

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE PROYECTOS PARA MAXIMIZAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA E INCORPORAR Y EVALUAR ECONÓMICAMENTE INSTALACIONES SOLARES DE CALEFACCIÓN

Marusic Jorge¹, de Schiller Silvia², Evans John Martin³

(1) Arquitecto, Investigador CIHE-FADU-UBA, jorgemarusic@cenitsolar.com.ar

(2) PhD, Codirectora de CIHE-FADU-UBA, sdeschiller@gmail.com

(3) PhD, Codirector de CIHE-FADU-UBA, evansjmartin@gmail.com

Centro de Investigación Hábitat y Energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo,
Universidad de Buenos Aires

CIHE-FADU-UBA, Pabellón 3, Piso 4, Ciudad Universitaria C1428BFA, Buenos Aires, Argentina

Tel.: (+ 54 11) 4789-6274 / 4859-6488

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es presentar una herramienta que permita un rápido y efectivo análisis energético de un edificio, para la posterior aplicación de instalaciones solares de calefacción, con una evaluación económica de su aporte energético. Se presenta aquí una metodología de trabajo que permite analizar un edificio y establecer los porcentajes de ahorro energético y los espesores de aislante más apropiados para lograr confort térmico con mayor eficiencia energética, a través del cumplimiento de las Normas IRAM 11601, 11604 y 11605. Analizando distintas configuraciones de instalaciones solares para calefacción mediante el método F-Chart, se establecen los porcentajes de aporte solar y auxiliar, determinando también la potencia de la caldera auxiliar necesaria para cada variable. De esta forma se hace posible establecer el valor de la instalación solar y relacionándolo con los porcentajes de ahorro energético y el costo de la energía auxiliar utilizada se obtiene el tiempo de amortización que permitirá evaluar económicamente la propuesta con precisión y claridad. Esta herramienta informática permitió obtener la información requerida por el comitente en el plazo de una semana, habiendo analizado y comparado cuatro variables de balance térmico y cuatro variables de instalación solar para calefacción con su evaluación económica respectiva. Se ha desarrollado una confiable herramienta informática de análisis energético de edificios e instalaciones solares integradas y su evaluación económica que demostró la eficacia de su aplicación.

Palabras claves: Eficiencia energética, Instalación solar de calefacción, evaluación económica.

ABSTRACT

The objective of this work is to present a tool that allows a quick and effective energy analysis of a building, for the later application of solar facilities for heating, with an economic evaluation of its energy contribution. Here it is presented a work methodology that allows to analyze a building and to establish the percentages of energy saving and the insulating thickness more appropriated to achieve thermal comfort with more energy efficiency, through the compliance of the IRAM Norms 11601, 11604 and 11605. Analyzing different configurations of solar facilities for heating by means of the F-Chart method, the percentages of solar and auxiliary contribution are established, also determining the power of the auxiliary boiler necessary for each variable. By this way it is possible to establish the value of the solar installation and relating it with the percentages of energy saving and the cost of the used auxiliary energy it is possible to obtain the time of amortization that will allow to evaluate economically the proposal accurately and clarity. This computer tool allowed to obtain the information required by the constituent in the term of a week, having analyzed and compared four variables of thermal balance and four variables of solar installation for heating with its respective economic evaluation. It has been developed a reliable computer tool of energy analysis of buildings and integrated solar facilities and its economic evaluation that showed the efficiency of its application.

Keywords: Energy efficiency, solar installation for heating, economic evaluation.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la crisis energética que afecta a la región y los constantes aumentos en las tarifas de energía, cada vez son más las consultas de profesionales y usuarios en busca de obtener eficiencia energética en sus edificios para reducir la demanda de energía, y la posibilidad de incorporar sistemas solares que puedan satisfacer esta demanda. Pero para poder evaluar económicamente la propuesta, es necesario saber cuál es el costo de las instalaciones solares y su tiempo de amortización y para poder llegar a este dato es necesario realizar numerosos cálculos.

Como resultado de un trabajo de consultoría, se desarrollo una metodología de trabajo que permite un análisis térmico detallado del edificio, con el objetivo de mejorar el confort interior y su comportamiento energético para hacer factible la aplicación de instalaciones solares de calefacción y minimizar su tamaño, obteniendo porcentajes de fracción solar del orden del 40% de la demanda total de calefacción. Relacionando el valor total de la instalación solar con la fracción solar y el costo de la energía a reemplazar, se determina el tiempo de amortización de la instalación solar y esto permite realizar un análisis económico detallado de la inversión.

La forma de llevarlo a cabo es realizar un informe técnico rápido, que además de incluir datos técnicos de cantidad de energía consumida y ahorrada, es el medio ideal para proporcionar al comitente recomendaciones de distinto tipo como modificaciones de diseño, cambiar la configuración de los detalles constructivos, determinar los espesores de aislación liviana en los distintos cerramientos de la envolvente constructiva, reducir o aumentar el porcentaje de superficies vidriadas en las distintas fachadas, etc.

2. OBJETIVO

Se pretende obtener con esta metodología una forma de poder evaluar energéticamente proyectos arquitectónicos para mejorar las condiciones de confort, maximizar su eficiencia energética, hacer viable la inclusión de instalaciones solares para climatizar los edificios, predimensionar las instalaciones definiendo un valor total de las mismas y realizar una evaluación entre energía aportada por el sistema solar y costo de la energía utilizada para establecer el tiempo de amortización de la misma.

3. MÉTODO

El trabajo se desarrolla en tres etapas consecutivas

1ª- Análisis de la edificación mediante un modelo computacional de balance térmico muro por muro, detallando todas las aberturas que se encuentren incluidas en el.

2ª- Predimensionado de la instalación solar para calefacción.

3ª- Desarrollo del anteproyecto de la instalación solar, definiendo su valor total y tiempo de amortización.

3.1 BALANCE TÉRMICO DEL EDIFICIO

Mediante una hoja de cálculo desarrollada en el programa Microsoft Office Excel (Figuras 2,3,4,5), se cargan los datos de superficie de cada uno de los elementos que componen la envolvente y se les asignan los distintos valores de transmitancia térmica que establece la norma para cada una de sus distintas configuraciones constructivas (Norma IRAM 11601, 2002).

Una vez cargados los datos del edificio y habiendo obtenido los valores de pérdidas totales y parciales para la variante proporcionada por el comitente, se proponen nuevas variantes modificando los valores de transmitancia térmica de los componentes que lo requieran, tomando valores proporcionados por la Norma IRAM 11601 y correspondientes al agregado de distintos espesores de aislante térmico, ya sea en muros y techos. También se modifican los valores de transmitancia térmica correspondientes a las superficies vidriadas, cambiando entre vidrio simple, vidrio laminado, DVH o DVH Low-E y modificando los niveles de renovación de aire según la calidad de las carpinterías propuestas originalmente o las recomendadas.

De esta forma es posible comparar entre las variables y establecer los porcentajes de ahorro de energía que proporciona el agregado de aislación liviana para lograr confort térmico en su interior (Norma IRAM 11605, 2002) y en qué sectores del edificio es más conveniente el agregado de aislante térmico y donde menos conveniente. Además el programa verifica el cumplimiento de la Norma IRAM 11605 para muros y techos en cada una de las variantes, y establece en qué nivel se encuentra, ya sea A, B o C.

También verifica el ahorro de energía para calefacción de cada una de las variables (Norma IRAM 11604, 2002) determinando el valor de pérdidas globales y comparándolo con los máximos admitidos.

3.2 PREDIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN SOLAR

Para el Predimensionado de la instalación solar se utiliza otra hoja de cálculo del programa Microsoft Office Excel donde se aplica el método F-Chart (Figura 10).

Si bien con la utilización de este programa es sencillo el desarrollo de distintas versiones de instalaciones solares, primero se define la variante constructiva que se considera mejor desde el punto de vista energético y luego, sobre esta variante se desarrollan variantes de instalación solar, con el fin de encontrar la que proporcione mayor fracción solar e integración arquitectónica.

3.3 DESARROLLO DEL ANTEPROYECTO Y TIEMPO DE AMORTIZACIÓN

Seleccionada la variante de instalación solar, se procede a desarrollar el anteproyecto que permitirá establecer el valor total de la instalación, tomando en cuenta el costo de los equipos y su montaje en obra. Para esto se desarrolla un esquema general de funcionamiento y se establecen los recorridos y largos de las cañerías, definiendo los diámetros de las mismas, el caudal y la pérdida de carga del circuito, para seleccionar la bomba impulsora y calcular el vaso de expansión (José M Fernández Salgado, 2007). Definidos los componentes de la instalación, se realiza un presupuesto que incluye materiales y mano de obra, estableciendo con este valor y su comparación con el costo de la energía a reemplazar, el tiempo de amortización para cada variante. De este análisis económico surgirá si es conveniente la aplicación de una instalación solar y cuál es la variante más apropiada para el caso.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Presentamos aquí los gráficos de un caso, con los resúmenes de los datos que se obtienen con la aplicación de esta metodología y el esquema general de funcionamiento con el que se define el anteproyecto que permitirá realizar el presupuesto.

4.1. EVALUACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

En primer lugar se analizan las características de los distintos cerramientos y se establece su valor de transmitancia K según la Norma IRAM 11601, elaborando una planilla de datos que se aplicará a todas las variantes analizadas (Figura 1).

CASA UNIFAMILIAR, Pilar, Buenos Aires							Pagina 3		
PLANILLA DE BALANCE TERMICO: PLANTA BAJA									
Tabla 1.1. Transmitancia térmica de elementos							Nivel Norma IRAM 11.605		
Elemento	Aislante mm	K W/m2K	Notas				Max: rojo=no cumple		
			A	B	C				
1	Techo	0	1,495	Losa, capa de leca, camara, yeso			0,32	0,83	1
2	Techo con aislante	50	0,556	idem con 50 mm de poliestireno exp			0,32	0,83	1
3	Techo con aislante	100	0,31	idem con 100 mm de poliestireno exp			0,32	0,83	1
4	Muro con viga H°A°	0	2,5	Hormigón 200 mm, placa de ladrillo			0,38	1	1,85
5	Muro simple	0	2,91	Ladrillo 12, terminaciones			0,38	1	1,85
6	Muro doble	0	1,483	Ladrillo 270, camara 50, ladrillo 270			0,38	1	1,85
7	Muro doble con aislante	50	0,517	idem con 50 mm de poliestireno exp			0,38	1	1,85
8	Viga H°A°	0	2,81	Hormigón 170 mm			0,38	1	1,85
9	Vidrio doble baja emisividad	0	1,8	DVH, con vidrio incoloro + low E			-	-	-
10	Vidrio doble	0	3,08	DVH, con vidrio incoloro			-	-	-
11	Vidrio laminado	0	5,82	5 + 5			-	-	-
12	Vidrio simple	0	5,83	Vidrio simple 4 mm			-	-	-
13	Piso sobre exterior	0	1,8	Terminación + losa			0,38	1	1,85
14	Piso sobre ext con aislante	50	0,6	Idem + 50 mm aislante			0,38	1	1,85
15	Piso sin aislante	0	1,43	Por metro lineal de perimetro			-	-	-
16	Piso aislante perimetral	25	1,12	Por metro lineal de perimetro			-	-	-
17	Piso sobre ext con aislante	-7,1E-15	1,57	Idem + 50 mm aislante			0,38	1	1,85
18	Piso con aislante total	-12,5	1,08	Por metro lineal de perimetro			-	-	-
19	Puertas	0	2,4	Puerta placa 50 mm			-	-	-

Figura 1: Planilla con datos de transmitancia térmica de distintas configuraciones constructivas

Luego se elabora el balance térmico de todo el edificio (N. Quadri, 1987), multiplicando las superficies de cada cerramiento por su coeficiente de transmitancia y sumando todas las pérdidas. Este procedimiento se realiza con cada sector del edificio, elaborando una planilla final denominada resumen (Figuras 2,3,4,5), donde se pueden observar las superficies y pérdidas correspondientes a cada tipo de cerramiento, ya sea muro, ventana, techo, piso y también las pérdidas por ventilación, consignando los porcentajes parciales y totales para cada ítem.

CASA UNIFAMILIAR, Pilar, Buenos Aires					
PLANILLA DE BALANCE TERMICO					
					Página 7
Tabla 4.1. Balance térmico proyecto actual					
Elementos	Ref	m2	Perdida	%	Subtotal
Muros planta baja	Tabla 1.2, P1	265,77	516	19%	Muros
Muros planta alta	Tabla 2.1, P3	98,28	193	7%	26%
Ventanas planta baja	Tabla 1.3, P2	137,66	737	27%	Ventanas
Ventanas planta alta	Tabla 2.3, P3	23,4	126	5%	32%
Techos Planta baja		217,96	326	12%	Techos
Techos Planta alta		136,4	204	8%	20%
Losas en contacto con aire exterior	Tabla 1.6, P2	41,36	74	3%	Pisos
Pisos en contacto con el suelo		120,75	135	5%	8%
Ventilación	Tabla 3	1182	390	14%	Ventilación
Total			2702	100%	
Notas					
Volumen calefacionado		m3			% vidrio en muros
Total		1182			30,7%
G. Cociente volumetrico de perdida de calor			2,29		
G Maximo admisible según Norma IRAM 11.604			1,95		Perdidas en relación con Norma
Cumplimiento de Norma IRAM 11.604			NO		17,2%

Figura 2: Resumen final del balance térmico (actual)

CASA UNIFAMILIAR, Pilar, Buenos Aires					
PLANILLA DE BALANCE TERMICO: PLANTA BAJA					
					Página 7
Tabla 4.1. Balance térmico mejorado +					
Elementos	Ref	m2	Perdida	%	Subtotal
Muros planta baja	Tabla 1.2, P1	265,77	341	19%	Muros
Muros planta alta	Tabla 2.1, P3	98,28	51	3%	22%
Ventanas planta baja	Tabla 1.3, P2	137,66	464	26%	Ventanas
Ventanas planta alta	Tabla 2.3, P3	23,4	126	7%	33%
Techos Planta baja		217,96	121	7%	Techos
Techos Planta alta		136,4	76	4%	11%
Losas en contacto con aire exterior	Tabla 1.6, P2	41,36	65	4%	Pisos
Pisos en contacto con el suelo		120,75	135	8%	11%
Ventilación	Tabla 3	1182	390	22%	Ventilación
Total			1769	100%	
Notas					
Volumen calefacionado		m3			% vidrio en muros
Total		1182			30,7%
G. Cociente volumetrico de perdida de calor			1,50		Perdidas en relación con Norma
G Maximo admisible según Norma IRAM 11.604			1,95		-23,2%
Cumplimiento de Norma IRAM 11.604			SI		

Figura 4: Resumen final del balance térmico (mejorado +)

CASA UNIFAMILIAR, Pilar, Buenos Aires					
PLANILLA DE BALANCE TERMICO:					
					Página 7
Tabla 4.1. Balance térmico mejorado					
Elementos	Ref	m2	Perdida	%	Subtotal
Muros planta baja	Tabla 1.2, P1	265,77	341	17%	Muros
Muros planta alta	Tabla 2.1, P3	98,28	51	2%	19%
Ventanas planta baja	Tabla 1.3, P2	137,66	737	36%	Ventanas
Ventanas planta alta	Tabla 2.3, P3	23,4	126	6%	42%
Techos Planta baja		217,96	121	6%	Techos
Techos Planta alta		136,4	76	4%	10%
Losas en contacto con aire exterior	Tabla 1.6, P2	41,36	65	3%	Pisos
Pisos en contacto con el suelo		120,75	135	7%	10%
Ventilación	Tabla 3	1182	390	19%	Ventilación
Total			2042	100%	
Notas					
Volumen calefacionado		m3			% vidrio en muros
Total		1182			30,7%
G. Cociente volumetrico de perdida de calor			1,73		Perdidas en relación con Norma
G Maximo admisible según Norma IRAM 11.604			1,95		-11,4%
Cumplimiento de Norma IRAM 11.604			SI		

Figura 3: Resumen final del balance térmico (mejorado)

CASA UNIFAMILIAR, Pilar, Buenos Aires					
PLANILLA DE BALANCE TERMICO: PLANTA BAJA					
					Página 7
Tabla 4.1. Balance térmico óptimo					
Elementos	Ref	m2	Perdida	%	Subtotal
Muros planta baja	Tabla 1.2, P1	265,77	341	22%	Muros
Muros planta alta	Tabla 2.1, P3	98,28	51	3%	25%
Ventanas planta baja	Tabla 1.3, P2	137,66	435	28%	Ventanas
Ventanas planta alta	Tabla 2.3, P3	23,4	93	6%	34%
Techos Planta baja		217,96	62	4%	Techos
Techos Planta alta		136,4	42	3%	7%
Losas en contacto con aire exterior	Tabla 1.6, P2	41,36	25	2%	Pisos
Pisos en contacto con el suelo		120,75	135	9%	10%
Ventilación	Tabla 3	1182	390	25%	Ventilación
Total			1574	100%	
Notas					
Volumen calefacionado		m3			% vidrio en muros
Total		1182			30,7%
G. Cociente volumetrico de perdida de calor			1,33		Perdidas en relación con Norma
G Maximo admisible según Norma IRAM 11.604			1,95		-31,7%
Cumplimiento de Norma IRAM 11.604			SI		

Figura 5: Resumen final del balance térmico (óptimo)

En esta sección también se presenta un gráfico comparativo entre la versión inicial presentada por el comitente, la variable analizada y el valor máximo establecido por la Norma IRAM 11604, donde se observa con claridad la diferencia porcentual de pérdidas volumétricas del edificio (Figuras 6,7,8,9).

G: Coeficiente volumetrico de perdidas
0,00 0,50 1,00 1,50 2,00 2,50 3,00

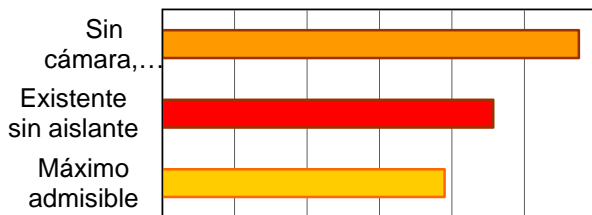


Figura 6: Comparación entre coeficientes G (actual)

G: Coeficiente volumetrico de perdidas
0,00 0,50 1,00 1,50 2,00 2,50 3,00



Figura 7: Comparación entre coeficientes G (mejorado)

G: Coeficiente volumetrico de perdidas
0,00 0,50 1,00 1,50 2,00 2,50 3,00

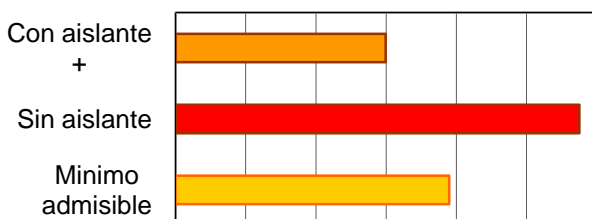


Figura 8: Comparación entre coeficientes G (mejorado +)

G: Coeficiente volumetrico de perdidas
0,00 0,50 1,00 1,50 2,00 2,50 3,00

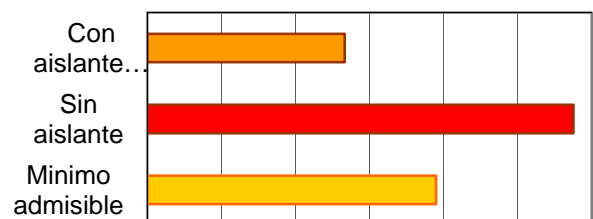


Figura 9: Comparación entre coeficientes G (óptimo)

4.2 PREDIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN SOLAR

Es importante destacar que en esta etapa será necesario interactuar con la etapa de Anteproyecto para verificar la factibilidad de integración arquitectónica. Se realiza el predimensionado de la instalación solar, mediante un programa de cálculo donde se ha programado el método F-Chart (Figura 10). En este software, además de introducir las variables primarias como área de captación, pérdidas en cada paramento, es posible adaptar los valores de absorción y pérdidas correspondientes al colector utilizado, datos que provee cada fabricante. Se puede observar en forma numérica la demanda de calefacción (Wh día) para cada mes, la fracción solar mensual y anual, el porcentaje solar de la demanda de calefacción provisto por la instalación mes por mes y un cálculo de la potencia de la caldera. En forma gráfica se puede ver la demanda de energía y el aporte solar a lo largo del año y los porcentajes anuales de energía solar y auxiliar. Es también esta herramienta la encargada de calcular el tiempo de amortización, pero esta tarea se realizará luego de calcular el valor total de la instalación e ingresando este dato.

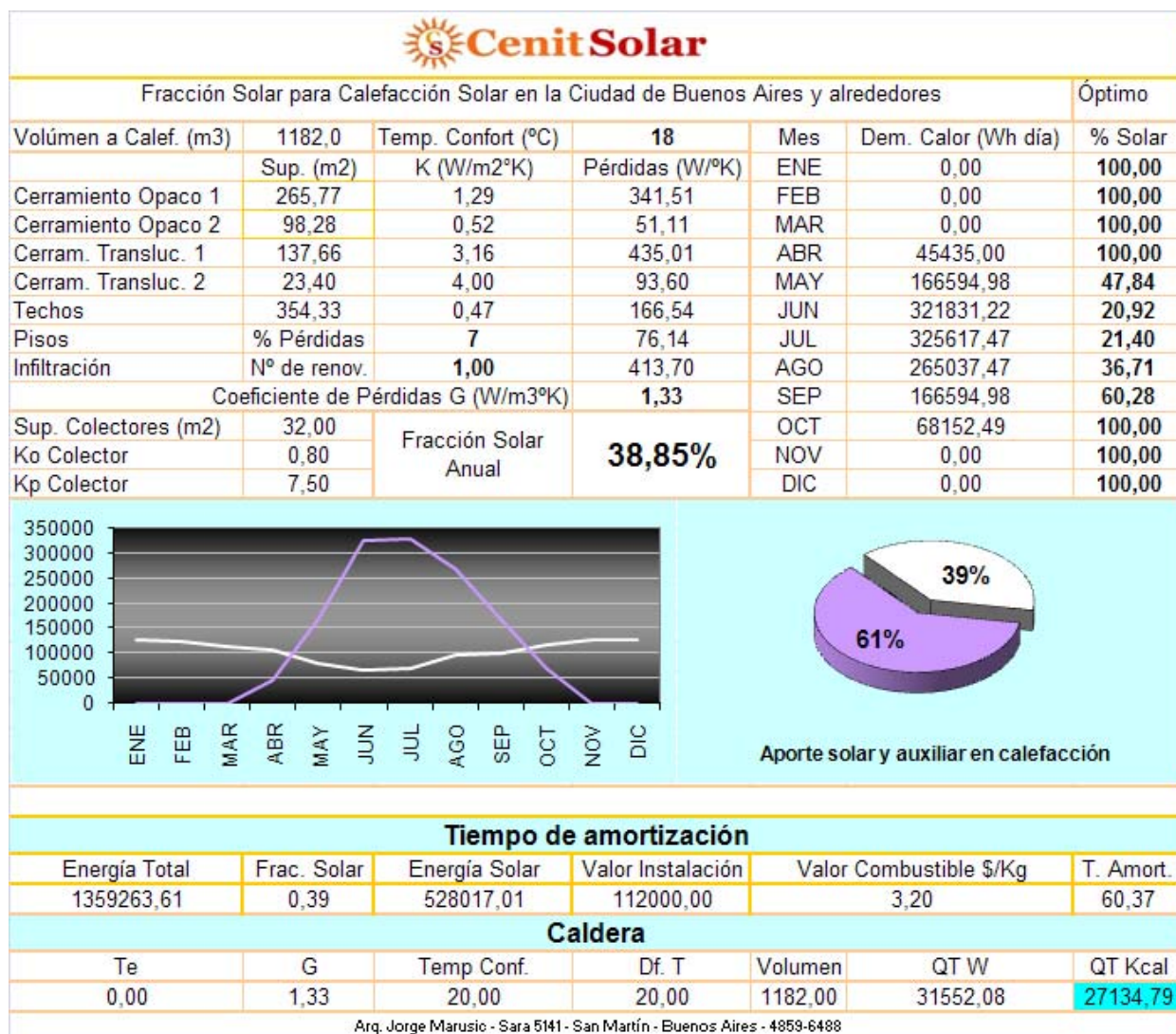


Figura 10: Pantalla final del programa de cálculo con los datos entregados.

4.3 ANTEPROYECTO DE LA INSTALACIÓN

Verificada la factibilidad de integración arquitectónica se procede a realizar el anteproyecto donde se definirán las características y dimensiones de los componentes para posibilitar un correcto funcionamiento de la instalación. Se diagramará primero la ubicación de los componentes y el tendido de cañerías desarrollando un esquema de funcionamiento (Figura 11), para permitir el correcto cálculo de los diámetros de cañerías, las pérdidas de carga del circuito cerrado, el caudal necesario, la bomba recirculadora y el vaso de expansión (José M. Salgado, 2007). También se definirán detalladamente todos los elementos que integran la instalación y los costos por mano de obra para poder establecer el valor final de la instalación solar. Será este último valor el que permita realizar la evaluación económica.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

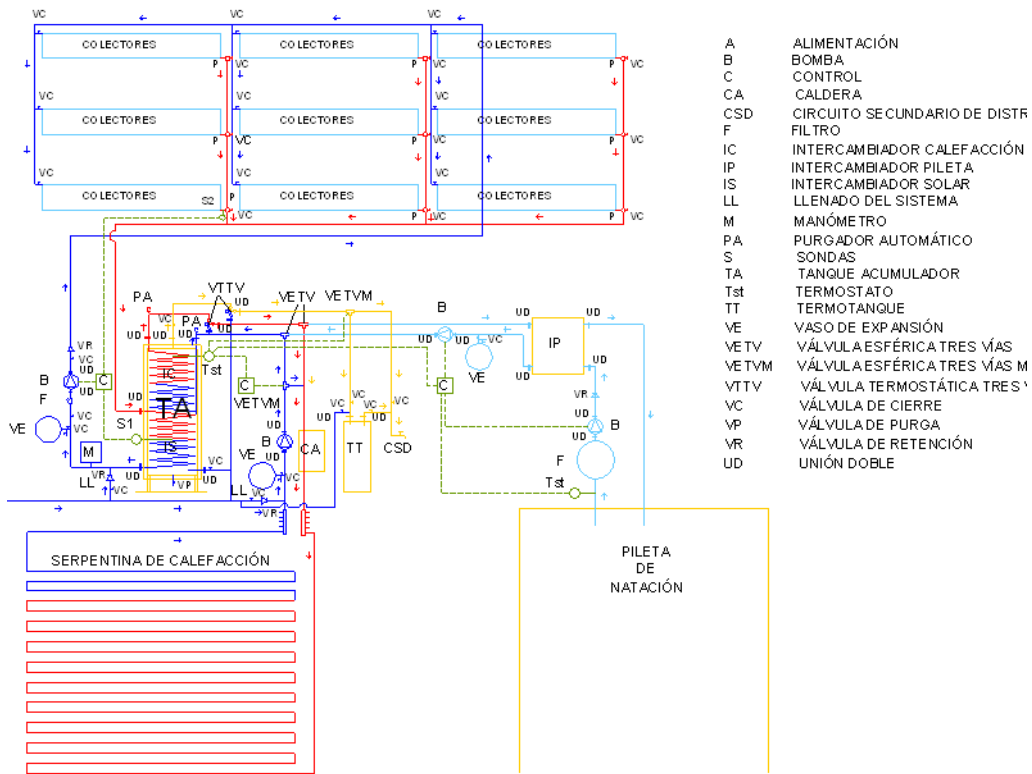


Figura 11: Esquema de funcionamiento

CONCLUSIONES

Con la aplicación del programa de cálculo que realiza el balance térmico, se logra un rápido análisis del comportamiento térmico de edificios, determinando fácilmente los espesores de aislación liviana necesarios en cada elemento constructivo para lograr alcanzar los distintos niveles establecidos en las Normas IRAM 11604 y 11605.

El programa de cálculo que predimensiona la instalación solar para calefacción y determina los porcentajes de la demanda satisfecha por esta, constituye una herramienta indispensable para analizar las numerosas variantes que deben ser analizadas hasta obtener la más apropiada, aportando datos numéricos y gráficos que permiten visualizar el comportamiento de la instalación en cada momento del año.

La Posibilidad de evaluar económicamente la aplicación de instalaciones solares para calefacción constituye una herramienta valiosa y de uso indispensable para inversores y usuarios en general.

Será necesario avanzar en una mayor integración entre los distintos programas de cálculo tendiente a simplificar aun más su aplicación.

REFERENCIAS

- NORMA IRAM 11601 Acondicionamiento Térmico de Edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. 2002
- NORMA IRAM 11604 Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites. 2002
- NORMA IRAM 11605 Acondicionamiento Térmico de Edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica. 2002
- FERNÁNDEZ SALGADO JOSÉ M. Guía Completa de la Energía Solar Térmica (Adaptada al Código Técnico de la Edificación). A. Madrid Vicente, Ediciones. Madrid, 2007.
- QUADRI NESTOR P. Manual de aire acondicionado y calefacción. Librería y Editorial Alsina. Buenos Aires, 1987.