondencia con los valores a asignar en cada etapa. La clasificación de Apropiada se corresponde con el rango entre bueno y lo aceptable; el Poco apropiable con lo regular; y el No apropiable con lo malo, lo indeseable, lo que no puede insertarse.

### EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Para desarrollar la evaluación se conformaron dos grupos de soluciones constructivas. El primer grupo está compuesto por los sistemas constructivos y soluciones de muros y el segundo por las soluciones de entresijos y techos (ver tabla 1). Los grupos fueron evaluados de forma independiente pues los indicadores de evaluación establecidos en cada caso difieren notablemente. Esta forma de evaluar por separado a los grupos, ofrece la posibilidad de conocer en ambos casos, dentro de cada grupo, cuáles presentan más ventajas en cuanto al diseño arquitectónico y cuáles presentan indicadores, en general, superiores, que permitan a los inversionistas y directivos tomar decisiones sobre la utilización de una u otra solución o, si fuera el caso, acerca de la validez de continuar la investigación y (o) desarrollo de alguna de ellas. Se abre también la posibilidad de establecer combinaciones con otras soluciones.

Seguidamente se lleva a cabo la evaluación de cada una de las soluciones constructivas. Evaluando el comportamiento de cada sistema en las diferentes etapas que conforman el método, así como evaluando la solución de manera integral, es decir, considerando las cuatro etapas.

Atendiendo a la variable **diseño**, los sistemas constructivos Avant, Hor-EPS, Met-EPS, IMS son los que resultan más satisfactorios, con una valoración de casi todos sus parámetros entre Aceptable y Bien. Se destaca particularmente, el IMS, por su flexibilidad espacial (apoyos aislados), así como constructiva y de terminación (admite diferentes soluciones de cierre). Sin embargo, este es un sistema que su producción se encuentra actualmente detenido por su incompleta infraestructura, aunque en estos momentos se desarrolla un sistema con características de diseño similares que asume parte de esta infraestructura, pero aún no se dispone de él para la ejecución de viviendas en un corto plazo.

Los sistemas de muros de carga de hormigón armado (Gran Panel Micro, LH Gran Bloque y Soporte Singular) también resultan aceptables, aunque en menor medida, pues algunos parámetros no los satisfacen.

En las soluciones de muro, los conformados por piezas pequeñas como el de bloque hueco de mortero, bloque de cerámica, ladrillo y bloque de hormigón celular son los que más satisfacen (fundamentalmente los dos primeros) los requerimientos de diseño arquitectónico y urbano, por la flexibilidad que ofrecen.

En cambio los sistemas Bloque Panel y Simplex, con muros de carga en dos direcciones y luces de una crujía resultan



Montaje de la estructura de una edificación con el sistema Met-EPS. Tesis de Diploma.



Montaje del Sistema LH Gran Bloque. Tesis de Diploma.



Vivienda construida con bloques y cubierta de losa plana de hormigón in situ con moldes de madera. Tesis de Diploma.



Montaje con la solución de muro Bloque Panel. Tesis de Diploma.

inadecuados, pues están más limitados espacialmente y en su expresión por la repetición de su módulo básico, además de no permitir altas densidades.

Entre las soluciones de entrepiso y cubierta, la mejor solución desde el punto de vista de los requerimientos de diseño urbano y arquitectónico (para los contextos objeto de estudio) resulta, sin dudas, la losa de hormigón in situ. Aunque presentan desventajas en otros sentidos.

Las soluciones de vigueta y bovedilla, por su modulación pequeña, y las de EPS, resultan bastante flexibles, se pueden complementar con soluciones in situ para adecuarse a las particularidades del lote y la flexibilidad espacial interior dependerá de la solución estructural de muros de carga en una sola dirección.

Losas como la spiroroll resultan favorables para la flexibilidad espacial interior, por los espacios que dejan libres por sus grandes luces, pero a su vez, esto mismo unido a la modulación de 1,20, las hace menos flexibles para ser usadas en estos contextos.

En cuanto a los parámetros de la etapa de ejecución, estos arrojan que ninguna solución utiliza material reciclado y la mano de obra en general puede ser poco calificada y con participación popular en tareas de apoyo. Los sistemas pesados requieren de un mínimo de mano de obra especializada por la complejidad del montaje. Las soluciones más costosas son el Hor y el Met-EPS, dado por la tecnología y el costo elevado de materiales como el EPS y los perfiles de acero laminados en frío. Resulta más económico el sistema Gran Panel VI, con costos más bajos por m<sup>2</sup> de construcción.

Los sistemas pesados son altos consumidores de hormigón y acero y a su vez, más consumidores de energía en electricidad y petróleo (peor comportamiento Grandes Paneles e IMS). Por otra parte utilizan equipos de izaje y necesitan mayor espacio de almacenamiento a pie de obra y para el emplazamiento de las grúas, por lo que no resultan apropiados atendiendo a los requerimientos de estas zonas donde las calles y lotes son estrechos, y estos últimos además, son profundos e irregulares, resultando espacios limitados para aplicar estas tecnologías. Por otra parte son sistemas que requieren de mayor tiempo de ejecución por la precisión en el montaje.

Soluciones ligeras o de muros por piezas consumen poco o ningún hormigón, pero siempre cemento, material de alto consumo energético, aunque en menor cantidad que los sistemas pesados. Estas soluciones ocupan menos espacios para el almacenamiento con respecto a las soluciones pesadas, y no necesitan grúas en el proceso de izaje, debido a su poco peso pudiéndose montar manualmente con menos precisión, que disminuye el tiempo de ejecución. Todos estos aspectos evaluados los hacen más adecuados para insertarse en estas zonas urbanas compactas.

Las soluciones de entrepiso más favorables son las viguetas y bovedillas que consumen menos hormigón, material de encofrado y energía en su producción y montaje, no sucediendo así con las soluciones pesadas (losa hormigonada in situ o prefabricada) con un peor comportamiento de la losa Spiroll que resulta la más consumidora de electricidad y petróleo. Por otra parte la losa canal de ferrocemento por su ligereza



Losa canal de ferrocemento. Libro de texto.

permite un montaje a través de polipastos y sus dimensiones de 3,60 m es la que menos tiempo de ejecución requiere.

La teja Tevi como solución de cubierta resulta adecuada pues es fácil de producir, requiere para ello de poco espacio y al producirse en obra no induce gastos por transportación y se evitan roturas, los consumos de materiales son bajos y los de energía, insignificantes.

Para la etapa de Explotación y Mantenimiento todos los sistemas a base de EPS cumplen fácilmente con el valor de transferencia térmica, dado por la Norma Cubana de Eficiencia Energética, resultando los únicos apropiados según la exigencia de los indicadores de evaluación propuestos.

El mejor comportamiento acústico lo tienen los sistemas a base de EPS que aíslan más el ruido.

Presentan mayores problemas de filtración las soluciones pesadas quedando menos expuesto los sistemas de esqueletos. Las soluciones de muro de pequeño y mediano formato y las losa hormigonadas in situ o sistemas con carpeta de hormigón son las que mejor se comportan ante filtraciones.

Ninguna solución emite radiaciones, ni vapores durante su uso, por lo que no representan riesgo para la salud humana, salvo las soluciones a base de EPS bajo la acción del fuego.

Son menos vulnerables ante fuertes vientos las cubiertas pesadas y los sistemas pesados de grandes formatos, así como las soluciones de pequeño o mediano formato que sus muros trabajen como disco rígido y presenten viga perimetral. Son más vulnerables las cubiertas ligeras, aunque un buen diseño estructural y ejecución de las juntas deben disminuir los riesgos. En cuanto a la vulnerabilidad ante incendio, son también las soluciones pesadas y bloque de hormigón las más resistentes (6 h). Las soluciones a base de EPS resisten menos (máx 2 h).

Para garantizar un adecuado mantenimiento y con ello buscar mayor durabilidad de las edificaciones es recomendable que las instalaciones se encuentren expuestas, teniendo el peor comportamiento en este sentido el Avante, Met y Hor-EPS, ya que sus instalaciones son empotradas por requerimientos específicos de los sistemas.

En cuanto a la etapa de desuso ninguna solución puede ser desmontada, excepto la teja Tevi, lo imposibilitan las juntas rígidas, los morteros de terminación y las vigas de cierre de la edificación. Aunque el sistema MET-EPS y Sandino permite recuperar parte de sus componentes si se trabaja con cuidado.

**CON CRITERIO/SISTEMAS CONSTRUCTIVOS**

La posibilidad de reusar sería solo la teja Tevi y pudieran ser los ladrillos si se desmontan con cuidado. Aunque cualquier material producto de un derrumbe pudiera reciclarse como material pétreo, una vez clasificado, para diferentes usos dentro de la construcción, teniendo en cuenta que es un material deficitario.

Si se consideran las cuatro etapas como resultado de esa evaluación no son apropiados para insertar en estas zonas los sistemas de Grandes Paneles y prefabricados de gran formato en general. El resto de las soluciones constructivas entre los que cuentan los de muros por piezas de mediano o pequeño formato (Horcel, Simplex, Bloque mortero, Bloque de cerámica y ladrillo) y sistema a base de EPS (HOR-EPS, Avantec, Cassaforma), clasifican como **apropiados** para insertar en las zonas objeto de estudio y las soluciones a base de EPS y muros de albañilería son las más apropiadas de todas.

De acuerdo con los resultados se observa que de trece soluciones constructivas evaluadas, dos soluciones no pudieron ser evaluadas en su totalidad por falta de datos (GP Micro y MET-EPS), tres se comportan desfavorablemente, no siendo apropiadas para insertar en estas zonas y dos soluciones —Bloque Panel y Sandino— clasifican de **poco apropiadas** pudiendo ser empleadas en función del entreciso y techo que utilicen, ya que estos influyen de manera favorable o desfavorable, principalmente en los siguientes indicadores: técnico-económicos de consumo de materiales y de energía; peso de la construcción; mano de obra; uso de equipos y

costos. Además influyen en las facilidades de mantenimiento y reparación; en la impermeabilización y otros tales como: confort térmico y acústico, bienestar humano por el uso de materiales no dañinos a la salud y en la posibilidad de desmontar, reusar y reciclar.

De los sistemas de entrecisos y techos no son apropiados para insertar en estas zonas las soluciones prefabricadas de gran formato: losa Spiroll y maciza de hormigón armado.

La solución de vigueta y bovedilla de EPS es la solución más apropiada y aunque la teja Tevi obtiene una alta puntuación, no cumple con el mínimo de apropiabilidad para su inserción en estas zonas según lo propuesto en este trabajo, debido a las grandes limitaciones en cuanto a los aspectos de diseño y su mal comportamiento térmico y acústico. Otra de las desventajas de esta solución es que solo resuelve el techo y no puede usarse como entreciso.

El resto de las soluciones: de vigueta y bovedilla de mortero, cerámica y LAM, losa in situ, vigueta más plaqueta y los tipos de losa canal son poco apropiadas, aunque las soluciones de vigueta y bovedilla se acerca a lo aceptable. Sus mayores dificultades se encuentran en la etapa de desuso, pues no es posible desmontarlas y su reciclaje es más complicado por la heterogeneidad de sus componentes. Por tanto la decisión de su uso dependerá de cuanta importancia se le confiera a la posibilidad de desmontar y reciclar los componentes una vez que culmine la vida útil de la obra.

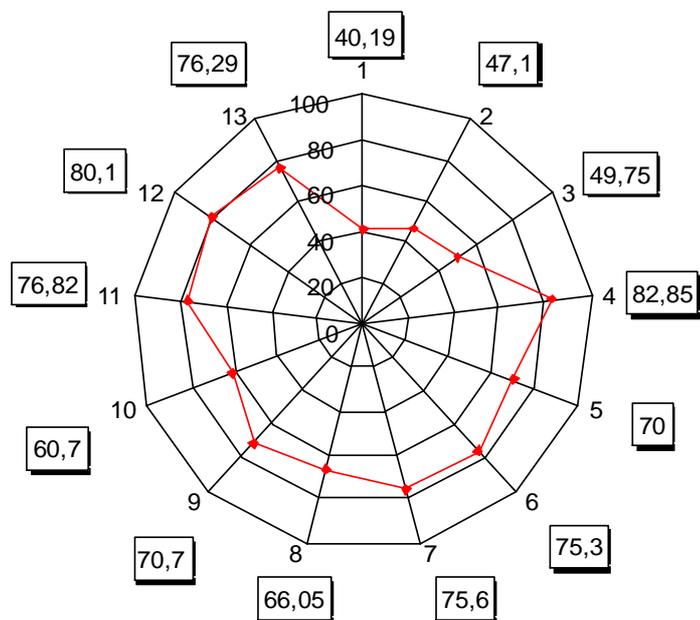
En tablas 3 y 4 y gráficos se presentan los resultados de las evaluaciones a todos los sistemas constructivos analizados.

Tabla 3. Clasificación alcanzada como resultado de la evaluación intergal

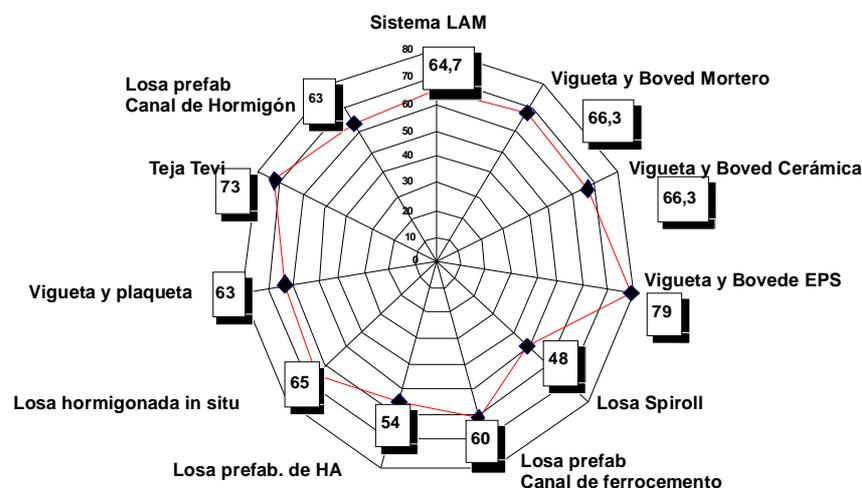
	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		GPVI	LH	IMS	Horcel	Cassa forma	HOR EPS	Avanted	Bloq. panel	Simpl.	Sandi.	Bloq. mort	Bloq. cerám.	Ladrillo
Dis	26	10,69	15,6	16,17	25,12	22,8	24,3	23,1	16,74	16,2	8,66	26	24,8	24,83
Ejec.	29	6,429	6,81	9,013	23,95	19,98	19	27,1	20,3	22,5	21	22,5	25,5	23,14
Exp.	30	17,07	18,7	18,57	27,78	20,88	26	16,4	16,41	19,4	18,4	19,32	20,8	19,32
Desu	15	6	6	6	6	6	6	9	12,6	12,6	12,6	9	9	9
Eval (%)	100	40,19	47,1	49,75	82,85	70	75,3	75,6	66,05	70,7	60,7	76,82	80,1	76,29
		NA	NA	NA	A	A	A	A	PA	A	PA	A	A	A

Tabla 4. Evaluación de soluciones de entreciso y techo contemplando las cuatro etapas

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Sistema LAM	Vigueta y boveda mortero	Vigueta y boveda cerámica	Vigueta y boveda EPS	Losa spiroll	Losa prefab. Canal de ferrocemento	Losa prefab. de HA	Losa hormigonada in situ	Vigueta y plaqueta	Taja Tevi	Losa prefab. Canal de hormigón
Diseño	26	11,4	21,8	21,8	22	11	9,9	17	26	9,9	14	10
Ejec.	29	28	20,6	20,6	25	11	28	11	15	28	28	29
Expl.	30	19,3	17,9	17,9	26	20	16	20	18	19	16	19
Desuso	15	6	6	6	6	6	6	6	6	6	15	6
Eval (%)	100	64,7	66,3	66,3	79	48	60	54	65	63	73	63
		PA	PA	PA	A	NA	PA	NA	PA	PA	A	PA



Evaluación de soluciones de muro y sistemas constructivos atendiendo a las cuatro etapas (el círculo exterior representa la condición ideal).



Evaluación de soluciones de entpiso y techos (el círculo exterior representa la condición ideal).

## CONCLUSIONES

Con el objetivo de insertar nuevos edificios multifamiliares en zonas centrales compactas de la ciudad, se elaboró un método de evaluación integral de viviendas que respondiera a este fin.

El método de evaluación propuesto quedó estructurado de manera que se evalúen las soluciones constructivas, tanto por etapas que permite reconocer las debilidades desde cada fase que tiene la solución, como considerando todas las etapas que permiten evaluar el nivel de apropiabilidad de la solución analizada, llegando así a conclusiones de cada solución constructiva estudiada.

No obstante se deduce de manera general que los sistemas constructivos pesados resultan menos adecuados para insertarse en estas zonas compactas debido a sus requerimientos tecnológicos que imponen el uso

de grúas para el montaje, con mano de obra más especializada y su correspondiente emplazamiento. Por otra parte necesitan de mayores espacios para el almacenamiento de sus elementos en obra. Estos sistemas también presentan mayores restricciones arquitectónicas en la flexibilidad de su imagen y en la flexibilidad para adaptarse a la geometría del lote. Todo esto en contraposición con los requerimientos de estas zonas urbanas donde las calles son estrechas, los lotes disponibles para las nuevas inserciones son profundos, estrechos e irregulares con ángulos no ortogonales, muros medianeros con fachadas continuas y presencia de portales en avenidas principales.

Por el contrario las soluciones ligeras de muros, de pequeño y mediano formato tales como: los compuestos por muros de albañilería y los compuestos a base de EPS son más flexibles arquitectónicamente y presentan más ventajas para ser ejecutados en zonas con características compactas debido a su poco peso y pequeñas dimensiones de sus elementos, que exigen poco espacio para el almacenaje en obra, además el montaje se puede realizar manualmente y con participación popular en tareas de apoyo. Algunas de estas soluciones tienen más posibilidades de ser desmontadas, reutilizadas y recicladas lo cual es deseable para concebir desde el ciclo de vida de la vivienda, que esta vuelva a incorporarse nuevamente al medio ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- COLECTIVO DE AUTORES. "Vivienda apropiada para ciudad de La Habana": Informe de Investigación. Grupo de Investigación de vivienda, Facultad de Arquitectura, La Habana, octubre, 2006.
- FLORES MOLA, José. *Prefabricación para Países en vías de desarrollo: Conceptos, definiciones y ejemplos*. La Habana, Ed. Félix Varela, 2002.
- LLANES, Marietta, JAIME, Daymi y TOLEDO, Jany. "Bases para la evaluación integral de soluciones constructivas para viviendas en zonas urbanas compactas". Informe de Investigación. La Habana, octubre, 2005.
- LLANES PÉREZ, Marietta. "Método de evaluación de soluciones constructivas para vivienda. Caso de estudio: Inserción de edificios de viviendas en zonas compactas de Ciudad de La Habana". Cuba, ISPJAE, Facultad de Arquitectura, diciembre de 2006.