

PROPUESTA DE EVALUACION DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

(A PROPOSAL FOR THE EVALUTION OF BUILDING SYSTEMS)

Juan Monjo Carrió, Dr. Arquitecto *

193-19

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla un método para evaluar funcional, técnica y económicamente un sistema constructivo en una determinada situación geográfica y económica. Para ello, y después de establecer una definición de sistema constructivo analiza, primeramente, cuáles son las exigencias funcionales, tecnológicas y económicas que se pueden plantear a cualquier sistema, y propone unos cuadros y gráficos donde se van recogiendo las respuestas del sistema a estas exigencias, de modo que se puedan medir y evaluar en cualquier caso. Por último, se lleva a cabo una primera aplicación de esos cuadros a dos sistemas distintos, utilizados en la actualidad, para conocer mejor su uso.

SUMMARY

The present work develops a method to evaluate in a functional, technical and economical way a building system in a specific situation. In order to do that, and after a definition of a building system, it analyzes the functional, technological and economical requirements of any system and proposes several graphs where the answers of the systems to those requirements are pointed up, in a way that they can be measured and evaluated. Finally, a first application of these graphs to two different systems in use is done, in order to know better its use.

1. INTRODUCCION

Con motivo de dictar recientemente un curso para el Colegio de Arquitectos del Ecuador, en Guayaquil, sobre el tema de «sistemas constructivos para viviendas de bajo coste», he tenido ocasión de meditar sobre las diferencias que existen entre los diversos sistemas en su modo de alcanzar los logros arquitectónicos a que están destinados, tanto funcionales como formales, así como en su respuesta al planteamiento tecnológico que se da en unas circunstancias concretas definidas por una cultura, una ubicación geográfico-climática y una situación económica dadas, y en la importancia que ello tiene para su elección en un momento determinado.

Si analizamos la historia de la tecnología constructiva en los últimos decenios, encontramos demasiados casos de errores de selección de sistemas, sobre todo en países en vías de desarrollo, como consecuencia de imposiciones comerciales, unas veces, de preferencias por lo extranjero, otras; la mayoría de ellas en casos de edificios residenciales de bajo coste, pero tam-

bién en otro tipo de arquitecturas. Para no salir de nuestro país, en España hemos visto muchas veces cómo se introducía un sistema constructivo centroeuropeo (con infraestructura industrial normalmente costosa) que ya resultaba obsoleto en su país y que, además, se utilizaba aquí sin la necesaria adaptación que impone el cambio de situación climática y geográfica (sobre todo para las épocas cálidas) además de las distintas condiciones socio-culturales que permiten su adecuado funcionamiento. Probablemente, en esos casos, sólo resultaba beneficiosa la operación para el industrial centroeuropeo que, además de liberarse de una maquinaria anticuada con una compensación económica, aseguraba unos ingresos futuros en forma de «royalties» periódicos.

Pero no sólo hemos sido país «sufridor». También he visto sistemas de encofrado, provenientes de España, ser utilizados en el Ecuador sin la más elemental adecuación climática, lo que convertía los edificios resultantes en «hornos» permanentes para ser habitados (sobre todo en la zona costera de clima tropical continuado).

En la mayoría de esos casos, el «importador» trata de sacar un beneficio inmediato a su inver-

* Catedrático de Construcción de la E.T.S. DE Arquitectura, Universidad de Valladolid.

sión, aprovechando el «deslumbramiento» que produce, en una primera instancia, la novedad del sistema, sin completar esa inversión con la adaptación necesaria para no aumentar los gastos, y suele desaparecer, con más o menos rapidez, cuando se comprueba la falta de funcionamiento del producto obtenido o la ausencia de la infraestructura tecnológica en la zona para proporcionar a su maquinaria el mantenimiento necesario, o la falta del sistema económico adecuado para su uso o, finalmente, la no aceptación social, ni del sistema constructivo (por la organización laboral del país) ni del edificio que se obtiene.

Europa, en general, ha sido fructífera en la exportación de sistemas y técnicas constructivas a países de desarrollo posterior, como consecuencia de las necesidades constructivas generadas por la destrucción masiva ocurrida en la segunda guerra. A partir de los años 50, los países europeos generaron y patentaron multitud de sistemas constructivos, dentro de las técnicas de prefabricación, que eran las más adecuadas para la necesidad inmediata de viviendas que existía. Cuando esa necesidad estuvo cubierta y sólo quedó la producida por el crecimiento normal de la población, esos sistemas dejaron de ser rentables y los que pudieron, trataron de liberarse de ellos con lucro. Hubo una primera migración de sistemas del norte de Europa a la cuenca mediterránea, a partir de mediados de los años 60, que perduró hasta mediados de los 70 en que siguieron su recorrido hacia los nuevos países en desarrollo. España estuvo en esta situación intermedia mientras se mantuvo la necesidad de producción de grandes series de viviendas. Como dato curioso cabe mencionar que a principios de los años 70 se podrían contabilizar en nuestro país hasta 14 industrias de prefabricación de «grandes paneles» en funcionamiento, cuando a principios de los 80 sólo quedaban 3.

La desaparición de esas industrias, no se debe achacar sólo a la disminución de la necesidad de las grandes series rentables, sino también (y en un porcentaje importante) a la falta de su adecuación a la realidad climática e, incluso, a la situación cultural del país (podríamos asegurar que muy pocos arquitectos han aceptado en algún momento ese tipo de sistemas, ya sea por falta de los conocimientos adecuados para su manejo, ya por la falta de atractivo que les pudieran ofrecer).

Esta situación se sigue dando actualmente en los llamados países del «Tercer Mundo», y ante la experiencia sufrida por los países del «Segundo», creo que vale la pena hacer una llamada de atención y ofrecer unos medios para evitarla. Pero no solamente en esas situaciones conflictivas, sino, en general, en cualquier planteamiento de selección de un sistema constructivo determinado, es necesaria una evaluación del mismo

para poder ponderar sus posibilidades arquitectónicas, que no pueden reducirse a la mera contemplación de los aspectos formales, sino que tiene que cubrir el triple abanico de lo funcional, lo formal y lo tecnológico, teniendo en cuenta:

* En lo *funcional*:

- el clima local,
- la geografía,
- la norma obligatoria,
- las exigencias de uso aceptadas u obligatorias.

* En lo *formal*:

- el entorno urbano o rural,
- los acabados interiores y exteriores,
- la integridad y posibilidades de mantenimiento.

* En lo *tecnológico*:

- el nivel industrial del país,
- el sistema de producción laboral,
- la posibilidad de continuidad,
- la situación económica general,
- la aceptación social.

El objetivo de este pequeño trabajo, que es consecuencia del curso dictado en el Ecuador, es el de establecer un método de evaluación de sistemas constructivos que sea sencillo y expresivo a la vez, y que permita cubrir el conjunto de exigencias arquitectónicas mencionado.

2. PLANTEAMIENTO

Se trata, pues, de encontrar un proceso analítico de los sistemas, que nos permita sintetizar, de un modo directo, las posibilidades del mismo. Un método muy adecuado puede ser el gráfico, que a base de cuadros y perfiles nos dé una visión inmediata del valor del sistema para nuestras exigencias.

Sistemas constructivos

Para ello, conviene establecer una definición previa: la de «Sistema constructivo». Podríamos definirlo como el *conjunto de materiales, elementos y unidades constructivas relacionadas y coordinadas entre sí por leyes físicas y geométricas, con el objetivo final de diseñar y construir un edificio o parte de él.*

Analicemos brevemente esta definición: Al hablar de «conjunto de materiales, elementos y unidades constructivas» suponemos que el sistema los define de tal manera que no se deben dejar para una selección final ninguno de ellos. Este es el modo de controlar el proceso constructivo desde el primer momento, de modo que desde la fase de proyecto se conozca cada tipo de

materiales y cada uno de los elementos y unidades constructivas, sus características físico-mecánicas y su definición geométrica. Todos los que se dejen al albur de la marcha de la obra, no se podrán coordinar adecuadamente y, por tanto, pueden llegar a deformar el resultado final, por lo que no podemos considerarlos como que forman parte del sistema constructivo.

Podríamos matizar esta consideración para el llamado «Sistema abierto» donde la característica principal es la de permitir la incorporación de cualquier elemento producido por el mercado, siempre que encaje dentro de una determinada coordinación dimensional. En estos casos, no existen más que esas leyes de coordinación y el sistema constructivo no lo es propiamente hasta que se seleccionan los materiales, elementos y unidades del mercado que encajan en esas exigencias. A partir de ese momento, ya son perfectamente identificables y constituyen los elementos físicos del sistema. Podríamos hablar, entonces, de un «presistema» compuesto de leyes de coordinación dimensional y de exigencias funcionales, y de un «sistema» propiamente dicho una vez seleccionados aquéllos.

En cuanto a la segunda parte de la definición «*relacionados y coordinados entre sí por las leyes físicas y geométricas*», la incidencia es evidente. La construcción (como la mayoría de los procesos de producción industrial) es un «proceso aditivo» en el que se unen una serie de componentes para obtener el producto final. Dichos componentes son objetos físicos que, al unirse, sufren una interacción físico-química, según su composición y la misión que se les encomiende, y cuyas dimensiones deben permitir el acoplamiento.

De una parte, pues, las *leyes físicas* de interrelación nos indicarán el modo adecuado de colocar los materiales y elementos juntos. Dichas leyes, definirán, precisamente, la técnica constructiva adecuada. Unas veces será una técnica de unión húmeda in situ, como es el caso de las obras de fábrica y lo que se ha dado en llamar construcción tradicional; otras, utilizaremos una técnica de prefabricación, en la que los elementos llegarán a la obra con un elevado nivel de acabado y procederemos a un simple encaje de los mismos.

Por otra parte, las *leyes geométricas* definirán con precisión las dimensiones de cada uno de los elementos componentes y de las unidades constructivas finales, con el doble objeto de facilitar su adecuada unión y acoplamiento, por una parte, y de obtener las formas y dimensiones señaladas en el proyecto, por otra.

Este conjunto de *leyes físicas y geométricas* de cada sistema son las que nos permiten definir el «Proyecto» y, por tanto, acometer el diseño de un edificio con el uso de un sistema constructivo.

Un proyecto es, en realidad, ese conjunto de leyes físicas y geométricas.

La última parte de la definición, «*con el objetivo final de diseñar y construir un edificio o parte de él*», recoge, precisamente, la afirmación del párrafo anterior y nos indica la existencia de dos tipos de sistemas. Los que podríamos llamar *sistemas totales o globales*, que acometen la solución de todo el edificio, y los *sistemas parciales o subsistemas*, que tienen por objeto resolver una parte constructiva del edificio, bien sea su estructura, bien su fachada, bien su tabiquería interior, bien sus instalaciones.

En el caso de utilizar un sistema global, sea cerrado o abierto, nos preocuparemos de la coordinación interna de sus elementos. Si vamos al sistema parcial, deberemos estudiar su complemento con otros sistemas que nos permitan rematar el edificio, y nos preocuparemos de la coordinación entre sus leyes físicas y geométricas de modo que sea posible el acoplamiento de los diversos subsistemas. Si tienen, todos ellos, leyes de interrelación muy rígidas, sobre todo dimensionales, debido al alto nivel de acabado de sus elementos (caso de subsistemas basados en la técnica de prefabricación) el acoplamiento será, en principio, más complejo. Por el contrario, si, por lo menos, algunos de ellos tienen leyes muy flexibles por basarse en la técnica de ejecución in situ, el acoplamiento entre unos y otros parece más fácil. En cualquier caso, no nos debemos conformar con sistemas parciales que no contemplen la ejecución completa del edificio ya que su logro puede resultar fallido o fuera de las previsiones iniciales de todo tipo.

Aspectos a evaluar

Una vez definido y analizado el concepto de sistema constructivo, veamos cuáles son los aspectos de los mismos que nos interesa evaluar.

Considero que son tres los fundamentales: el FUNCIONAL, el TECNOLÓGICO, y el ECONÓMICO.

Por una parte, ya he expresado en otras ocasiones mi opinión de que la Arquitectura es un «Arte funcional», es decir, que trata de obtener edificios que encierren espacios que se van a habitar y que, para ello, deben responder a un nivel mínimo de funcionamiento de acuerdo con las exigencias de uso para cada caso. Este funcionamiento estará, sin duda, condicionado por el sistema constructivo a través del diseño, sistema constructivo cuyos elementos y leyes de interrelación deben poder adecuarse al entorno geográfico y climático y permitir la habitabilidad requerida en los espacios físicos que define.

Por otra parte, el proceso constructivo es un proceso de producción en el que hay que distinguir

cuatro grandes fases. La de *diseño*, la de *producción de elementos componentes*, la de su *transporte a obra* y la de su *montaje*. Cada una de estas fases se ve condicionada por el sistema constructivo y por sus exigencias tecnológicas referidas al nivel de preparación de la mano de obra, nivel industrial requerido, nivel de mantenimiento necesario, etc., etc.

Por último, tanto el aspecto funcional como el tecnológico tiene una gran incidencia, y están condicionados por la economía que establezca y exija el sistema. No será lo mismo utilizar materiales de producción local que importarlos, o tener que realizar una inversión costosa en una nueva maquinaria en lugar de utilizar la existente, y tampoco será lo mismo proyectar y construir edificios con un alto nivel de confort, que hacerlo para niveles inferiores, con menor consumo en aislamientos y acabados. La economía, en nuestras sociedades, condiciona todos los procesos y por ello no podemos dejar de considerarla.

Veamos, pues, la propuesta de evaluación de los sistemas constructivos según estos tres aspectos.

3. RESPUESTA FUNCIONAL

La función de la Arquitectura ya la concretó Vitruvio en su libro primero al establecer las tres características definitorias de la misma «Firmitas», «Utilitas» y «Venustas», que podríamos traducir por «Integridad», «Utilidad» y «Belleza».

Estas tres características han definido a la Arquitectura a lo largo de los siglos y siguen plenamente aceptadas, por lo que parece muy apropiado evaluar la respuesta funcional de los sistemas constructivos según ellas.

Así, pues, tendremos tres escalones de respuesta funcional del sistema; el que se refiere a su *integridad*, el que lo hace a su *utilidad* y el que analiza su *belleza*, y en cada uno de ellos nos interesa evaluar dos tipos de respuesta; por un lado, la *posibilidad* de su obtención y, por otro, su *adecuación* al medio físico y social en el que se pretende utilizar.

Por ello, interesa analizar cada uno de los tres escalones para descubrir sus diversas variantes.

Integridad («firmitas»)

Podemos considerar dos aspectos igualmente importantes. Por una parte, la *integridad*, propiamente dicha, ante los agentes naturales y, por otra, la *seguridad* ante las acciones, directas o indirectas, del hombre. La *integridad* nos expresará la capacidad que tienen los componentes del sistema (sus unidades constructivas) de mantener sus características físico-químicas

Cuadro 1. – Condiciones funcionales.

SISTEMA: Alto, ● Medio, ■ Bajo, ▲

| CONDICIONANTE | | POSIBILIDAD | | | ADECUACION A LA SITUACION | | | | | | | |
|--------------------|------------------------------|-------------------------|-------|------|---------------------------|-------|------|-----------------|-------|------|--|--|
| | | ALTA | MEDIA | BAJA | GEOGRAFICO-CLIMAT | | | SOCIO-ECONOMICA | | | | |
| | | | | | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTA | MEDIA | BAJA | | |
| INTEGRIDAD ANTE | ACCIONES MECANICAS | | | | | | | | | | | |
| | ACCIONES CLIMATICAS | AGUA | | | | | | | | | | |
| | | SOL | | | | | | | | | | |
| | | VIENTO | | | | | | | | | | |
| ANIMALES Y PLANTAS | | | | | | | | | | | | |
| SEGURIDAD ANTE | ACCIONES DIRECTAS DEL HOMBRE | | | | | | | | | | | |
| | ACCIONES INDIRECTAS | CONTAMINACION | | | | | | | | | | |
| | | FUEGO | | | | | | | | | | |
| ADECUACION | DE USO | | | | | | | | | | | |
| | CONSTRUCTIVA | CONSTRUCCION PROGRESIVA | | | | | | | | | | |
| | | AUTOCONSTRUCCION | | | | | | | | | | |
| CONFORT AMBIENTAL | HIGROTERMICO | | | | | | | | | | | |
| | HIGIENICO | | | | | | | | | | | |
| | ACUSTICO | | | | | | | | | | | |
| | VISUAL | | | | | | | | | | | |
| COMPOSICION | GEOMETRICA | | | | | | | | | | | |
| | COLOR | | | | | | | | | | | |

ante la acción, lenta pero continua, de los agentes naturales, que van, desde las cargas mecánicas debidas al peso propio de los elementos constructivos (cargas permanentes) hasta las acciones de toda índole producidas por los agentes climáticos, agua, sol y viento, pasando por las de otros organismos vivos, como animales y plantas.

Con lo cual podemos agrupar los agentes naturales de la siguiente manera, coincidente con la clasificación que aparece en la primera parte del cuadro n.º 1:

Agentes naturales

1. Acciones mecánicas:

- 1.1. Cargas permanentes en elementos estructurales portantes.
- 1.2. Cargas propias en elementos no portantes.

2. Acciones climáticas:

- 2.1. Agua.
 - 2.1.1. De lluvia.
 - 2.1.2. Embalsada.
 - 2.1.3. Nieve.
 - 2.1.4. Hielo.
- 2.2. Sol.
 - 2.2.1. Desecación.
 - 2.2.2. Acciones químicas (rayos ultravioletas).

- 2.3. Viento.
 - 2.3.1. Presión.
 - 2.3.2. Erosión.

3. Organismos vivos:

- 3.1. Animales.
 - 3.1.1. De pequeño tamaño (insectos, etc.).
 - 3.1.2. De gran tamaño.
- 3.2. Plantas.
 - 3.2.1. De pequeño porte (hongos, etc.).
 - 3.2.2. De gran porte (raíces).

Ante la acción de cualquiera de estos agentes naturales, deberemos evaluar, por un lado, la *posibilidad* de mantener la integridad de los elementos constructivos del sistema, tanto los que constituyen la estructura como los que cumplen la misión de cerramiento (fachadas y cubierta) considerando la incidencia de los diversos agentes en cada uno de ellos, y, por otro, la *adecuación* de las soluciones que ofrece el sistema medida básicamente en coste de adaptación o modificaciones necesarias para esa posibilidad, con objeto de conocer no sólo las posibilidades reales en un momento determinado, sino también las de su adecuación futura.

Así, ante las *acciones mecánicas* del propio edificio veremos la posibilidad de utilizar los cerramientos verticales como elementos portantes y, en su caso, para qué alturas, teniendo en cuenta, si cabe, las acciones sísmicas. Si no necesitamos esta función portante, y para los cerramientos de cubierta en general, analizaremos su integridad simplemente ante el peso propio, dependiendo de su sistema de sujeción a la estructura portante.

En cuanto a las *acciones climáticas*, deberemos evaluar la integridad de los mecanismos exteriores ante el *agua* de lluvia, analizando la posibilidad de infiltración del exterior, lo que dependerá de su grado de estanquidad, tanto de los elementos (su porosidad) como, sobre todo, de las juntas entre ellos y todo ello de un modo especial en las cubiertas. Dicha estanquidad será más importante para los casos de aguas embalsadas y aguas freáticas, y será definitoria para la integridad de los elementos constructivos en los casos de posibilidad de heladas, por su efecto rompedor. También, en el caso del agua, habrá que considerar el efecto de la nieve en las cubiertas como sobrecarga, en las zonas geográficas donde exista esta posibilidad.

El *sol* afectará a la integridad de los cerramientos exteriores con dos tipos de acciones. Una física, que produce la desecación de las capas superficiales de los elementos constructivos

(sobre todos los leñosos y porosos) con aparición de grietas, y otra química por efecto de los rayos ultravioletas que tienden a romper las cadenas de los materiales plásticos a base de polímeros, produciendo resquebrajamiento y cambios de color. Por todo ello, será necesario evaluar la posibilidad de estos efectos en los elementos constructivos del sistema.

También, los efectos del *viento* tienen cierta importancia para la integridad de los cerramientos exteriores que habrá que evaluar, tanto los que son consecuencia de la presión dinámica (positiva o negativa), como los derivados de la erosión, que no sólo afectan al aspecto estético, sino también al de su integridad. Todo ello, de un modo especial en situaciones muy expuestas.

Por último, en cuanto a los *organismos vivos*, su efecto para la integridad de los elementos constructivos, sobre todo de los cerramientos, aunque es pequeño comparado con los de los agentes anteriores, no por ello se debe despreciar, sobre todo en aquellas zonas geográficas donde estos organismos abundan sobremedida, principalmente zonas rurales. Así, los *animales* de pequeño tamaño (insectos) tienden a infiltrarse a través de rendijas y aberturas exteriores que conviene controlar. Ello no afecta estrictamente a la integridad del sistema, pero sí a su seguridad excepto en el caso de los litófagos (termitas, carcomas, etc.). Los de gran tamaño, por el contrario, si pueden tener una actividad destructora, sobre todo las aves, cuyos nidos suelen ser origen de goteras.

También las plantas, a través del crecimiento de sus raíces, tienen una actividad rompedora, introduciéndose en fisuras y agrandándolas, tanto las de pequeño como las de gran porte. En cualquier caso, y según la situación geográfica y climática, deberemos evaluar la integridad del sistema ante los organismos existentes en la zona.

La *seguridad*, por otra parte, nos indicará la capacidad de los elementos y unidades del sistema en estudio para responder a una determinada acción del hombre manteniendo su integridad ante esta acción que, por lo general, es aislada e intensa.

De esas acciones deberemos considerar tanto las *directas*, que atentan contra la propiedad (ladrones), contra el aspecto (vándalos) o contra la integridad total (terroristas), como las *indirectas*, producto de las diversas actividades humanas y que se pueden resumir en la contaminación atmosférica, que afecta a las características físico-químicas de los materiales exteriores, y el fuego que destruye.

Como en párrafos anteriores, podemos agrupar esas acciones de acuerdo con el mencionado cuadro n.º 1 en:

Acciones del hombre

1. Directas:
 - 1.1. Intrusismo.
 - 1.2. Vandalismo.
 - 1.3. Terrorismo.
2. Indirectas.
 - 2.1. Contaminación atmosférica.
 - 2.2. Fuego.

Ante el *intrusismo* será importante no sólo la resistencia de los cerramientos al impacto, o la protección de los huecos de puerta y ventana, sino también la existencia de rincones donde el ladrón pueda ocultarse de las vistas y «trabajar» con cierta libertad.

El *vandalismo* afectará a cualquier objeto saliente de las fachadas que pueda suponer una «tentación» para los destructores.

El *terrorismo* se debe centrar exclusivamente en edificios de tipo oficial y, sobre todo, militar, por lo que sólo será necesario tenerlo en cuenta en estos casos.

La *contaminación atmosférica* será importante en ciudades y zonas industriales donde se prevea su existencia. Afecta, principalmente, a los materiales porosos y a los metálicos por la aceleración de su corrosión. Habrá que evaluar el comportamiento de los cerramientos en estos casos.

El *fuego*, por último, es susceptible de aparecer en cualquier situación, y habrá que considerar la seguridad del sistema ante sus diversas acciones (resistencia a la ignición, resistencia como barrera, evacuación de los usuarios, acceso de bomberos y producción de gases tóxicos, todo ello según la normativa vigente en cada caso) (NBE. CPI-82).

Utilidad («utilitas»)

También, en este escalón, podemos considerar dos aspectos básicos. Por un lado, las dimensiones de los espacios habitables y su interrelación; lo que podríamos llamar la *funcionalidad*. Por otro, el *confort que el sistema permite obtener en dichos espacios habitables, confort ambiental que se mide según cuatro parámetros: higrotérmico, higiénico, acústico y visual*. Todo ello, de acuerdo con la normativa propia del país o, si no existe, con la más adecuada a las costumbres locales.

La *funcionalidad* contemplará, además, la posibilidad de *construcción progresiva*, es decir, la posibilidad de que la vivienda pueda ir creciendo con las necesidades y las posibilidades de sus ocupantes, dentro de un orden formal y constructivo determinado, así como la posibilidad de *autoconstrucción* que presenta el sistema, sobre todo en los países en vías de desarrollo donde este

procedimiento es fundamental para disminuir costes. La autoconstrucción implica la existencia de unas leyes dimensionales claras y simples y el uso de una tecnología constructiva sencilla y unos materiales locales o fáciles de obtener.

En el *confort ambiental* se deberán medir, por un lado, la capacidad aislante de los cerramientos en los parámetros higrotérmico y acústico, las posibilidades de ventilación y renovación de aire, en el higiénico y, tanto la posibilidad de iluminación natural como la comunicación con el exterior, en el visual.

Las *condiciones higrotérmicas* habrá que evaluarlas de acuerdo con la normativa vigente (NBE. CT-79) considerando no sólo el coeficiente de aislamiento global (Kg) sino otros parámetros que permitan conocer mejor la adecuación funcional del sistema, como son la *inercia térmica* de las unidades constructivas, el *tipo de uso* del edificio (si continuo-vivienda o temporal-escuelas, oficinas, etc.) el sistema mecánico de *calefacción* previsto, la *climatología* del lugar, etc.

También las *condiciones acústicas* exigirán una consideración de diversos parámetros, entre ellos el tipo de uso del edificio y su situación respecto de fuentes sonoras, y todo ello de acuerdo con la normativa vigente (NBC.CA-81).

Las *condiciones higiénicas* cobran importancia, sobre todo, en edificios públicos y en viviendas de bajo coste donde el número de usuarios por m² suele ser elevado. Habrá que considerar, pues, las posibilidades naturales de ventilación a través de puertas y ventanas, así como los sistemas mecánicos o forzados que se prevean, sobre todo para cocinas y cuartos de baño. Todo ello, a la luz de la normativa vigente.

Por último, las *condiciones visuales* dependen del tipo de uso del edificio y de su situación geográfica, y vienen determinadas por la forma, tamaño y disposición de los huecos de ventana. Habrá que considerar no sólo la posibilidad de una iluminación natural suficiente durante el día, sino también la ausencia de efectos desagradables como deslumbramientos, contrastes excesivos, etc.

Como en los puntos anteriores, agrupemos los diferentes condicionantes, de acuerdo con la segunda parte del cuadro n.º 1:

Funcionalidad

1. *Adecuación de uso*
 - 1.1. Dimensiones de los espacios habitables | adecuación
 - 1.2. Relación entre ellos

2. Adecuación constructiva

- 2.1. Construcción progresiva
2.2. Autoconstrucción
- | posibilidad

Confort ambiental

1. *Higrotermico* (aislamiento)
2. *Higiénico* (ventilación)
3. *Acústico* (aislamiento y acondicionamiento)
4. *Visual* (iluminación y comunicación)

Belleza («venustas»)

En este último escalón de respuesta funcional deberemos considerar aquellos parámetros que definen la estética formal de un edificio, analizando la posibilidad de su obtención en base a unas leyes de composición geométrica propias del sistema, leyes en las que la coordinación modular juega un papel fundamental.

Dos son esos parámetros definitorios: la *composición de formas y volúmenes*, en base a unas leyes de proporción armónica, y la *colorimetría* de las unidades constructivas, y más concretamente, de sus acabados.

La *coordinación modular* del sistema nos permitirá analizar, en base al módulo de partida y a las leyes de su coordinación dimensional, las posibilidades de obtener volúmenes de conjunto y diseños de fachada de proporciones armónicas.

Esa composición formal no debe perder de vista, al mismo tiempo, su dependencia dimensional de los espacios que crea; de ahí la importancia de unas leyes de coordinación que consideren no sólo el plano, sino también el espacio.

Los subsistemas de acabados superficiales nos darán, por otra parte, las posibilidades de armonización colorimétrica del edificio, tanto en los espacios interiores habitables como en relación con su entorno geográfico y urbano. De ahí la importancia de que el sistema tenga el máximo de definición tecnológica, que no se reduzca a aspectos básicos, como estructura o cerramientos, sino que incluya también los acabados, indicando si estos vienen incorporados como parte constituyente de las propias unidades, o constituyen un subsistema de aplicación posterior.

Podemos agrupar, pues, los condicionantes estéticos a analizar en los dos parámetros mencionados de acuerdo con la última parte del cuadro n.º 1:

Belleza

1. *Composición geométrica*
 - 1.1. Módulo base
 - 1.2. Coordinación modular

2. Colorimetría

- 2.1. Acabados incorporados
- 2.2. Acabados in situ

Reunidos estos tres escalones en una sola columna obtendremos el cuadro n.º 1 de *Evaluación del sistema según los condicionantes funcionales*, en el que en las dos columnas siguientes nos aparece la *posibilidad de obtención* de los parámetros de la primera y su *adecuación* a las situaciones geográfico-climática y socioeconómica, evaluadas ambas según tres categorías: *alta, media y baja*.

El cuadro se deberá aplicar a cada uno de los sistemas a evaluar, y para rellenarlo, utilizaremos signos geométricos diferentes para cada categoría, con objeto de facilitar una rápida captación visual de la evaluación una vez completada.

4. RESPUESTA TECNOLÓGICA

Dependerá, básicamente, de las soluciones que presente el sistema a lo que podríamos llamar «condicionantes constructivos», que son aquella serie de aspectos técnicos del proceso constructivo que marcan la pauta tecnológica del sistema. Estos aspectos técnicos deberán ser complementados, no obstante, por otros referentes a la mano de obra y al diseño de subsistemas. Veámos.

4.1. Condicionantes constructivos

Como ha quedado dicho, un proceso de construcción es un proceso de producción aditivo en el que, a partir de unas *materias primas* se obtienen unos elementos componentes, primero, y unas *unidades constructivas*, después, que finalmente constituyen el edificio; y todo ello con el uso de unas determinadas *técnicas* y a través de un proceso en el que podemos distinguir tres fases claras; la de *fabricación*, la de *transporte* a obra y la de *montaje* in situ. Podemos, además, considerar una cuarta fase en el proceso, que nos condiciona en gran medida la vida útil del edificio: la de *mantenimiento*.

Si queremos evaluar la respuesta tecnológica del sistema dentro de su proceso de construc-

Cuadro 2. – Condicionantes constructivos.

SISTEMA:

Alto, ● Medio, ■ Bajo, ▲

| CONDICIONANTE | POSIBILIDAD | | | ACEPTACION | | | CONTROL DE CALIDAD | | | CONTINUIDAD | | |
|---------------|-------------|-------|------|------------|-------|------|--------------------|-------|------|-------------|-------|------|
| | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTO | MEDIO | BAJO | ALTA | MEDIA | BAJA |
| MATERIALES | | | | | | | | | | | | |
| FABRICACION | | | | | | | | | | | | |
| TRANSPORTE | | | | | | | | | | | | |
| MONTAJE | | | | | | | | | | | | |
| MANTENIMIENTO | | | | | | | | | | | | |

ción-conservación, no tendremos más remedio que partir del análisis de estos parámetros y evaluarlos en base, por lo menos, a cuatro tipos de respuesta, a saber: la facilidad o *posibilidad* de su existencia, la *aceptación socioeconómica*, el nivel de su *control de calidad* y la posibilidad de su *continuidad*.

Así, de acuerdo con el cuadro n.º 2, debemos evaluar cinco parámetros que condicionan constructivamente el sistema, y cada uno de ellos según los cuatro enfoques mencionados, a saber:

– *Materiales.* Evaluaremos la posibilidad o facilidad de obtener estos materiales básicos en la zona (si son, o no, materiales locales o hay que importarlos). Asimismo, consideramos su aceptación por parte de los usuarios, tanto de aspecto, como de concepto o, incluso, de uso en el caso de procesos de autoconstrucción. Consideraremos, también, la calidad que ofrecen estos materiales y la facilidad de controlarla. Por último, estudiaremos la continuidad de uso de esos materiales, tanto si son locales (extensión de las canteras) como si son foráneos (posibilidad de continuar la importación).

– *Fabricación, transporte y montaje.* Como conjunto de las técnicas del sistema, evaluaremos la posibilidad de su implantación de acuerdo con la situación socioeconómica y de la infraestructura industrial del país. Consideraremos su aceptación social, sobre todo en los casos en que su implantación suponga atentados ecológicos. Veremos la seguridad de contar con técnicas de calidad o de controlar sus procesos y, por fin, la posibilidad de que su uso continúe, tanto por las fuentes de energía como por la especialización del personal.

– *Mantenimiento.* Evaluaremos, también, la posibilidad de su existencia, analizando la exigencia, o no, de tecnología especial, y la aceptación por parte del usuario (en general no es corriente la idea de que una vivienda hay que mantenerla como cualquier otro producto mecánico). Estudiaremos la calidad del proceso de mantenimiento establecido, así como su continuidad.

Para toda esta evaluación, podemos seguir, como en el cuadro n.º 1, un proceso gráfico a base de distintos signos geométricos para los tres escalones de *alta, media* o *baja*.

4.2. Perfil tecnológico

Como complemento a esta primera evaluación tecnológica debemos analizar la incidencia de la mano de obra en el proceso constructivo, aspecto, éste, de gran incidencia en la aceptación socioeconómica del sistema, tanto por lo que supo-

ne de análisis de costes (insistiremos sobre ello en la respuesta económica) como por lo que afecta a la participación en el desarrollo del proceso, sobre todo en los sistemas en los que la autoconstrucción es fundamental.

En el cuadro n.º 2 hemos analizado las respuestas a los cinco condicionantes constructivos, pero en ellas no había una consideración importante de la mano de obra. Sin embargo, su incidencia en el proceso es crucial. Por ello, debemos estudiarla desde dos puntos de vista. Por una parte, la incidencia de su *participación* en cada una de las fases del proceso, estimada en porcentaje. Ello nos dará, como contraste, el nivel de mecanización del sistema y, por tanto, su nivel tecnológico. Por otra, la incidencia de la *especialización* de esa mano de obra, expresada como porcentaje de mano de obra especializada con respecto al total de mano de obra de cada fase.

Este índice será expresivo, no tanto del nivel tecnológico del sistema, como de la incidencia económica de la mano de obra en el mismo. En efecto, un sistema con un alto nivel de industrialización puede, sin embargo, usar mano de obra sin especializar. De la misma manera, un sistema poco industrializado necesita, muchas veces, de mano de obra con mucha especialización, aunque sea para realizar trabajos in situ. De ahí que la especialización de la mano de obra no sea expresión directa de alto nivel tecnológico. En cualquier caso, el conjunto de los dos índices si nos da una visión bastante clara del nivel tecnológico del sistema, por lo que al conjunto de gráficos que resultan de aplicar dichos índices le podemos denominar «perfil tecnológico» del sistema.

El cuadro n.º 3 nos permite recoger estos datos. En él figuran, en abscisas, las diferentes fases del proceso constructivo, desde la de cantera hasta, incluso, la de *mantenimiento*. En ordenadas, aparecen, simplemente, los porcentajes de 0 a 100 en escalones de 10.

Cuadro 3. – Perfil tecnológico.



4.3. Análisis de subsistemas

Por último, esa *aditividad* del proceso constructivo se refleja también en la posibilidad de descomponer el conjunto de un edificio y, por tanto, de un sistema, en partes del mismo, o grupos de unidades constructivas, con una misma función. Son los que podríamos llamar «subsistemas», toda vez que constituyen, cada uno de ellos, un sistema desde el punto de vista de conjunto de elementos componentes interrelacionados por leyes constructivas y funcionales. En este sentido, podríamos definir un sistema como un *conjunto de subsistemas complementarios y acoplables entre sí*. Para que este conjunto constituya un edificio, desde el punto de vista funcional y constructivo, debe incorporar, por lo menos, los siguientes subsistemas:

- Subsistema estructural*, que comprende, a su vez, tres partes: *cimentación, estructura vertical y estructura horizontal*.
- Subsistema de cerramientos*, que comprende: *fachadas, cubiertas, tabiquería, puertas y ventanas*.
- Subsistema de acabados*, a saber: *suelos, paredes, techos y exteriores*.
- Subsistema de instalaciones*, que incorpora: *fontanería, saneamiento y electricidad*.

A la hora de evaluar un sistema desde el punto de vista de su respuesta constructiva, nos interesa conocer la «capacidad de subsistemas» que ofrece, es decir, saber cómo, y en qué medida, están resueltos los subsistemas necesarios. De ahí que pueda ser útil el cuadro n.º 4 en el

que se analizan los diferentes apartados enumerados en los párrafos anterior y se indica en qué momento resulta incorporado el subsistema al edificio (en taller, en fase de fabricación de los elementos componentes, o en obra, durante el montaje) y si estos forman parte del propio sistema, como un verdadero subsistema del mismo, o requiere una «prestación» de un subsistema ajeno que se incorpora al sistema central.

En toda esa evaluación, debemos considerar que los sistemas llamados «abiertos» se basan, precisamente, en la posibilidad de incorporación de elementos y subsistemas ajenos en un mismo y único proceso de montaje. Ya dijimos que en estos casos el sistema se puede considerar como tal sólo a partir de la definición de los elementos y subsistemas que lo componen, lo que daría como resultado que los subsistemas, a pesar de ser ajenos, en esta evaluación se considerarían como propios.

No es muy corriente que un sistema tenga resueltos, en sí mismo, todos y cada uno de los subsistemas, sino que, por el contrario, es más común que el sistema se especialice, en uno de los subsistemas básicos (estructura o cerramientos) y los demás los «pida prestados», sobre todo los que se refieren a puertas y ventanas, o los de acabados interiores. En cualquier caso, este cuadro nos dará una idea de la definición de subsistemas que se nos presenta, así como las necesidades de complemento que el sistema a evaluar necesita, sin que ello tenga que ir, necesariamente, en detrimento de su calidad constructiva o funcional.

5. RESPUESTA ECONOMICA

No se puede evaluar un sistema constructivo sólo desde un punto de vista funcional o tecnológico puesto que ambos aspectos tienen una incidencia inmediata en su coste y, a su vez, se ven condicionados por él. Por ello, resulta inevitable considerar también la respuesta que da el sistema en estudio a las condiciones económicas del lugar, condiciones económicas que dependerán de una serie de parámetros, parámetros que serán consecuencia, a su vez, del sector económico e industrial en el que va a estar inmerso; de ahí que haya que analizar previamente las *circunstancias locales* que definen, tanto la economía, como la tecnología del lugar.

Por otra parte, habrá que considerar los aspectos propios del sistema que definen y condicionan su coste y que son los que deben adecuarse a las circunstancias locales. Dichos aspectos pueden agruparse en dos apartados: los que podríamos llamar *objetivos básicos* de la economía del sistema, que persiguen la obtención de un producto (edificio) lo más económico posible, de la mejor calidad y en el mínimo de tiempo (el típico «bueno, bonito y barato»); y los que podría-

Cuadro 4. – Análisis de subsistemas.

SISTEMA : _____ Propio, ● Ajeno, ■

| SUBSISTEMAS | | INCORPORADO EN TALLER | | INCORPORADO EN OBRA | |
|---------------------|--------------|-----------------------|-------|---------------------|-------|
| | | PROPIO | AJENO | PROPIO | AJENO |
| ESTRUCTURA | CIMENTACION | | | | ■ |
| | VERTICAL | ● | | ● | |
| | HORIZONTAL | ● | | ● | |
| CERRAMIENTOS | FACHADAS | ● | | ● | |
| | CUBIERTA | | | | ■ |
| | TABIQUERIA | ● | | ● | ■ |
| | VENTANAS | ● | | ● | |
| | PUERTAS | | | | ■ |
| ACABADOS INTERIORES | SUELOS | | | | ■ |
| | PAREDES | ● | | ● | ■ |
| | TECHOS | ● | | ● | |
| INSTALACIONES | FONTANERIA | ● | | ● | |
| | SANEAMIENTO | ● | | ● | ■ |
| | ELECTRICIDAD | ● | | ● | |

mos definir como *parámetros tecnológicos* de la economía del sistema, que hacen referencia a la respuesta económica de cada una de las fases del proceso constructivo.

Analicemos brevemente todos estos aspectos:

Circunstancias locales

Considero que son cuatro las circunstancias que condicionan la adecuación económica de un sistema constructivo a un sector industrial y comercial como es el sector de la construcción de un país:

- Político-económicas
- Socio-económicas
- Tecnológicas
- Culturales

Las circunstancias *político-económicas* se refieren a la *planificación* existente en el país en *materia de edificación*. No será lo mismo un país en vías de desarrollo, donde existe una gran demanda de servicios mínimos (entre ellos viviendas, sobre todo de bajo coste) donde la aceptación de cualquier tipo de sistema es más fácil e inmediata, que otro donde la necesidad perentoria de viviendas ha desaparecido y la demanda se centra en viviendas de medio y alto nivel con una sensible mejora en sus calidades. Tiene también importancia la programación de subvenciones para la edificación, y si éstas son, en todo o en parte, a fondo perdido o, por el contrario, el Estado pretende recuperar las subvenciones por medio de intereses de tipo bancario. Y, por supuesto, tiene enorme importancia el sistema de mercado en que se desenvuelve el sector de la construcción; no puede tener comparación un mercado unificado de tipo socialista, donde el único promotor y constructor es el Estado, con otro de tipo liberal-capitalista, donde las empresas particulares entran en libre competencia unas con otras, tanto para la promoción como para la construcción. Parece evidente, pues, la necesidad de considerar estas circunstancias político económicas del país antes de entrar a evaluar un sistema concreto.

Las *socio-económicas* se refieren, en definitiva, al *poder adquisitivo* de los individuos que, a su vez, depende de otros parámetros tales como la renta per cápita, el salario mínimo, etc. Un sistema más caro que otro puede, sin embargo, tener una respuesta económica mejor para un país con un buen poder adquisitivo siempre que aporte una mejor calidad funcional; o un mismo sistema, puede ser válido en un país para unas circunstancias socio-económicas de un momento determinado, y dejar de serlo a continuación cuando dichas circunstancias varían. Resulta, pues, necesario tener en cuenta, también, estas circunstancias socio-económicas en la evaluación de los sistemas.

Las *tecnológicas*, vienen condicionadas, a su vez, por parámetros tales como el *nivel técnico e industrial* del país, su nivel de formación profesional, etc. Cualquier sistema implica el uso de unas determinadas técnicas cuya accesibilidad definirá, en parte, la respuesta económica. La existencia en el país de esas técnicas, permitirá la introducción en el mismo de ese sistema a un nivel competitivo, mientras que su ausencia obligaría a una inversión en infraestructura que puede hacer que el sistema deje de ser rentable. Consideraremos, pues, estas circunstancias tecnológicas antes de evaluar la respuesta económica del sistema.

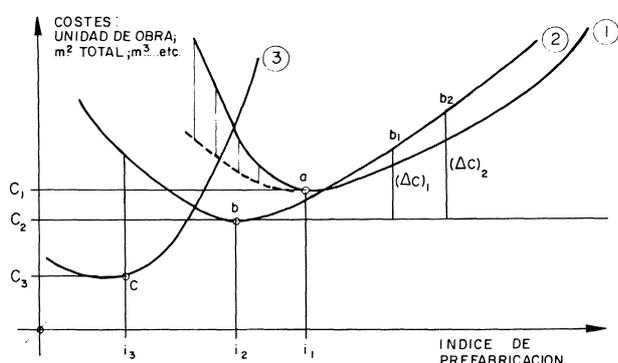
Por último, las *circunstancias culturales* condicionan los niveles de exigencia de los usuarios, por una parte, y del Estado, por otra, por medio de normativas técnicas y de uso de los edificios. Estos niveles de exigencia implican, por supuesto, un aumento en la calidad final de los edificios y, por tanto, en su coste, pero, por otro lado, pueden condicionar la aceptación o no de un sistema y, por tanto, su respuesta económica final. Debemos, pues, considerar estas circunstancias culturales para evaluar correctamente el sistema.

Objetivos económicos básicos

Los constituyen aquellos factores del sistema que nos permiten comparar su respuesta económica con la de otro cualquiera. Son, en realidad, factores comparativos de los que podemos destacar tres como básicos; el coste real, el tiempo de ejecución y el nivel de calidad alcanzada.

El *coste real* del edificio depende de tres componentes; el coste de los materiales, el de la mano de obra y los de la financiación. En ellos intervienen, sin duda, multitud de factores socio - económicos de los cuales, quizás, el más importante sea el *nivel de industrialización* del país, es decir, su nivel científico-técnico y su nivel profesional (preparación de sus técnicos y de su mano de obra), así como el *nivel de tecnificación* exigido por el sistema en cuestión. En general, podríamos afirmar que para cada sistema, al aumentar su nivel de tecnificación, disminuye el coste del producto (a partir de un mínimo de producción) hasta un límite inferior, a partir del cual, si seguimos aumentando su nivel de tecnificación, aumentamos también el coste. Si realizamos un análisis de esta evolución en distintos niveles socio-económicos obtendremos las curvas del cuadro n.º 5 (tomado del libro «Prefabricación. Teoría y práctica») en el que podemos observar que existe un óptimo de tecnificación e industrialización de un sistema, que está en función de las condiciones socio-económicas locales del

Cuadro 5



país donde se va a utilizar y, concretamente, de su sector de construcción.

En efecto, si suponemos que la curva n.º 1 corresponde a un sistema de prefabricación en un país muy industrializado, tenemos un punto (a) de coste mínimo (c_1) para un determinado nivel de industrialización, expresado como índice de prefabricación (i_1) del sistema en concreto. Si disminuimos el nivel de prefabricación del sistema, el coste aumenta, pero también lo hace (aunque más lentamente) cuando el índice de prefabricación aumenta. Si suponemos también que las curvas 2 y 3 corresponden a sistemas de construcción en países de nivel de industrialización medio y bajo, veremos qué ocurre algo similar, apareciendo puntos de inflexión donde el coste es mínimo para un determinado nivel de prefabricación que es particular de cada país (b y c). Incluso, en el caso del país menos desarrollado (curva 3) el coste aumenta mucho más rápidamente cuando lo hace el nivel de prefabricación, lo que nos indica que la técnica del sistema no se adapta de igual forma a cada país.

En definitiva, para considerar la incidencia del coste real en la respuesta económica de un sistema, habrá que descubrir el óptimo de industrialización de dicho sistema para las circunstancias socio-económicas del país, óptimo que dependerá, básicamente, del nivel de la tecnología constructiva en el sector de construcción del país y del nivel de formación profesional de sus técnicos y trabajadores.

El *tiempo* es, debido al coste actual de la mano de obra, un factor fundamental. Si a esto le añadimos la necesidad perentoria de edificación en muchos países o, simplemente, en circunstancias catastróficas (terremotos, inundaciones, etc.) su importancia se ve remarcada.

En principio, la industrialización del proceso constructivo lleva consigo el ahorro de tiempo (de lo contrario esa industrialización no está bien orientada). No obstante, y de acuerdo con el apartado anterior, las circunstancias socio-económicas del país condicionan ese ahorro de

tiempo que puede tener un tope como consecuencia del paro social que, desgraciadamente, se nota más en el sector de la construcción que en otros. De hecho, el tiempo en un proceso constructivo se suele medir en horas-hombre por cada metro cuadrado construido, aceptándose con carácter general, las siguientes relaciones medias:

| | |
|------------------------------------------|-----------------------|
| – Construcción tradicional in situ . . . | 36 h.h/m ² |
| – Prefabricación media | 20 h.h/m ² |
| – Prefabricación total | 16 h.h/m ² |

Naturalmente, estos coeficientes dependen de muchos factores, sobre todo del nivel de preparación de la mano de obra, pero nos da un indicio del salto que supone el paso inicial de industrializar el proceso constructivo, bien mediante la prefabricación de elementos componentes, bien mediante la racionalización de las técnicas constructivas.

Así pues, al analizar económicamente un sistema, habrá que tener en cuenta las horas-hombre por metro cuadrado que se necesitan según el nivel de industrialización y comprobar si el nivel tecnológico del sector y del país lo permiten, y si ello aporta una reducción efectiva del coste de los edificios obtenidos con ese sistema.

El último de estos factores comparativos básicos es la *calidad* del producto que se obtiene con el sistema, es decir, del edificio, calidad que tiene dos manifestaciones complementarias; por un lado, la *calidad funcional*, y, por otro, la *calidad material*. La funcional se refiere al uso del edificio, es decir, a los tamaños de los espacios que se consiguen y la relación entre ellos, al confort ambiental que en ellos se obtiene y al aspecto formal del edificio, tanto en acabados interiores y exteriores, como en composición geométrica y colorimétrica, de acuerdo con los condicionantes mencionados en el cuadro n.º 1.

La *calidad material* hace referencia a los materiales empleados y a sus características físico-químicas, que afectan a todos los subsistemas del edificio, tanto a su estructura (características resistentes de los materiales y sus uniones) como a sus cerramientos (porosidad, impermeabilidad, aislamiento térmico y acústico, resistencia al fuego, protección de radiaciones luminosas, etc., etc.) como a sus instalaciones (adecuación, funcionamiento, durabilidad, etc.) como, finalmente, a sus acabados (resistencia al funcionamiento y al roce, resistencia a productos químicos, etc.).

La consecución de esas calidades dependerá, a su vez de dos fases importantes del proceso constructivo, la de proyecto, donde se deben definir suficientemente, y la de ejecución, donde se deben obtener y, sobre todo, comprobar. Para ello, resulta necesario establecer un proceso pa-

Cuadro 6. – Condiciones económicas.

SISTEMA :

Alto, ● Medio, ■ Bajo, ▲

| FACTORES ECONOMICOS BASICOS | | ADECUACION A CIRCUNSTANCIAS ECONOMICAS LOCALES | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------|------------------------------------------------|-------|------|-----------------------------------|-------|------|---------------------------------|-------|------|---------------------------------|-------|------|--|--|
| | | POLITICO-ECONOM. (Planificación) | | | SOCIO-ECONOM. (Poder Adquisitivo) | | | TECNOLOGICAS (Nivel Industrial) | | | CULTURALES (Nivel de exigencia) | | | | |
| | | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTA | MEDIA | BAJA | | |
| COSTE | MATERIALES | | | | | | | | | | | | | | |
| | TRANSPORTE | | | | | | | | | | | | | | |
| | MANO DE OBRA | | | | | | | | | | | | | | |
| TIEMPO | DE FABRICACION | | | | | | | | | | | | | | |
| | DE EJECUCION | | | | | | | | | | | | | | |
| CALIDAD | FUNCIONAL | | | | | | | | | | | | | | |
| | MATERIAL | | | | | | | | | | | | | | |

ralelo de *control de calidad* por el que, partiendo de una calidad patrón (la definida en proyecto o en normativa) y siguiendo un control estadístico a base de ensayo de muestras representativas de lotes de productos, tanto de fábrica como en obra, se puede llegar a asegurar estadísticamente la obtención de una determinada calidad e, incluso, garantizarla como se hace en otros tipos de productos industriales.

Estas calidades serán, evidentemente, condicionantes de la respuesta económica del sistema. No hay duda que el aumento de calidad de un producto trae consigo un aumento de su coste, pero para un mismo nivel de precios, un producto de más calidad será preferible al de menor calidad, y ésta dependerá, básicamente, del nivel de exigencia del usuario y de la normativa, tal como hemos visto anteriormente. En definitiva, establecido el nivel de calidad en función de las exigencias socio-culturales del país, y estudiando el nivel de industrialización del sector de la construcción y, por tanto, las posibilidades reales de obtener dicha calidad, la evaluación económica del sistema será más completa.

Estos factores comparativos básicos (coste, tiempo y calidad) deben analizarse en relación con las circunstancias locales del sector. De ahí que podamos resumir gráficamente todo lo anterior en el cuadro n.º 6 en el que evaluamos la adecuación de los factores económicos básicos del sistema a las circunstancias locales descritas en los tres niveles habituales de alta, media y baja, con lo que podremos obtener una impresión global de la respuesta económica del mismo.

Perfil económico

Por último, y como complemento a esta respuesta económica, podemos analizar lo que hemos llamado *parámetros tecnológicos de la economía* del sistema y que nos permitirán obtener lo que

podríamos definir como el *perfil económico* del mismo, de un modo similar a como obtuvimos el *perfil tecnológico* del cuadro n.º 3.

En efecto, la adecuación de la respuesta económica del sistema a las circunstancias locales del cuadro n.º 5 dependerá básicamente de la concepción del sistema y de su proceso constructivo, en donde se reflejan, en definitiva, el diseño y las técnicas de ese sistema y su incidencia económica. Analicemos brevemente esta incidencia en cada una de las fases del proceso constructivo.

Diseño (del sistema)

La incidencia económica de esta fase es fundamental, no sólo por el condicionamiento que supone en las demás en cuanto a selección de los materiales con definición de su calidad así como en la mayor o menor complicación de su transporte y ejecución, sino también, por el hecho de que dicho diseño se realice en el propio país o, por el contrario, se importe. No tiene la misma consideración un sistema constructivo que podríamos llamar autóctono, que puede tener un coste inicial elevado por lo que supone de «gastos de diseño» pero que no tiene una repercusión a la larga, que otro que, por importarse, debe pagar unos derechos de uso que implican un aumento permanente de su coste. Ello al margen de la mayor o menor adecuación funcional del sistema a las condiciones geográfico-climáticas del lugar, así como la adecuación tecnológica a los materiales y niveles de industrialización locales.

En cualquier caso, se puede cifrar la incidencia económica de esta fase entre un 5% y un 15% del costo del producto final, en función de las circunstancias del párrafo anterior.

Fabricación

Supone una parte importante del proceso, pues en ella se obtienen los materiales y componentes que van a constituir el producto final, por lo que su incidencia económica debe ser elevada. Sin embargo, hay una serie de circunstancias que pueden hacer variar esa incidencia que dependen de varios factores. Por una parte, el tipo de material base que se utilice, si existe o no en el lugar (facilidad de obtención) si su coste es elevado, no solo el de la materia prima, sino también el de su transformación en material o en elemento constructivo. Por otra, el tipo de técnica constructiva del sistema, es decir su nivel de prefabricación (nivel de acabado de los elementos al llegar a obra) lo que condiciona la importancia de la fase de fabricación frente a la de montaje, así como el nivel de racionalización de

esa fabricación, que permitirá obtener el nivel de calidad especificado a mayor o menor coste y que condicionará el nivel de especialización de la mano de obra usada en esta fase del proceso.

En función de todo ello, podemos considerar que la incidencia económica global de la fabricación varía entre un 20% y un 60% del coste final del producto.

Transporte

Tiene una incidencia muy variable y normalmente pequeña dependiendo, también, de diversas circunstancias entre las que podemos mencionar, como más importantes, el tamaño, forma y peso de los materiales y elementos constructivos, por una parte, y la distancia entre fábrica y taller, por otra. La primera, condiciona el tipo de transporte y, sobre todo, el volumen y número de unidades que se movilizan en cada viaje, así como la incidencia de posibles roturas y deformaciones en elementos de gran tamaño. La segunda, condiciona, asimismo, el tipo de transporte y, fundamentalmente, el tiempo invertido en el mismo, lo que se traduce en coste.

Podemos considerar que la incidencia de esta fase, dependiendo de los aspectos mencionados en el párrafo anterior y de la posibilidad o facilidad de su realización en la zona, variará entre un 5% y un 15% del precio final.

Montaje

Constituye el otro capítulo importante, junto con la fabricación, en la definición de la respuesta económica del sistema. Depende, también, de diversos factores que se pueden agrupar en tres:

- Nivel de prefabricación y racionalización del sistema.
- Necesidades de manipulación y transformación.
- Nivel de especialización de la mano de obra.

El primero nos indica, por una parte, el volumen de trabajo en obra, que será inversamente proporcional al nivel de prefabricación y, por tanto, al de acabado de los elementos y materiales constructivos a su llegada a obra. Por otra, la posibilidad de racionalizar la ejecución lo que repercute directamente en el tiempo empleado en esta fase y el aprovechamiento de materiales y mano de obra.

El segundo depende directamente del primero, sobre todo de su nivel de prefabricación, y condiciona, a su vez, varios aspectos. Por un lado, la necesidad de espacio a pie de obra, tanto para

acopio de materiales, como para taller de transformación. Por otro, la adecuación del sistema a las posibilidades tecnológicas del sector en cuanto a posibilidad de contar con la maquinaria adecuada y su coste. Por último, el nivel de calidad material de las unidades constructivas obtenidas con la transformación en obra, incluida la incidencia en roturas y deformaciones como consecuencia de la manipulación.

El tercero es consecuencia de los dos anteriores y, a su vez, los condiciona, pues de nada sirve establecer un determinado nivel de racionalización del montaje, o contar con una maquinaria de transformación y manipulación de alto nivel tecnológico, si para ello es preciso una mano de obra especializada y no se puede contar con ella. Cabe indicar, no obstante, que en muchos casos, y contra la creencia generalizada, una mayor racionalización o mecanización del proceso, no implica una mayor especialización de la mano de obra, sino todo lo contrario. Las máquinas y la racionalización en general, tienden a disminuir la mano de obra y parten de una manipulación relativamente sencilla cuya especialización se puede alcanzar en las fases iniciales de la propia obra. En todo caso, requieren unos pocos capataces especializados y un personal sin cualificar, dispuesto a adaptarse en el propio proceso. Por el contrario, una obra con poca mecanización y racionalización, exige abundante personal especializado para que el nivel de calidad que se obtenga sea correcto.

En definitiva, y de acuerdo con todos esos factores, podemos cifrar la incidencia económica de la fase de montaje entre un 30% y un 50% del total.

Mantenimiento

Aunque no es, propiamente, una fase del proceso constructivo, considero interesante tenerla en cuenta en un análisis económico del sistema constructivo, por la incidencia que evidentemente tiene en la vida del edificio y, como consecuencia, en la fase de diseño, tanto en lo que atañe a la selección de materiales y elementos constructivos y a la definición de su calidad, como en lo que se refiere a las técnicas de fabricación y montaje, por la posibilidad de reposición y reparación en general.

Su adecuación económica depende, pues, de una serie de factores entre los que cabe considerar, como más importantes:

- Tipo de materiales usados
- Equipo de mantenimiento necesario.

El tipo de materiales y elementos constructivos utilizados nos define, por un lado, sus características físico-químicas, su envejecimiento (vida

Cuadro 7. – Perfil económico.



útil) y, por tanto, la necesidad y periodicidad de su revisión o sustitución. Por otro, la posibilidad o facilidad de variaciones (cambios de materiales estropeados u obsoletos, ampliaciones, etc.) lo que no sólo incide en el funcionamiento y aspecto del edificio sino, además en la flexibilidad de diseño y uso y en lo que se conoce como «construcción progresiva».

EL equipo de mantenimiento necesario, así como su periodicidad, definen, básicamente, el coste del mantenimiento y nos permiten analizar la adecuación de esta fase a las circunstancias socio-económicas locales, tanto por la posibilidad de que el mantenimiento sea real (por los niveles culturales de exigencia) como por la disponibilidad de las técnicas y de la mano de obra adecuadas (nivel industrial).

Como colofón a este breve análisis de los parámetros tecnológicos y de su respuesta económica, podemos definir el cuadro n.º 7 como *perfil económico* del sistema, indicando en abscisas las diferentes fases del proceso y en ordenadas los porcentajes de incidencia económica de cada una de ellas en el coste total del producto final (edificio). Obtendremos así una gráfica que nos definirá ese perfil.

6. APLICACIONES PRACTICAS

Como complemento de esta propuesta de evaluación de sistemas, considero interesante aplicar los diferentes cuadros a dos sistemas constructivos de enfoque técnico distinto, en unas circunstancias concretas de tiempo y lugar. Con ello, no sólo comprenderemos mejor su funcionamiento, sino que podremos realizar una primera crítica a su uso.

Podemos partir, como circunstancias locales, de la ciudad de Madrid en 1985, y como sistemas constructivos, de uno de tecnología tradicional con amplia transformación in situ y de extrema

incidencia en la actualidad, como es el de estructura de pilares y vigas de hormigón armado y forjado unidireccional de viguetas y bovedillas y cerramientos exteriores e interiores cerámicos; y de otro con técnicas de prefabricación, y en franco retroceso en los últimos años, como es el denominado de «grandes paneles» de hormigón armado. Veámos:

A. Sistema 1.º: ESTRUCTURA DE HORMIGON Y CERRAMIENTOS DE LADRILLO

Consideramos el sistema con las siguientes características técnicas:

Estructura, reticular de pilares y vigas de hormigón armado encofrado y vertido in situ, sobre cimentación de zapatas hormigonadas también in situ.

Forjado, unidireccional de viguetas y bovedillas prefabricadas con capa de compresión y armaduras auxiliares colocadas en obra.

Fachadas, de una hoja exterior de ladrillo cerámico visto, una plancha de aislante y una hoja interior de ladrillo cerámico hueco guarnecido por la cara interior, todo ello recibido en obra con mortero.

Ventanas, de carpintería de aluminio anodizado recibidas a las fachadas mediante patillas en cercos, y persianas enrollables.

Tabiquería, de ladrillo cerámico hueco guarnecido por ambas caras.

Cubierta, plana sobre forjado, con barrera de vapor, capa de pendiente de hormigón de árido ligero realizado in situ y lámina asfáltica protegida con gravilla.

Pavimentos, de plaqueta cerámica recibida con mortero de agarre sobre forjado.

Paredes interiores, enlucidos de yeso blanco y pintados al temple o alicatado de azulejo recibido con mortero en habitaciones húmedas.

Techos, enlucidos de yeso y pintados.

Fontanería, con tubo de hierro galvanizado colocado en rozas sobre tabiques, abiertas en obra. Aparatos sanitarios en loza de catálogo.

Saneamiento, con desagües y bajantes de PVC colocados en rozas y por paredes interiores, hasta arquetas en sótano ejecutadas en obra.

Electricidad, con conductos flexibles en rozas por tabiques, hechas en obra, y mecanismos de catálogo.

Partiendo de estas características técnicas, que corresponden a la mayor parte de los edificios utilizados en las condiciones locales indicadas, evaluemos el sistema constructivo según el método propuesto:

A-1. Condicionantes funcionales

A-1.1. Integridad ante:

A-1.1.1. Acciones mecánicas

La estructura se supone calculada para las cargas que va a recibir. La tabiquería, sin embargo, suele acabar presentando fisuras debidas, la mayor parte de las veces, a movimientos elásticos de la estructura al permitir, en ésta, flechas excesivas. Por la misma razón, aparecen, en ocasiones, fisuras en la hoja exterior de las fachadas. En definitiva su *posibilidad* de integridad puede calificarse como *media*. Por otra parte, su *adecuación a la situación* geográfico-climática parece adecuada, pues tiene una tradición suficiente, y lo mismo ocurre en el caso de la situación socio-económica, pues se trata de materiales de bajo coste y muy abundantes en la zona y en consecuencia, cómodos, tanto en su consideración en proyecto, como en su ejecución. Calificaremos, pues, la adecuación a ambas situaciones como *alta*.

A-1.1.2. Acciones climáticas

El *agua* de lluvia tiende a penetrar a través de las paredes debido a la porosidad del ladrillo y, aunque no es una zona de lluvias excesivas, cuando van acompañadas de heladas se producen desprendimientos de las capas exteriores con evidente deterioro de su integridad, sobre todo en algunos ladrillos perforados, que son los usados con más profusión. En cuanto a la cubierta, los casos corrientes suelen presentar deficiencias de ejecución y raro es el edificio con este tipo de soluciones que no ha tenido filtraciones alguna vez. Su *posibilidad* de mantener la integridad ante el agua es, pues, *media*.

Para evitar estos problemas, debido al clima continental, con oscilaciones importantes de temperatura, se hace necesario emplear productos hidrofugantes en las fachadas y ejecuciones de cubiertas muy cuidadas que impliquen costes más altos. Su *adecuación* a la situación, tanto geográfico-climática, como socio-económica, será también *media*.

El *sol* es otro agente importante en la zona que afecta principalmente a la cubierta, siendo origen de fisuras en las telas asfálticas, tanto por contracciones-dilataciones, como por acción directa de la radiación ultravioleta. También actúa sobre la fachada, produciendo movimientos que son origen de fisuras, sobre todo en estas fachadas de ladrillo que, al estar «colgadas» de la estructura interior, no resultan sometidas a un esfuerzo de compresión importante y, en consecuencia, su movimiento es mayor. Podemos, pues, calificar su *posibilidad* como *media*.

Cuadro 8. – Condicionantes funcionales.

SISTEMA: Estructura de pilares y vigas de hormigón in situ y cerramientos cerámicos.

Alto ● Medio ■ Bajo ▲

| CONDICIONANTE | | POSIBILIDAD | | | ADECUACION A LA SITUACION | | | | | | |
|-------------------|------------------------------|-------------------------|-------|------|---------------------------|-------|------|-----------------|-------|------|--|
| | | ALTA | MEDIA | BAJA | GEOGRAFICO-CLIMAT | | | SOCIO-ECONOMICA | | | |
| | | | | | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTA | MEDIA | BAJA | |
| INTEGRIDAD ANTE | ACCIONES MECANICAS | ● | | | ● | | | ● | | | |
| | ACCIONES CLIMATICAS | A GUA | ● | | | ● | | | ● | | |
| | | S O L | ● | | | ● | | | ● | | |
| | | V I E N T O | ● | | | ● | | | ● | | |
| | ANIMALES Y PLANTAS | ● | | | ● | | | ● | | | |
| SEGURIDAD ANTE | ACCIONES DIRECTAS DEL HOMBRE | ● | | | ● | | | | | ■ | |
| | ACCIONES INDIRECTAS | CONTAMINACION | ● | | | ● | | | | ■ | |
| | | FUEGO | ● | | | ● | | | ● | | |
| ADECUACION | DE USO | | ■ | | | | | ▲ | | ▲ | |
| | CONSTRUCTIVA | CONSTRUCCION PROGRESIVA | | | ▲ | | | ▲ | | ▲ | |
| | | AUTOCONSTRUCCION | | | ▲ | | | ▲ | | ▲ | |
| CONFORT AMBIENTAL | HIGROTHERMICO | ● | | | ● | | | ● | | | |
| | HIGIENICO | ● | | | ● | | | ● | | | |
| | ACUSTICO | | ■ | | | ■ | | | ■ | | |
| | VISUAL | ● | | | ● | | | ● | | | |
| COMPOSICION | GEOMETRICA | | ■ | | | ■ | | | ■ | | |
| | C O L O R | | ■ | | | ■ | | | ■ | | |

Para paliar estos defectos, en el caso de la cubierta se exigen protecciones especiales ejecución cuidada, y en el de las fachadas, consideraciones especiales en diseño y ejecución, todo ello con elevación del coste final. Por ello, podemos calificar su adecuación a ambas situaciones como *media*.

El *viento* produce una acción mecánica perpendicular a la fachada que se absorbe fácilmente, tanto por parte del ladrillo como de las ventanas. Asimismo, las diferencias de lavado que, combinado con el agua, produce el diferente nivel de exposición ante el viento, resultan bien disimuladas por la textura del ladrillo, por lo que, en definitiva, podemos calificar la *posibilidad* de su integridad frente a este agente como *alta*.

Como quiera que el viento en la zona no es excesivo, en general, y según lo dicho en el párrafo anterior, podemos calificar su *adecuación* a las dos situaciones como *alta*.

A-1.1.3. Animales y plantas

No resulta un agente importante en la situación indicada, por lo que los materiales y elementos

constructivos resultan adecuados. Calificaremos como *alta*, tanto su posibilidad, como su adecuación.

A-1.2. Seguridad ante:

A-1.2.1. Acciones directas del hombre

Debemos tener en cuenta, tanto el «intrusismo», como el «vandalismo». En ambos casos, la seguridad que ofrecen los materiales pétreos usados es buena, excepto en el caso de las ventanas que resultan siempre puntos débiles, lo que obliga a colocar rejas y otras protecciones en los huecos de las primeras plantas. Por ello, podemos calificar como *alta* la *posibilidad* y la *adecuación* a la situación geográfico-climática, y *media* la correspondiente a la situación socio-económica.

A-1.2.2. Acciones indirectas

Ante la *contaminación* ambiental, que en una gran ciudad suele ser alta, el ladrillo suele mantener un aspecto uniforme y no presenta normalmente problemas químicos. No obstante, al ser un material poroso, la suciedad resulta difícil de limpiar. Por ello, podemos calificar esta situación igual que la anterior.

Ante el *fuego*, tanto la estructura de hormigón, como los cerramientos cerámicos, tienen un comportamiento óptimo, por lo que su calificación debe ser *alta*.

A-1.3. Adecuación

A-1.3.1. De uso

Depende, básicamente, de dos factores. Los espacios habitables (tamaño y relación) y los acabados interiores. El primero es perfectamente conseguible, dada la flexibilidad del sistema en el diseño de la distribución. En cuanto al segundo, en este caso, parece que los acabados son adecuados al uso y fáciles de mantener, por lo que la calificación general será *alta*.

A-1.3.2. Constructiva

La posibilidad de *construcción progresiva* es, evidentemente, *baja* ya que este sistema se usa para edificios de altura, al igual que su adecuación a la situación. Por el contrario, la *autoconstrucción* puede llegar a ser posible, debido a la facilidad de obtención de los materiales y su manejo, así como por la flexibilidad del sistema; calificaremos de *alta* su posibilidad y de *media* su adecuación.

A-1.4. Confort ambiental

A-1.4.1. Higrotérmico

De acuerdo con la norma NBE-CT-79, el confort higrotérmico es posible, dependiendo de las hojas del cerramiento exterior y de su espesor. Sin embargo, la disposición tradicional tiende a desprestigiar la inercia térmica de la hoja de ladrillo exterior, lo cual es difícil de recuperar con el sistema establecido. Al mismo tiempo, resulta difícil hacer desaparecer totalmente los puentes térmicos. Por otra parte, el sistema de cubierta no ofrece el aislamiento correcto, aunque cumpla las especificaciones de la norma, y para mejorarlo hace falta establecer una cámara de aire superior. Por ello, podemos clasificar la *posibilidad* como *media*, así como su *adecuación* a las dos situaciones.

A-1.4.2. Higiénico

Suele ser suficiente, siempre que se diseñen adecuadamente los tamaños de ventana y de chimeneas de ventilación forzada, lo cual no supone ningún sobrecoste. Podemos calificar la respuesta funcional, en este caso, como *alta*.

A-1.4.3. Acústico

El aislamiento acústico suele ser bueno en los cerramientos exteriores, pero deficiente en la tabiquería interior, sobre todo cuando se usan tabiques de panderete y entre viviendas. Su mejora suele implicar un sobrecoste, por lo que calificaremos la adecuación como *media* en general.

A-1.4.4. Visual

Depende del diseño de las ventanas y el sistema ofrece suficiente flexibilidad para que sea adecuado. Asimismo, los acabados interiores se adaptan perfectamente a un confort visual correcto. Su calificación será, por tanto, *alta* en general.

A-1.5. Composición

A-1.5.1. Geométrica

La flexibilidad del sistema permite la composición geométrica más adecuada en cada caso, por lo que la *posibilidad* será *alta*. Sin embargo, la correcta ejecución de lo diseñado exige, por un lado, un amplio estudio de la modulación y de los detalles constructivos cuando la forma se sale de la paralelepípedica, así como una elevada especialización de los operarios. Al mismo tiempo, las formas complicadas se ven afectadas por las condiciones climáticas, sobre todo por la porosi-

dad del ladrillo. Por ello, calificaremos su *adecuación* a ambas situaciones como *media*.

A-1.5.2. *Color*

La gama de colores que ofrece el ladrillo es reducida, por lo que sus *posibilidades* de color son *bajas* y su *adecuación* a otros exigen técnicas de pintura con un determinado coste, por lo que podemos calificarla como *media*.

A-2. **Condicionantes constructivos**

A-2.1. *Materiales*

Cualquiera de los materiales usados en el sistema tiene una *posibilidad alta*, una *aceptación* también *alta*, por la tradición, un *control de calidad medio*, pues si bien es relativamente fácil de ejecutar, sin embargo no existe tradición suficiente, sobre todo en los cerámicos y acabados en general, y una *continuidad* evidentemente *alta* al ser productos muy desarrollados en la zona.

Cuadro 9. – Condicionantes constructivos.

SISTEMA: Estructura de pilares y vigas de hormigón in situ y cerramientos cerámicos. Alto ● Medio ■ Bajo ▲

| CONDICIONANTE | POSIBILIDAD | | | ACEPTACION | | | CONTROL DE CALIDAD | | | CONTINUIDAD | | |
|---------------|-------------|-------|------|------------|-------|------|--------------------|-------|------|-------------|-------|------|
| | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTO | MEDIO | BAJO | ALTA | MEDIA | BAJA |
| MATERIALES | ● | | | ● | | | | ■ | | ● | | |
| FABRICACION | ● | | | ● | | | | ■ | | ● | | |
| TRANSPORTE | ● | | | ● | | | ● | | | ● | | |
| MONTAJE | ● | | | ● | | | | | ▲ | ● | | |
| MANTENIMIENTO | | ■ | | | | ▲ | | | ▲ | | ■ | |

A-2.2. *Fabricación*

Por las mismas razones, su calificación es *alta* en todas las columnas, aunque en la de control de calidad vuelva a ser *baja* debido a que, al ser su consumo tan elevado, aparecen procesos de fabricación más o menos clandestinos, con técnicas muy rudimentarias, donde el control de calidad es nulo.

A-2.3. *Transporte*

En este caso, la calificación es *alta* en todas las columnas, incluso en el control de calidad.

A-2.4. *Montaje*

De nuevo nos encontramos con una calificación *alta* en las columnas 1.a, 2.a y 4.a, debida a la

abundante tradición del sistema, pero en este caso, el *control de calidad* resulta difícil ya que al haber tal cantidad de «tajos», su control total es imposible, por eso podemos calificarlo de *baja*.

A-2.5. *Mantenimiento*

La *posibilidad* de mantenimiento, al ser materiales porosos, podríamos calificarla de *media*, por la dificultad de limpieza que presentan, además de los problemas que implica la reposición de materiales y elementos en casos de rotura o deterioro.

La *aceptación* deberemos calificarla de *baja* ya que, por lo general, el usuario considera que una obra de estas características tiene que durar siempre sin necesidad de mantenerla.

El *control de calidad* del mantenimiento suele ser también *bajo* ya que cualquier «albañil» se cree con conocimientos suficientes para realizar «chapuzas» en este tipo de edificios.

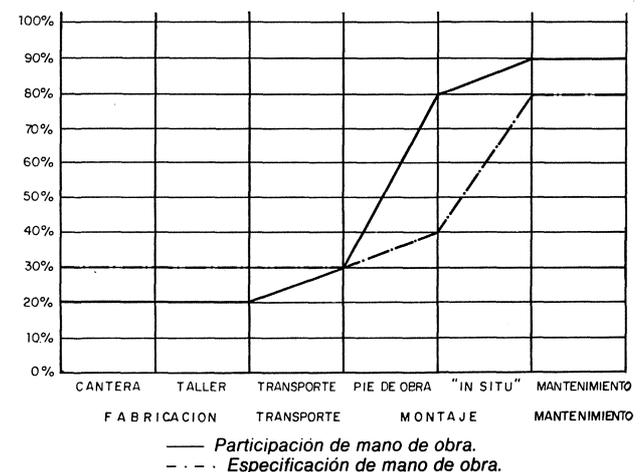
Si consideramos todo esto, la *continuidad* del mantenimiento resulta *media*.

A-3. **Perfil tecnológico**

Si consideramos el conjunto del sistema, podemos llegar a los dos perfiles que aparecen en la figura, teniendo en cuenta que, en el caso de la especialización de la mano de obra, el hecho de que sea un sistema tradicional no elimina su necesidad, sobre todo si tenemos en cuenta lo delicado de algunas operaciones durante la ejecución, tanto de la estructura como de los cerramientos como, sobre todo, de los acabados y de las instalaciones.

Cuadro 10. – Perfil tecnológico.

SISTEMA: Estructura de pilares y vigas de hormigón in situ y cerramientos cerámicos.



A-4. Análisis de subsistemas

Hay que partir del hecho de que no se trata propiamente de un sistema homogéneo, sino de una suma de subsistemas que, a fuerza de costumbre, se han acoplado perfectamente. En este sentido, no podemos considerar ningún subsistema como propio. Sin embargo, podríamos partir de la definición que hemos dado y que resulta lo más representativo del sistema, es decir, estructura de hormigón in situ y cerramientos cerámicos. Entonces podríamos considerar como propios estos dos subsistemas, aunque incorporados en obra.

Cuadro 11. – Análisis de subsistemas.

SISTEMA: Estructura de pilares y vigas de hormigón in situ y cerramientos cerámicos.

Propio ● Ajeno ■

| SUBSISTEMAS | | INCORPORADO EN TALLER | | INCORPORADO EN OBRA | |
|---------------------|--------------|-----------------------|-------|---------------------|-------|
| | | PROPIO | AJENO | PROPIO | AJENO |
| ESTRUCTURA | CIMENTACION | | | ● | |
| | VERTICAL | | | ● | |
| | HORIZONTAL | | | | ■ |
| CERRAMIENTOS | FACHADAS | | | ● | |
| | CUBIERTA | | | | ■ |
| | TABIQUERIA | | | ● | |
| | VENTANAS | | | | ■ |
| | PUERTAS | | | | ■ |
| ACABADOS INTERIORES | SUELOS | | | | ■ |
| | PAREDES | | | | ■ |
| | TECHOS | | | | ■ |
| INSTALACIONES | FONTANERIA | | | | ■ |
| | SANEAMIENTO | | | | ■ |
| | ELECTRICIDAD | | | | ■ |

A-5. Condicionantes económicos

A-5.1. Coste

A-5.1.1. Materiales

Debido a su tradición y a la infraestructura creada para su producción, su *adecuación* resulta *alta* a todas las circunstancias.

A-5.1.2. Transporte

Ocurre lo mismo que para los materiales.

A-5.1.3. Mano de obra

La *adecuación* resulta *alta* a la planificación político-económica, ya que supone un índice elevado de empleo.

Cuadro 12. – Condicionantes económicos.

SISTEMA: Estructura de pilares y vigas de hormigón in situ y cerramientos cerámicos.

Alto ● Medio ■ Bajo ▲

| FACTORES ECONOMICOS BASICOS | | ADECUACION A CIRCUNSTANCIA ECONOMICAS LOCALES | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------|-----------------------------------------------|-------|------|----------------------------------|-------|------|---------------------------------|-------|------|---------------------------------|-------|------|
| | | POLITICO-ECONOM (Planificación) | | | SOCIO-ECONOM (Poder Adquisitivo) | | | TECNOLOGICAS (Nivel Industrial) | | | CULTURALES (Nivel de exigencia) | | |
| | | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTA | MEDIA | BAJA |
| COSTE | MATERIALES | ● | | | ● | | | ● | | | ● | | |
| | TRANSPORTE | ● | | | ● | | | ● | | | ● | | |
| | MANO DE OBRA | ● | | | ■ | | | ■ | | | ■ | | |
| TIEMPO | DE FABRICACION | ● | | | ● | | | ● | | | ● | | |
| | DE EJECUCION | | ■ | | ■ | | | ■ | | | ■ | | |
| CALIDAD | FUNCIONAL | ● | | | ● | | | ● | | | ● | | |
| | MATERIAL | | ■ | | ● | | | ● | | | ■ | | |

Sin embargo, se puede calificar como *media* para las otras circunstancias, ya que implica un mayor coste, exige especialización, que no se da en muchos casos (incluso se va perdiendo con el tiempo) y permite la existencia de un peonaje sin cualificar.

A-5.1. Tiempo

A-5.2.1. De fabricación

Por las mismas razones apuntadas en 5.1.1. su calificación es *alta*.

A-5.2.2. De ejecución

Al ser su tiempo importante, por la dificultad, en muchos casos, de racionalizar el proceso, su calificación es *media* en todas las circunstancias.

A-5.3. Calidad

A-5.3.1. Funcional

De nuevo, y por las razones hasta aquí expuestas, su calificación es *alta*.

A-5.3.2. Material

Resulta *alta* en las *circunstancias socio-económicas* ya que en relación con el coste, tanto el tiempo de estructura, como los cerramientos, presentan la calidad adecuada. También es *alta* para las *circunstancias tecnológicas*, pues por tradición, el nivel industrial de la zona es adecuado para obtener buena calidad en el resultado, aunque no siempre se consiga. Por el contrario, en las *circunstancias político-económicas* y *culturales* podemos calificar la adecuación como *media* ya que, en las primeras, la planificación pretende conocer la calidad lo antes posible,

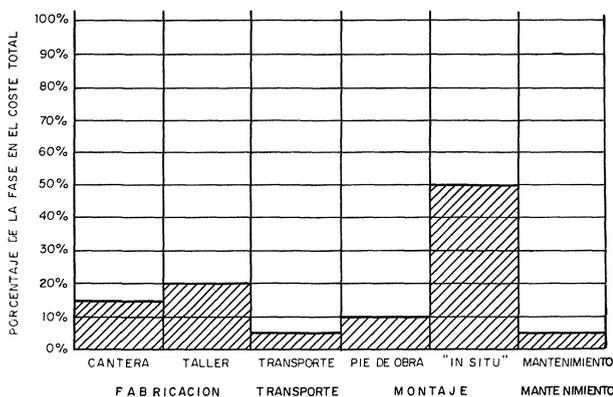
cuando el proceso de control que se debe seguir en estos materiales es largo y no permite conocer su resultado hasta después de ejecutada la obra. En las segundas, aunque la calidad de las unidades estructurales (hormigón armado) es correcta, sin embargo, la del ladrillo cerámico no siempre es la más adecuada (sobre todo en fachadas) por las condiciones climáticas de la zona.

A-6. Perfil económico

Por último, podemos obtener el perfil que aparece en la figura, teniendo en cuenta que la suma de porcentajes de las fases del proceso constructivo deben totalizar 100%, y la fase de mayor incidencia es, sin duda, la de montaje in situ. La de mantenimiento es adicional, la podemos calcular como un 5% del proceso total de construcción, ya que en este tipo de edificios el mantenimiento que se necesita es muy poco, aunque en la realidad se hace menos del necesario, y, en cualquier caso, la independencia entre estructura y cerramientos facilita la reposición o variación de estos últimos.

Cuadro 13. – Perfil económico.

SISTEMA: Estructura de pilares y vigas de hormigón in situ y cerramientos cerámicos.



B-Sistema 2.º: GRANDES PANELES DE HORMIGÓN ARMADO

Consideremos este sistema con las siguientes características técnicas:

Estructura mediante paneles prefabricados de hormigón armado con disposición paralela. Los paneles llegan acabados de fábrica y sin acopio en obra se van colocando in situ mediante soldadura de pletinas, ligero armado de uniones y hormigonado de las mismas. Todo ello sobre zapatas corridas de hormigón realizadas in situ.

Forjados mediante losas prefabricadas de hormigón armado con proceso de montaje igual al anterior.

Fachadas mediante paneles prefabricados de hormigón armado, multicapa, con huecos incorporados, incluso cercos de ventana, con proceso de montaje similar y conjunto con las anteriores y con acabado exterior incorporado.

Ventanas de chapa plegada de acero, con cerco incorporado en taller y hojas y acristalamiento incorporados en obra.

Tabiquería, en parte, de paneles prefabricados de hormigón, que son estructurales, y el resto de ladrillo cerámico guarnecidos, colocados in situ.

Cubierta plana sobre losas de forjado, con barrera de vapor, capa de pendiente de hormigón ligero y lámina asfáltica con protección de gravilla, realizada in situ.

Pavimentos de plaqueta cerámica recibida con mortero de agarre sobre losa de forjado.

Paredes interiores de pintura al temple directamente sobre superficie de paneles prefabricados y previo enlucido en tabiques de fábrica de ladrillo cerámico, o alicatado de azulejo en habitaciones húmedas, recibido con adhesivo sobre paneles prefabricados y con mortero sobre tabiques cerámicos.

Techos pintados al temple directamente sobre losas de forjado.

Fontanería con «bloque húmedo» prefabricado con entramado metálico para revestir.

Saneamiento de bajantes incorporadas en «bloque húmedo» hasta red horizontal de arquetas realizadas in situ.

Electricidad con conductos incorporados en taller en paneles prefabricados y conductores y mecanismos de catálogo incorporados en obra.

Partiendo, pues, de estas características técnicas, comunes a la mayoría de sistemas de este tipo, realicemos la evaluación del método propuesto, de un modo similar a como hemos hecho con el sistema anterior.

B-1. Condicionantes funcionales

B-1.1. Integridad ante:

B-1.1.1. Acciones mecánicas

Dado el sistema estructural de muros portantes con fácil arriostramiento y con elementos ejecutados en taller, su *posibilidad* resulta alta. Lo mismo ocurre con su adecuación, tanto geográfico-climática como socio-económica, ya que se trata de materiales (hormigón) de mucha tradición en la zona.

Cuadro 14. – Condicionantes funcionales.

SISTEMA: «Grandes paneles».

Media ● Alta ■ Baja ▲

| CONDICIONANTE | | POSIBILIDAD | | | ADECUACION A LA SITUACION | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------------|-------------------------|-------|------|---------------------------|-------|------|-----------------|-------|------|------|-------|------|
| | | | | | GEOGRAFICO-CLIMAT | | | SOCIO-ECONOMICA | | | | | |
| | | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTA | MEDIA | BAJA |
| INTEGRIDAD ANTE | ACCIONES MECANICAS | | ■ | | ● | | | | | ● | | | |
| | ACCIONES CLIMATICAS | AGUA | | ■ | | | ■ | | | | | ■ | |
| | | SOL | | ■ | | | ■ | | | | | ■ | |
| | | VIENTO | ● | | | ● | | | | ● | | | |
| | ANIMALES Y PLANTAS | ● | | | ● | | | | ● | | | | |
| SEGURIDAD ANTE | ACCIONES DIRECTAS DEL HOMBRE | ● | | | ● | | | | | | ■ | | |
| | ACCIONES INDIRECTAS | CONTAMINACION | ● | | | ● | | | | | ■ | | |
| | | FUEGO | ● | | | ● | | | | ● | | | |
| ADECUACION | DE USO | ● | | | ● | | | | ● | | | | |
| | CONSTRUCTIVA | CONSTRUCCION PROGRESIVA | | | ▲ | | | | ▲ | | | ▲ | |
| | | AUTOCONSTRUCCION | ● | | | | ■ | | | | | ■ | |
| CONFORT AMBIENTAL | HIGROTERMICO | | ■ | | | ■ | | | | | ■ | | |
| | HIGIENICO | ● | | | ● | | | | ● | | | | |
| | ACUSTICO | | ■ | | | ■ | | | | | ■ | | |
| | VISUAL | ● | | | ● | | | | ● | | | | |
| COMPOSICION | GEOMETRICA | ● | | | | ■ | | | | | ■ | | |
| | COLOR | | | ▲ | | ■ | | | | | ■ | | |

B-1.1.2. Acciones climáticas

Dependen del material de cerramiento exterior y de la cubierta. Ante el *agua*, la cubierta tiene un funcionamiento igual al del primer sistema, pero las fachadas mejoran, por ser de hormigón fabricado en taller y con acabado incorporado, siempre que se resuelvan correctamente las juntas; por ello su *posibilidad* es *alta* y, asimismo, su *adecuación* a las dos *situaciones*, tanto por la climatología de la zona, como por la economía del material.

Ante el *sol*, su funcionamiento es algo peor en la cubierta (similar al primer sistema) pero la fachada responde mucho mejor a los cambios de temperatura, tanto por las dilataciones y construcciones, que son absorbidas por las juntas entre paneles, como por la independencia entre hoja exterior y hoja interior, que evita puentes térmicos y facilita el aprovechamiento de la inercia térmica. En definitiva, su calificación es *alta* en las tres columnas.

Ante el *viento*, su evaluación debe ser también *alta*, por su resistencia, tanto a empujes, como a la erosión, como a la permeabilidad, siempre que la ejecución de las juntas sea correcta.

B-1.1.3. Animales y plantas

Por las características de los materiales y de la ejecución, y de un modo similar a lo indicado en el sistema anterior, su calificación es *alta*, tanto

en su *posibilidad*, como en la adecuación a las dos *situaciones*.

B-1.2. Seguridad ante

B-1.2.1. Acciones directas del hombre

Podemos aplicar aquí los mismos razonamientos apuntados para el primer sistema, con la misma evaluación.

B-1.3. Adecuación

B-1.3.1. De uso

Debido al tipo de sistema y a su modulación, presenta cierta rigidez en tamaños y distribución de espacios, que solo es superable mediante unidades especiales que siempre elevan el coste final; por ello, podemos calificar de *media* su *posibilidad* y de *baja* su adecuación a ambas *situaciones*.

B-1.3.2. Constructiva

De nuevo, debido a las características del proceso constructivo del sistema, tanto la *construcción progresiva*, como la *autoconstrucción*, tienen una *posibilidad* muy *baja* y una *adecuación*, a, ambas *situaciones*, también, *baja*.

B-1.4. Confort ambiental

B-1.4.1. Higrotérmico

Debido al tipo de panel de fachada y a la disposición de sus capas, su respuesta al confort higrotérmico es *bueno*, aunque depende naturalmente del diseño constructivo y de su ejecución.

B-1.4.2. Higiénico

También su respuesta se puede evaluar como *bueno*, ya que el sistema permite la apertura de los huecos de ventilación necesarios.

B-1.4.3. Acústico

Aquí la respuesta no se puede considerar buena, ya que el tipo estructural confiere mucha rigidez al conjunto y, por tanto, fácil transmisión de sonidos de impacto a través de losas de forjado y paredes. Lo calificaremos de *media*.

B-1.4.4. Visual

De nuevo su respuesta depende del diseño de ventanas y el sistema permite una adecuación correcta. Su evaluación es, pues, *bueno*.

B-1.5. Composición

B-1.5.1. Geométrica

Resulta condicionada por la modulación del sistema y por la rigidez de la repetitividad en la producción económica de paneles, lo que obliga a un gran conocimiento del sistema por parte del diseñador para conseguir resultados aceptables. Por ello, la calificación será *media* en las tres columnas.

B-1.5.2. Color

El tipo de material para la hoja exterior de los paneles de fachada (hormigón tratado) de una gama de colores relativamente reducida, que sólo es ampliable con pintura en obra, con su correspondiente coste y complicación en el mantenimiento. Su calificación será también *media* con carácter general.

B-2. Condicionantes constructivos

B-2.1. Materiales

Se trata de hormigón armado, con *alta posibilidad* de utilización. Sin embargo, la *aceptación* por parte de constructores y de usuarios debe ser *media*. De los constructores, porque están muy acostumbrados al material en estado plástico, pero no tanto a los paneles prefabricados. Del usuario, porque consideran el hormigón visto (aunque éste tratado) como un material poco noble.

El *control de calidad* es *alto* ya que se realiza en taller, y su *continuidad* (la del material) es también *alta*.

B-2.2. Fabricación

La *posibilidad* es más bien *baja*, ya que exige una infraestructura complicada para una buena producción. Su *aceptación* puede ser *media*, ya que implica mejora en el nivel industrial de la zona y puestos de trabajo fijos y más cómodos, aunque, por otra parte, aparezca el fantasma de la disminución de puestos de trabajo.

Cuadro 15. – Condicionantes constructivos.

SISTEMA: «Grandes paneles».

Alto ● Medio ■ Bajo ▲

| CONDICIONANTE | POSIBILIDAD | | | ACEPTACION | | | CONTROL DE CALIDAD | | | CONTINUIDAD | | |
|---------------|-------------|-------|------|------------|-------|------|--------------------|-------|------|-------------|-------|------|
| | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTO | MEDIO | BAJO | ALTA | MEDIA | BAJA |
| MATERIALES | ● | | | | ■ | | ● | | | ● | | |
| FABRICACION | | | ▲ | | ■ | | ● | | | | | ▲ |
| TRANSPORTE | | ■ | | | ■ | | ● | | | | | ■ |
| MONTAJE | | ■ | | | ■ | | | ■ | | | | ■ |
| MANTENIMIENTO | | | ▲ | | | ▲ | | ■ | | | | ■ |

El *control de calidad* es *alto* por la tecnificación del proceso y la *continuidad* vuelve a ser *baja* por el mismo problema apuntado en la posibilidad.

B-2.3. Transporte

Estamos ante una situación similar a la anterior (fabricación) aunque con menos exigencia tecnológica en su proceso, por lo que su evaluación tiene que ser similar, pasando de *baja* a *media* en *posibilidad* y *continuidad* y manteniendo iguales las otras dos.

B-2.4. Montaje

Su *posibilidad* es *baja* por el desprecio general que se tiene al mantenimiento y por la dificultad evidente de cambios y reparaciones en paneles prefabricados.

Por las mismas razones es también *baja* su *aceptación*.

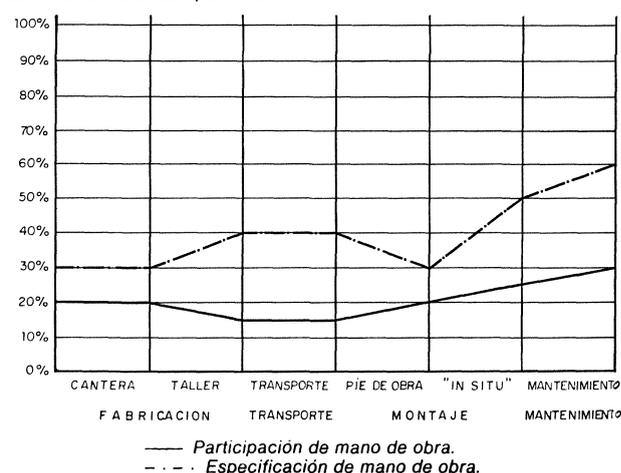
El *control de calidad* y la *continuidad* pueden calificarse como *medias* debido, por un lado, a las dificultades enunciadas en los párrafos anteriores y, por otro, a la infraestructura tecnológica que comporta.

B-3. Perfil tecnológico

Podemos aceptar las curvas indicadas en la figura si tenemos en cuenta que el alto grado de mecanización reduce, por un lado, la *intervención de la mano de obra* y, por otro, y aunque resulte paradójico, la *especialización* de la misma, ya que el nivel de acabado con el que llegan los elementos prefabricados permite una reducción de las operaciones de montaje y que éstas se puedan realizar con peones sin especializar a las órdenes de un capataz preparado.

Cuadro 16. – Perfil tecnológico.

SISTEMA: «Grandes paneles».



B-4. Análisis de subsistemas

B-4.1. Estructura

Excepto la cimentación, que es *ajena* e incorporada en obra, tanto la *vertical* como la horizontal son las del sistema (*propias*) y se realizan en el taller (se arman) aunque haya después un montaje en obra con pequeñas aportaciones de armaduras y hormigón. Por ello señalamos ambas columnas.

Cuadro 17. – Análisis de subsistemas.

SISTEMA: «Grandes paneles».

Propio ● Ajeno ■

| SUBSISTEMAS | | INCORPORADO EN TALLER | | INCORPORADO EN OBRA | |
|---------------------|--------------|-----------------------|-------|---------------------|-------|
| | | PROPIO | AJENO | PROPIO | AJENO |
| ESTRUCTURA | CIMENTACION | | | | ■ |
| | VERTICAL | ● | | ● | |
| | HORIZONTAL | ● | | ● | |
| CERRAMIENTOS | FACHADAS | ● | | ● | |
| | CUBIERTA | | | | ■ |
| | TABIQUERIA | ● | | ● | ■ |
| | VENTANAS | ● | | ● | |
| ACABADOS INTERIORES | PUERTAS | | | | ■ |
| | SUELOS | | | | ■ |
| | PAREDES | ● | | ● | ■ |
| INSTALACIONES | TECHOS | ● | | ● | |
| | FONTANERIA | ● | | ● | |
| | SANEAMIENTO | ● | | ● | ■ |
| | ELECTRICIDAD | ● | | ● | |

B-4.2. Cerramientos

En las *fachadas* y *tabiquería* ocurre algo parecido a las estructuras, por lo que las señalamos como *propias*, tanto en taller, como en obra, excepto en la *tabiquería* que tiene, además, unidades *ajenas* en obra. La *cubierta* es *ajena* y se incorpora en obra, las *ventanas* se pueden considerar *propias*, aunque se incorpore el cerco en taller y las hojas en obra, y las *puertas* son en realidad *ajenas*, con incorporación en obra.

B-4.3. Acabados interiores

Excepto los *suelos*, que son *ajenos* y se incorporan en obra, los acabados de *paredes* y *techos* se pueden considerar *propios*, parte realizados en taller (acabado superficial) y parte en obra (pintura) aunque habría que considerar los de paredes sobre *tabiques de fábrica* que realmente son *ajenos* e incorporados en obra.

B-4.4. Instalaciones

La *fontanería* por «bloques húmedos» es *propia* y se incorpora en obra como tales bloques, aunque su confección se realiza en taller. El *saneamiento* participa de los dos tipos, *propio* (el vertical) y *ajeno* (el horizontal).

La *electricidad* es toda *propia* y tiene incorporada en taller una parte (conductos) y parte en obra (conductores y mecanismos).

El conjunto de este cuadro nos indica que estamos ante una «semiprefabricación».

B-5. Condicionantes económicos

B-5.1. Coste

B-5.1.1. Materiales

Si consideramos que, en gran parte, el material a contemplar es el panel prefabricado, y que éste requiere inversiones económicas altas para ser rentable, su adecuación es *media*, tanto a las circunstancias *político-económicas*, como a las *socio-económicas*. Al mismo tiempo, el uso de estos paneles, tiene también una adecuación *media* a las circunstancias *tecnológicas*, por su alto nivel industrial, así como a las *culturales*, por su difícil aceptación.

B-5.1.2. Transporte

Al igual que los materiales, su adecuación es *media* a las tres primeras circunstancias, pero en este caso es *alta* a la cuarta, ya que su uso no se ve condicionado por la exigencia de los usuarios.

Cuadro 18. – Condicionantes económicos.

SISTEMA: «Grandes paneles».

Alto ● Medio ■

| FACTORES ECONOMICOS BÁSICOS | | ADECUACION A CIRCUNSTANCIA ECONOMICAS LOCALES | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------|-----------------------------------------------|-------|------|--------------------------------------|-------|------|------------------------------------|-------|------|------------------------------------|-------|------|
| | | POLITICO-ECONOM. (Planificación) | | | SOCIO-ECONOM. (Poder Adquisitivo) | | | TECNOLOGICAS (Nivel Industrial) | | | CULTURALES (Nivel de exigencia) | | |
| | | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTA | MEDIA | BAJA | ALTA | MEDIA | BAJA |
| COSTE | MATERIALES | | ■ | | | ■ | | | ■ | | | ■ | |
| | TRANSPORTE | | ■ | | | ■ | | | ■ | | | ● | |
| | MANO DE OBRA | | ■ | | ● | | | ● | | | | ● | |
| TIEMPO | DE FABRICACION | ● | | | ● | | | | ■ | | | ● | |
| | DE EJECUCION | ● | | | ● | | | | ■ | | | ● | |
| CALIDAD | FUNCIONAL | | ■ | | ● | | | ● | | | | | ■ |
| | MATERIAL | ● | | | ● | | | ● | | | | ● | |

B-5.1.3. Mano de obra

Su adecuación a las circunstancias político-económicas es *media*, ya que el sistema reduce,

en una primera fase, el nivel de ocupación, por lo que puede ofrecer algún inconveniente a la planificación de puestos de trabajo. Sin embargo, la adecuación a las socio-económicas puede considerarse *alta*, ya que el nivel económico de los trabajadores empleados es, en general, mejor y su situación más estable. También la adecuación a las circunstancias tecnológicas puede considerarse *alta*, ya que el nivel de especialización requerido no es importante y, sin embargo, puede ser conseguido con un corto entrenamiento. Por último, también se adecúa bien a las culturales (*alta*) puesto que siempre resulta bien aceptado una elevación del nivel industrial del sector, aunque exista un pequeño reducto entre los técnicos del mismo que expresa opiniones en contra.

B-5.2. Tiempo

B-5.2.1. De fabricación

Adecuación *alta* a las circunstancias político y socio-económicas, ya que toda reducción del tiempo empleado va en favor de la economía.

A las circunstancias tecnológicas, puede considerarse una adecuación *media*, ya que la exigencia de tecnificación que implica al sistema no coincide con el nivel industrial del sector.

La adecuación a las circunstancias culturales vuelve a ser *alta*, ya que la rapidez de fabricación encaja con la exigencia del usuario e, incluso, del fabricante.

B-5.2.2. De ejecución

Puede considerarse una calificación similar a la anterior por idénticas razones.

B-5.3. Calidad

B-5.3.1. Funcional

La adecuación a las circunstancias político - económicas puede ser *media*, ya que la rigidez de la repetitividad puede no coincidir con la planificación existente. Algo similar podemos afirmar con la exigencia del usuario. Sin embargo, es *alta* la adecuación a las socio-económicas, pues permite bajar los costes para una misma calidad funcional, así como a las tecnológicas.

B-5.3.2. Material

Su adecuación a las cuatro circunstancias puede considerarse *alta*, ya que el nivel técnico del

proceso constructivo del sistema facilita la obtención y garantía de la calidad material, de un modo general.

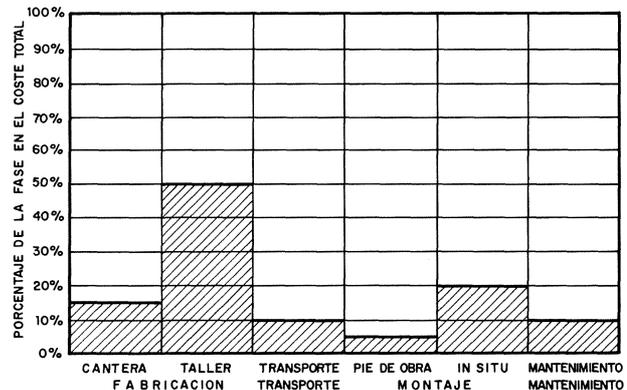
B-6. Perfil económico

Puede resultar el del cuadro, donde se observa que la mayor incidencia le corresponde a la fase de taller, bajando evidentemente la de montaje in situ aunque, por supuesto, no desaparece. A pie de obra la incidencia es mínima, ya que no existe acopio de paneles, que pasan directamente desde el camión a su sitio y, por tanto, se reduce a la organización general de la propia obra.

La fase de mantenimiento, como adicional, puede cifrarse en un 10% ya que, si bien no resulta muy necesario, por el tipo de materiales, en caso de hacerse, su realización se complica enormemente al ser los paneles de gran tamaño y unidos solidariamente unos a otros y con las instalaciones embutidas de taller.

Cuadro 19. – Perfil económico.

SISTEMA: «Grandes paneles».



ANALISIS COMPARATIVO

Como ha quedado dicho más arriba, el interés fundamental de este método de evaluación de sistemas constructivos está en poder tener una imagen gráfica y resumida de la adecuación de un sistema a toda una serie de condicionantes. Estos dos sistemas evaluados son un ejemplo de ello. Pero una variante complementaria de esta imagen es la posibilidad de su comparación con la de otros sistemas. De ahí que, para finalizar este apartado de «Aplicación práctica» me parezca adecuado realizar una rápida comparación entre los resultados de los dos sistemas que nos permitirán, una vez más, evaluar la bondad del método.

Si comparamos, en primer lugar, la respuesta de ambos sistemas a los *condicionantes funcionales*, observamos lo siguiente:

Con respecto a la *integridad*, parece mejor la respuesta del sistema de grandes paneles, toda vez que la estructura resultante es más monolítica y el material que aparece al exterior es un hormigón fabricado en taller (de alta resistencia) con tratamiento especial en sus caras exteriores.

Ante la *seguridad*, la respuesta es igual en ambos sistemas.

En la *adecuación de uso*, es francamente mejor el sistema de cerramientos cerámicos de fábrica, por su mayor flexibilidad de distribución, y ante la *constructiva*, la respuesta es igualmente mala en cuanto a la construcción progresiva y con más posibilidades de *autoconstrucción* los de cerramientos cerámicos.

Con respecto al *confort ambiental*, resulta mejor el sistema de grandes paneles, sólo en el aspecto higrotérmico, debido a la disposición de las tres hojas de los paneles de fachada, con mayor aprovechamiento de la inercia térmica y eliminación de los puentes térmicos.

Por último, con respecto a la *composición*, los dos sistemas son relativamente malos, mejorando sus posibilidades el de fachadas de ladrillo en la *geometría*.

Veámos, ahora, los *condicionantes constructivos*.

En general, resulta mejor la respuesta del sistema de cerramientos de fábrica en todos los condicionantes, excepto en el de *mantenimiento*, y en todas las variantes, excepto en la de *control de calidad*. Es decir, la técnica constructiva de este sistema está más adecuada a las condiciones constructivas del sector local, aunque la calidad final sea menos garantizable. Esta es, probablemente, la razón por la cual este sistema prevalece y el otro desaparece.

En el *perfil tecnológico*, debemos distinguir las dos curvas.

En la *participación de la mano de obra*, se aprecia una mayor uniformidad (equilibrio) en el sistema de grandes paneles, mientras que en el de cerramientos cerámicos, existe un desequilibrio que acumula la mano de obra en la fase de montaje, con los problemas de descontrol y económicos que ello trae consigo.

En el de *especialización de esa mano de obra*, vuelve a destacar la mayor uniformidad del siste-

ma prefabricado frente al de fábrica in situ, con los mismos problemas citados.

El *Análisis de Subsistemas* nos indica la evidencia de que el sistema de grandes paneles tiene repartido el trabajo entre el taller y la obra, mientras que el otro lo tiene concentrado en esta segunda, con mayor incidencia, por tanto, de las condiciones climáticas en el desarrollo del proceso constructivo. Por otra parte, el primero construye con subsistemas propios (casi todos) mientras que el segundo, incorpora muchos ajenos. Ello puede representar una ventaja en cuanto a coordinación y control, y un inconveniente en cuanto a flexibilidad de uso y selección. Otra razón, ésta última, que puede ser indicativa del alza del segundo sistema sobre el primero, sobre todo en opinión de un gran número de técnicos proyectistas, que prefieren dejar las decisiones finales para la fase de obra.

Veámos, por último, los *condicionantes económicos*.

En cuanto al *coste*, hay una evidente ventaja por parte del sistema de cerramientos cerámicos, sobre todo en las circunstancias político-económicas, toda vez que los sistemas de grandes paneles requieren grandes conjuntos para ser rentables, y en las tecnológicas, por cuanto se necesitan importantes inversiones en fábrica. Sólo en la mano de obra destaca el sistema de grandes paneles, por cuanto la repercusión de su coste en el conjunto del proceso es muy inferior.

En cuanto al *tiempo*, aparece ventaja por parte del sistema prefabricado, lo cual es evidente, pero sólo en la fase de ejecución en obra.

En cuanto a la *calidad*, sigue habiendo cierta ventaja en la calidad material de los grandes paneles, aunque el resto esté equilibrado.

En conjunto, se percibe sólo diferencia evidente en el coste en favor de los cerramientos de fábrica y, como quiera que éste es el aspecto económico que más se destaca a corto plazo, puede ser una razón más que justifique la preferencia de este sistema sobre el prefabricado.

Por último, el *perfil económico* simplemente corrobora la incidencia de la mano de obra y el volumen de trabajo en las diferentes fases.

En definitiva, pues, el dominio del sistema de pilares y vigas de hormigón in situ con cerramientos cerámicos sobre el de grandes paneles, parece que se justifica por dos razones fundamentales: Por una parte, la mayor adecuación de su técnica constructiva con la situación del sector de la construcción y, por otra, el menor coste a corto plazo de los materiales.

BIBLIOGRAFIA

1. Julián Salas Serrano: «Alojamiento y tecnología, ¿industrialización abierta?», I.E.T., 1981.
2. F. Aguirre de Yraola: «Análisis de los principales problemas que plantea la evolución de la edificación», I.E.T., 1970.
3. Seminario de Prefabricación. «Arquitectura y represión». Cuadernos para el diálogo, 1973.
4. E. Allen: «Cómo funciona un edificio», G.G., 1981.
5. Tihamer Koncz: «Construcción industrializada», H. Blume, 1977.
6. Alberto Rull Sabater: «Formas de financiación y crédito de la industria de la construcción», SNC, 1975.
7. Seminario de Prefabricación. «Prefabricación, teoría y práctica», E.T.A., 1974.
8. F. Aguirre de Yraola: «Prefabricación y edificación tradicional», CSIC, 1973.
9. D. A. G. Reid: «Principios de construcción», G.G., 1980.
10. G. Blanchère: «Saber construir», E.T.A., 1966.
11. J. Monjo Carrió: «Sistemas industrializados de construcción», SNC, 1974.
12. G. Blanchère: «Tecnologías de la construcción industrializada», G.G., 1977.
13. R. Bender: «Una visión de la construcción industrializada», G.G., 1976.

* * *

NOTA IMPORTANTE:

Ante la experiencia adquirida en los últimos años, y con la incorporación de nuevos miembros al Comité de Redacción, se pretende, desde el primer número de 1987, concentrar mayor y mejor información en menos fascículos. Concretamente se publicarán seis números al año, en los cuales se intentará superar el contexto de la revista –según proceda– así como incrementar mayor número de ilustraciones a color (dentro de las limitaciones presupuestarias) que redundará notablemente en la presentación gráfica.

No se alterará el precio de la suscripción (permanece inamovible desde hace años). Aunque se entreguen 6 números al año, en lugar de 10, los aumentos acumulados de los costos, el mayor número de páginas, mejor contenido y superior calidad compensarán la diferencia en fascículos.