

## PROGRAMA OPTIMIX

Eduardo Yarke (\*)

### RESUMEN

Con el objeto de ampliar la cantidad de herramientas de análisis que un profesional tiene a su alcance y que le sirven de ayuda o guía en la tarea de diseñar edificios solares, se realizó el programa "OPTIMIX".-

Como tal se ha designado a un conjunto de programas interrelacionados entre sí y que pueden ser ejecutados en forma individual o encadenados y que permiten armar una base de datos meteorológicos, calcular radiación incidente o transmitida según diferentes inclinaciones y azimuts, calcular la Fracción de Ahorro Solar para 44 Sistemas Solares según el método del Cociente Carga-Colector y tomar decisiones con respecto a las variantes de mayor conveniencia económica de acuerdo a los cálculos de la Factibilidad Económica y del Costo del Ciclo de Vida .-

Se ha trabajado según la metodología desarrollada por Douglas J. Balcomb y colaboradores y se muestra un ejemplo de aplicación.-

### ANTECEDENTES

El desarrollo o aplicación de metodologías que permitan ayudar a una mejor transferencia de las tecnologías solares pasivas al sector profesional, ha sido una línea de actividad permanente para el ISABA.- Como ejemplo de ello ver referencias (1),(2),(3) y (4)

Como la intención de resumir parte de anteriores experiencias en una más completa herramienta de cálculo y ayuda a los profesionales, es que se realizó el programa OPTIMIX.-

En dicho programa se aplicó, adaptada a condiciones locales, una parte de la metodología desarrollada por Balcomb y colaboradores y que se encuentra en varias publicaciones (5),(6) y (7).- a lo que se suman otros métodos de evaluación económica como es el método que determina la Factibilidad Económica.-

### EL PROGRAMA OPTIMIX

El programa OPTIMIX consta de varios sub-programas interrelacionados entre sí, que pueden ser ejecutados en forma individual o sucesiva.-

---

\* - del Instituto Solar Arquitectura Buenos Aires ( ISABA )

Estos sub-programas y las tareas que realizan son :

- LOCADAT - Permite generar la base de datos climáticos mensuales para una localidad determinada que luego será utilizada en los pasos siguientes.-
- SOLCALC - Calcula radiación incidente y/o transmitida a través de uno o dos vidriados para diferentes azimuts y orientaciones del plano colector.-  
Calcula radiación transmitida en el caso de diferentes sistemas solares.-
- CCCOL - Calcula el Cociente Carga-Colector (CCC) para Fracciones Solares Anuales (FAS) entre 10% y 90% para 44 Sistemas Solares, seleccionados de entre los 94 sistemas que tiene la metodología original.-  
Calcula también la Fracción Solar Mensual (FSM) para un determinado sistema.-
- ECONOMIC - Determina guías de diseño para un caso particular del cual se conozcan algunas características, recomendando valores de "BLC" (coef. de pérdida global sin considerar la pérdida por el sistema solar) y de área proyectada (AP) para cada uno de los 44 Sistemas Solares elegidos, así también determina los precios máximos que podrá costar el m<sup>2</sup> de Área Proyectada para diferentes Fracciones Solares y para cada uno de estos Sistemas.-  
Cuando se trata de un proyecto adelantado, el programa calcula la mejor Factibilidad Económica de entre las variantes presentadas (referidas a niveles de conservación), e indica cuáles son aquellas variantes que están por debajo de un límite porcentual previamente establecido, con respecto al costo total del edificio.- Además calcula el Costo del Ciclo de Vida de cada una de las variantes. De esta manera colabora al evaluar las opciones que se presentan, en la toma de decisiones para el proyecto.-

La aplicación de este programa , en su aspecto económico, puede realizarse en las siguientes etapas del proyecto :

- a) Antes de empezar, cuando solo se conoce la implantación y la superficie aproximada que surge de un programa de necesidades
- b) Cuando ya se tiene un ante-proyecto detallado y se analizan entonces variantes para la conservación energética.-

Para el primer caso, se requerirán como datos el tipo y el precio del combustible auxiliar que se utilizará, la vida útil del edificio, la tasa de redescuento que se aplicará en el cálculo y el aumento porcentual anual neto que se estima tendrá el combustible auxiliar en los próximos años.-

Con estos datos el programa recomienda "BLC" , AP y el costo máximo por m2 de AP que convendría pagar para mantener la inversión a realizar dentro de límites económicos aceptables.- Por esto es que se considera que el programa establece " guias para el diseño "

Las principales ecuaciones empleadas son :

BLC = GF \* Af/CF (I) donde: BLC=Coefic.Neto de Pérdidas diarias del edif.descontadas las pérdidas por el Ap del sistema solar  
 GF= Factor de Geometria del edificio.-  
 Af= Superficie en planta del edificio.-  
 CF= Factor de conservación del sistema solar.-

$GF = \frac{24 * P}{\sqrt{a} * Af}$  (II) donde : P= Coefic que relaciona las areas de pérdidas de cada parte del edificio (muros,cielorrasos, carpinterias,etc) con las raices cuadradas de los costos incrementados por cada unidad de resistencia térmica que se agregue.-  
 a= Costo del Ap del sistema elegido por m2.-

En cuanto al Factor de Conservación (CF) ya sabemos que :

$CF = \sqrt{24 (1/CCC + (1-FAS)/D)}$  (III) donde: D = d(FAS)/d(1/CCC)  
 siendo : FAS = Fracción Solar Anual  
 y : CCC = Coc. Carga-Colector del sistema elegido.

El Area Proyectada (Ap) es :  $Ap = BLC / CCC$  (IV)

El costo optimizado por m2 de Ap surgira de que D tambien es :

$D = a / h$  (V) donde : h = funcion de parametros economicos.-

$h = (CH * FF * DD)/FCR$  (VI) donde :  
 CH= Precio del combustible por unidad de comercialización  
 FF= Penalización que convierte el costo anual de los combustibles consumidos en costo a valores presentes de acuerdo a la expectativa futura de los precios.-  
 DD = Grados-dia de un lugar corregidos según rendimiento esperado de los artefactos

FCR = Coef económico que convier-  
te la inversión inicial en  
amortización anual de a-  
cuerdo a una serie de pa-  
rámetros económicos de los  
cuales se destaca la tasa  
de interés prevista . -

Para el caso de que el ante-proyecto se encuentre ya definido, con ECONOMIC se podrá buscar las soluciones en conservación que establezcan la mejor Factibilidad Económica presentadas como variantes al caso de conservación cero que se toma como base y que sirve de referencia.- También se podrán calcular cuales son las variantes que se hallan por debajo de un límite de sobre costo pre-fijado y que índice "BLC" , o Fracción Solar Anual nos proporciona cada una de ellas, además del Costo del Ciclo de Vida de las mismas.-

En cuanto a la Factibilidad Económica, definimos a este índice como el cociente entre la Amortización Anual de la Inversión Inicial realizada y el Costo Anual Equivalente de los combustibles ahorrados como consecuencia de las mejoras, y en comparación con un edificio idéntico que no tenga medidas de conservación energética .-

Una propuesta será factible económicamente cuando este cociente sea por lo menos igual a la unidad, lo que significa que la inversión inicial realizada será recuperada en el periodo de la vida útil del edificio.- Todo cociente inferior a la unidad indica que la recuperación estará concluida en un tiempo inferior a la vida útil del edificio.-

En cambio definimos al Costo del Ciclo de Vida (LCC) como :

LCC = Costo Sistema + Costo Combustible a valores presentes (VII)

Costo Sistema = Costo Solar + Costo Conservación (VIII)

Costo Solar =  $a * A_p$  (IX)

Costo Conservación =  $b/BLC - C_i$  (X) en donde para un caso concreto b y  $C_i$  son constantes

Costo Combustible =  $CH * Q_{aux} * FF/FCR$  (XI) en donde :  
(a valores presentes)

$Q_{aux} = BLC * DD (1-FAS)$  (XI)

Por lo tanto :

$LCC = (a * A_p) + ((b / BLC) - C_i) + (h * (1-FAS) * BLC)$  (XII)

Cuando el LCC es optimizado en función del  $A_p$  se cumple que :

$BLC^2 = \frac{24 b}{a * CF^2}$  (XIII)

## EJEMPLO DE APLICACION

Una vivienda a localizarse en una zona próxima a San Miguel tendrá una superficie de 81 m<sup>2</sup> .- En la zona se utiliza gas envasado , estando previsto una extensión de la red de gas natural en un tiempo cercano.- La vivienda tendrá como Sistema Solar un MTD1 (muro trombe con termocirculación-un solo vidriado-sin protección nocturna ni revestimiento selectivo).- Los datos que se incorporan para obtener las guias de diseño son : - Precio Combustible = \$ 30 el tubo de 45 kg. gas envasado y \$0.20 el m<sup>3</sup> gas natural - Tasa de interés = 8% anual (LIBOR mas 2%) y se prevé un aumento del 4% anual constante en el precio de los combustibles.- La vida útil de la vivienda se establece en 50 años.-

Otros datos que condicionan son: AP = 17 m<sup>2</sup> de máxima por falta de mayor superficie en el proyecto y un sobrecosto confirmado por valores habituales en la zona del AP = \$ 150/m<sup>2</sup>

El programa optimiza estos datos y establece como valores recomendados :

- Para gas natural FAS = 30% para AP = 18 m<sup>2</sup> siempre y cuando el BLC no supere los 93 w/C y el sobrecosto del AP no supere los \$ 66/m<sup>2</sup>.-

- Para gas envasado ,identicos valores de FAS, AP y BLC y un sobrecosto de AP admisible hasta \$ 170/m<sup>2</sup> .-

Con estos resultados ya sabemos que la optimización para el caso del gas natural no será alcanzable y que en el caso del gas envasado la situación es mas favorable , dependiendo de los sobrecostos que alcancen las medidas de conservación que aparecen como muy exigentes.-

Desarrollado el anteproyecto, establecidas variantes de conservación con diferentes espesores de aislación y otras medidas para la disminución de pérdidas y calculados los valores unitarios de las mejoras, se pueden realizar otras corridas para evaluar las diferentes opciones .-

Los resultados obtenidos indican lo siguiente :

Tanto para gas natural como envasado, la variante de mejor Factibilidad Económica de entre 1024 analizadas es la que propone aislaciones en muros de 8 cm de espesor y en cubiertas de 3".- Los vidrios serán todos simples y no habrá aislaciones en pisos - En cuanto a renovación de aire se fija como más conveniente: un volumen por hora, con burleteo de aberturas además de las barreras de vapor.-

Esta variante tiene un sobrecosto total de \$ 4380 ( 9% costo vivienda ) dividido como \$ 2550 por el Sistema Solar y \$ 1830 por las medidas de Conservación .- Se obtiene un BLC = 250 w/C y un FAS = 25% - La recuperación de la inversion inicial se produce a los 28,5 años para el caso del uso del gas natural y a los 11 años cuando se utiliza gas envasado como combustible auxiliar.-

## REFERENCIAS

- 1 - Fabris A., Yärke E. "Tablas del Cociente Carga Colector para 60 localidades de la República Argentina" - Trabajo presentado en X Reunión de Trabajo de Asades - Neuquen - 1985
- 2 - Fabris A., Yärke E., Pracchia J., Rapallini A. "Tablas del Cociente Carga-Colector (CCC) y de Factores de Conservación para 118 localidades de la Republica Argentina" - Trabajo presentado en XII Reunión de Trabajo de Asades - Buenos Aires - 1987
- 3 - Di Constanzo N., Yärke E., Fabris A., "Criterio de cálculo de los sobrecostos de sistemas solares pasivos en viviendas individuales" - Trabajo presentado en XII Reunión de Trabajo de Asades - Buenos Aires - 1987
- 4 - Yärke E., Fujol M., "Análisis en dos casos comparativos tomados como modelos, de la factibilidad económica del ahorro de energía y del empleo de sistemas solares pasivos en viviendas individuales " - Trabajo presentado en la XIII Reunión de Trabajo de Asades - Salta - 1988
- 5 - Balcomb J.D. "Optimum mix of conservation and solar energy in buildings" - American Section International Solar Energy Society - Annual Meeting - Phoenix - Arizona - 1980
- 6 - Jones R. (editor), Balcomb J. D. et all " Passive Solar Desing Handbook" - Vol III - Washington DC - Department Energy - 1982
- 7 - Balcomb J.D. " Conservation and solar guidelines" - Passive Solar Journal ,3 (3) pag 221-248 - 1986