

# TEMAS TECNICOS

## RELACION MATEMATICA ELEMENTAL ENTRE LOS PRINCIPALES FACTORES ECONOMICOS QUE INTERVIENEN EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS DE RENTA

por Antonio Vallejo, Arquitecto

La importancia, cada día mayor, que tienen los factores económicos en el planteo de todo problema de arquitectura y, muy especialmente, en aquellos que se refieren a las construcciones dedicadas a viviendas de alquiler, nos ha hecho pensar en la conveniencia de relacionar matemáticamente—si bien solamente a título de ensayo—los principales elementos que intervienen en dichos problemas económicos.

Cuando se nos encarga del proyecto de una casa de viviendas de renta el problema económico que primariamente se plantea es la colocación de un capital a un tanto por ciento de interés en la unidad del tiempo, obteniendo así una determinada renta por medio del beneficio de alquiler de las viviendas proyectadas.

El capital ( $C$ ) hemos de destinarle a la compra de solar ( $S$ ) y a los gastos de edificación ( $E$ ).

$$C = S + E \quad (I)$$

El solar costará proporcionalmente a su superficie ( $Q$ ) y al precio por unidad de aquella ( $s$ ). Es decir su coste será :

$$S = Qs. \quad (II)$$

El coste de la edificación se puede calcular por el de unidad de superficie por planta, aplicando coeficientes que la práctica da para cada tipo de construcción.

Si designamos por ( $c$ ) el precio-coeficiente de la unidad de superficie edificada por planta, por ( $k$ ) la relación entre la superficie edificada por planta y la superficie total del solar y suponemos que el número de plantas es ( $n$ ) el coste de la construcción será :

$$E = c kQn \quad (III)$$

De las expresiones (I), (II), (III) podemos deducir la relación del capital a emplear, con los otros factores indicados :

$$C = Q(s + ckn) \quad (IV)$$

Como ya dijimos, el problema económico que se nos encargó es la colocación de ese capital a un tanto por ciento de interés ( $i$ ) para obtener una determinada renta ( $R$ ). Según esto, esta renta será :

$$R = \frac{Ci}{100} \quad (V)$$

y si esta renta ha de obtenerse por medio del beneficio de alquiler de las viviendas proyectadas habrá de ser igual al producto de alquiler ( $A$ ), disminuido en el total de gastos que, en la misma unidad de tiempo, tenga la finca ( $G$ ).

$$R = A - G. \quad (VI)$$

De estas dos nuevas cantidades, ( $A$ ) y ( $G$ ), la primera ( $A$ ) dependerá de la superficie edificada ( $Qkn$ ) y de la capacidad de producción de alquiler de la unidad de esa superficie, la cual dependerá a su vez de la clase de edificación proyectada, que podremos también fijar por coeficientes, obtenidos por comparación con edificaciones análogas en renta; designemos por ( $r$ ) la renta-coeficiente assignable a la unidad de superficie edificada y tendremos para expresión de  $A$  :

$$A = Qknr \quad (VII)$$

## TEMAS TÉCNICOS

La otra cantidad ( $G$ ) suele ser proporcional, en cada tipo de edificación, a la renta bruta de alquiler ( $A$ ), y, para nuestras fórmulas, esa relación la designaremos por ( $m$ ), y será:

$$G = mA \quad (\text{VIII})$$

Así, la expresión (VI) se convertirá en:  
 $R = A(1 - m)$ ; y sustituyendo el valor de  $A$ , de (VIII).

$$R = Qknr(1 - m) \quad (\text{IX}).$$

Habremos resuelto el problema cuando la renta deseada sea igual a la obtenida, es decir, cuando las expresiones (V) y (IX) sean iguales:

$$R = \frac{Ci}{100} = Qknr(1 - m) \text{ o sea:}$$

$$Ci = 100 Qknr(1 - m) \quad (\text{X})$$

y eliminando ( $C$ ) entre esta expresión y la (IV), obtendremos:

$$Qi(s + cnk) = 100 Qknr(1 - m) \text{ o simplificando}$$

$$i(s + cnk) = 100 knr(1 - m) \quad (*)$$

Esta es la expresión que tratábamos de obtener, y en la que quedan relacionados matemáticamente los factores primarios que en el planteamiento económico hemos de manejar:

- $i$  ..... % de interés que ha de producir el capital.
- $m$  ..... Relación entre los gastos y la renta bruta.
- $k$  ..... Id., id. la superficie edificada por planta y la total del solar.
- $s$  ..... Precio de la unidad de superficie del solar.
- $c$  ..... Id. de la id. de id. edificada.
- $r$  ..... Renta de la id. de id. id.
- $n$  ..... Número de plantas edificadas.

De cuyos factores podremos obtener, con auxilio de la referida expresión, el que nos interese en cada caso, conocidos o presupuestados todos los demás.

### APLICACION

Como ejemplo hacemos una aplicación de esta fórmula en un caso corriente, como es el estudio de un supuesto económico de viviendas de renta como negocio promovido íntegramente por la iniciativa particular, sin ninguna ayuda oficial.

De los factores que figuran en la fórmula de la que hacemos aplicación, fijemos los que, para un caso como el considerado, sería dado conocer:

—  $i$ .—El interés que la iniciativa privada suele exigir en esta clase de negocios para promoverlos no suele ser nunca inferior al 5 % del capital invertido. En ese supuesto consideramos, pues:  $i = 5$ .

(\*) La eliminación automática de  $Q$  al hacer esta simplificación nos indica que el problema económico que nos preocupa es, teóricamente, independiente de la superficie del solar, la cual, sin embargo, tendrá importancia en la práctica por el aprovechamiento mejor que del solar pueda hacerse por la adecuada superficie de aquél en relación con la que deban tener las viviendas proyectadas.

—  $m$ .—La relación entre la renta bruta y los gastos de esta clase de viviendas—suponemos la de viviendas corrientes en barrios residenciales, no lujosos, del ensanche de Madrid—, calculando que para contribución, conservación, alumbrado de servicios generales, agua, luz, ascensor, portería, etc., se invierte el 43 % de la renta bruta, será:  $m = 0,43$ .

—  $k$ .—La relación entre la superficie total edificada, teniendo en cuenta las exigencias de las Ordenanzas Municipales vigentes en Madrid en relación con los patios interiores y los patios de manzana, y calculando que para unos y otros haya que dedicar el 25 % del solar y el 75 % para edificación, podrá cifrarse, como caso típico medio, en:  $k = 0,75$ .

—  $s$ .—Considerando como precio unitario del solar, uno alto pero prudente, para solares del tipo que correspondería a una edificación como la supuesta, aunque ello se aparte de los precios a que, con manifiesta falsedad de cotización, se han estado vendiendo esta clase de solares en los últimos años, podemos valorar este elemento en unas 70 pesetas/pie cuadrado, lo que equivale a suponer:  $k = 910$  ptas/m<sup>2</sup>.

—  $c$ .—El coste unitario de edificación para una vivienda del tipo de la supuesta, a base de realizar la obra con materiales adquiridos en mercado libre y dado el escaso rendimiento obrero de estos últimos tiempos, puede valorarse con bastante garantía en unas MIL TREINTA Y CINCO PESETAS EL METRO CUADRADO, incluido coste de ejecución material, gastos generales y beneficio industrial, y si a ello añadimos los gastos por licencia, arbitrios, honorarios de Arquitecto y Aparejador, intereses del capital invertido y no rentable durante la ejecución de las obras, etc., no es aventurado fijar el valor de  $c = 1.050$  ptas. m<sup>2</sup>.

—  $n$ .—El número de plantas edificadas, en solares como el supuesto, suele ser siete, compensando lo que se deja de edificar en los áticos por la superficie que para servicios generales hay que edificar corrientemente en sótano, y así para nuestro ejemplo fijaremos:  $n = 7$ .

—  $r$ .—La renta por m<sup>2</sup> de superficie edificada es la que consideraremos como variable, definida en función de los demás elementos, cuyo valor hallaremos en esta aplicación sin más que sustituir en la fórmula los valores conocidos, resultando:

$$r = \frac{i(m + cnk)}{100 kn(1 - m)} = \frac{5(910 + 1050 \times 7 \times 0,75)}{100 \times 0,75 \times 7 \times (i - 0,43)} = \\ = 107,31 \text{ pts/m}^2/\text{año}$$

o sea, una renta unitaria mensual de:

$$\frac{107,31}{12} = 8,94 \text{ ptas.}$$

lo que indica que viviendas del tipo supuesto, edificadas sin protección oficial, para producir una renta libre del 5 % al capital empleado, han de pagar una RENTA UNITARIA DE ALQUILER MENSUAL de 8,94 ptas. m/2., o lo que es igual: que una de estas vivien-

das, a la que corresponda una superficie edificada de 150 m/2., tipo muy corriente, habría de pagar un alquiler mensual de 1.341 ptas., en general inasequible para las familias que necesitan ocupar viviendas de este tipo.

## DOSIFICACION PRACTICA DE HORMIGONES

por José Luis de León, Arquitecto

En la mayoría de las obras urbanas de edificios no se presta la atención debida a la importancia que tiene la confección de hormigones, y, sin embargo, es quizás en las mismas donde se exigen mayores coeficientes de trabajo, ya que no es raro ver 50 — 60 y 70 Kgs/centímetro cuadrado en proyectos que obligan a fabricar hormigones con coeficientes de rotura a compresión de 150 — 180 — 210 Kgs/cm. cuadrado para obtener un coeficiente de seguridad 3, y, sin embargo, los hormigones corrientemente empleados en las obras a base de los consabidos 300 Kgs. de cemento, 400 litros de arena y 800 litros de gravilla, sin especificar la cantidad de agua (y aun esto en el mejor de los casos, pues muchas veces ni se hace la separación de arena y gravilla) muchas veces, por no decir la mayoría, llegan como máximo a 100 Kgs/cm. cuadrado en carga de rotura que con el antedicho coeficiente seguridad da  $\sigma_b = 33$  kilogramos por centímetro cuadrado; de consiguiente, de nada habrán servido los meticulosos cálculos a que da origen la hiperestaticidad de las estructuras de hormigón con las diferentes suposiciones de cargas y determinación de secciones a base de coeficientes fijados de trabajo del hormigón y acero, si luego en la realización de la obras se descuida la fabricación del primero de dichos materiales, ya que el otro, por ser material isótropo, sus características en los elementos suministrados por las distintas factorías, poco se diferencia entre sí, siendo prueba de ello el que para el acero se admite un coeficiente de seguridad 2.

Sin embargo, bastan sencillos procedimientos para mejorar notablemente la capacidad resistente del hormigón a base de mantener la misma dosificación de cemento por metro cúbico, alcanzándose fácilmente coeficientes de rotura superiores muchas veces al doble de los obtenidos sin tomar ninguna medida para su mejoramiento.

Sin entrar a fondo sobre los factores que intervienen mayormente en el mejoramiento de los hormigones, sobre cuyo tema mucho se ha escrito y más se seguirá escribiendo, desde los estudios de Feret pasando por el módulo de finura de Abrahams, curvas de áridos, de Fuller y Bolomey, relación agua cemento, procedimientos de puesta en obra del hormigón, etc..., todo ello muy práctico en las grandes obras públicas, donde este material entra en proporciones de miles de metros cúbicos y que mediante oportunas instalaciones, bastante caras (pero que se amortizan rápidamente por la economía del empleo del cemento), no son aplicables, por lo

menos hoy día, a las edificaciones urbanas en las cuales hay que conformarse con la arena y gravilla que existen en la localidad; pero lo que sí puede hacerse es mejorar en lo posible la calidad del hormigón a base de dichos elementos.

El método a seguir y que se expone a continuación, consistirá en obtener un hormigón lo más compacto posible, o sea que tenga el menor volumen de huecos (mejoramiento del árido, arena y gravilla) y determinar la resistencia que probablemente alcancará el hormigón a los 28 días, a base de la relación agua cemento.

Ante todo, hay que determinar por cualquier procedimiento el volumen de los huecos contenidos en el árido y el coeficiente de reducción del mismo, pues es indudable que si se mezclan un determinado volumen de arena con otro de gravilla, el volumen resultante será inferior a la suma de aquellos, por llenar la arena parte de los huecos de la gravilla.

El método más sencillo y que se sigue con un ejemplo numérico, es el siguiente:

En una obra precisa obtenerse un hormigón que dé un coeficiente de rotura a compresión de 150 Kgs/centímetro cuadrado a los 28 días; se pide determinar la cantidad en volumen de arena, gravilla y el peso de cemento y agua para obtener un metro cúbico de hormigón, siempre dentro de la consiguiente fluidez, por ser dicho material destinado a hormigón armado, por lo cual precisa que envuelva bien las armaduras; el tamaño máximo del árido será de 2 cm. y se considera arena el árido comprendido entre 0,5 cm. y 0,02 cm.

Se supone que el árido sea de buena calidad y esté limpio de impurezas que mermen la resistencia (arcilla en más de un 3 por 100, materia orgánica, carbones, etcétera...), tal como se indica en el párrafo A del Capítulo I de las Normas para el cálculo y ejecución de las obras de hormigón armado, de la Dirección General de Arquitectura).

Se empezará separando los áridos (arena y gravilla) tomando como unidad de volumen cinco litros, y se tomarán 4 unidades (que dan un volumen aparente de 20 litros) ensayando las diferentes mezclas y llenando con ellas un recipiente de cristal en el cual estén grabados, con una señal indicadora, los 20 litros.

Hechas las diferentes combinaciones, se paleará cada una tres veces y se llenará el recipiente de cristal, enrasando previamente la mezcla a ensayar con un pequeño pisón metálico, seguidamente y poco a poco se verterá agua (para evitar burbujas de aire aprisionadas entre