

CÁLCULO DEL AHORRO DE COMBUSTIBLE CON UNA INSTALACIÓN SOLAR DE AGUA CALIENTE

Objetivo del trabajo.

Calcular la cantidad de gas natural que ahorraría en una vivienda unifamiliar situada en una provincia española, durante un año típico, si tuviera instalados en el tejado unos paneles solares para obtener agua caliente. Se tendrá en cuenta la variación mensual tanto de la irradiación solar como de la temperatura exterior para calcular el consumo de gas natural que se necesita para complementar el calentamiento solar del agua.

Presentación del trabajo.

El trabajo se presentará escrito a máquina o impresora de ordenador. Constará al menos de los siguientes apartados:

- Breve introducción (unas 3 páginas) sobre la Energía Solar, especialmente la fotovoltaica.
- Descripción del cálculo que se pretende hacer y del procedimiento empleado.
- Resultados obtenidos
- Discusión y comentario de los resultados

Para cualquier dato que se emplee en el trabajo se deberá citar de donde se obtuvo.

Procedimiento

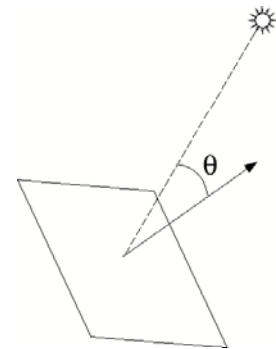
Los datos y expresiones teóricas que se necesiten para resolver el problema se obtendrán fundamentalmente de búsquedas en Internet, de la biblioteca de la Universidad y de consultas con el profesor. Algunas direcciones útiles para iniciar la búsqueda son:

www.ree.es
www.censolar.es
www.psa.es
www.ases.org
www.inm.es
www.foronuclear.org/energia2007-0.jsp
www.estif.org

Red eléctrica española
Centro de Estudios de la Energía Solar
Plataforma Solar de Almería
American Solar Energy Association
Instituto meteorológico.
estadísticas energéticas
European Solar Thermal Industry

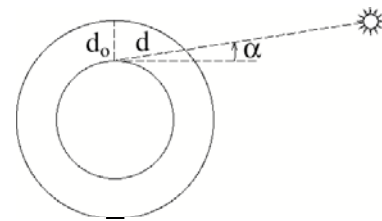
Guía del cálculo

Una panel solar de superficie S , que recibe un flujo de radiación directa procedente del Sol ϕ en W/m^2 , transfiere al agua una energía por unidad de tiempo dada por: $P_{\text{term}} = \eta S \phi \cos(\theta)$, donde η es la eficiencia del sistema y θ es el ángulo formado por los rayos solares y la dirección perpendicular a la superficie del panel. A lo largo de cada día, y a lo largo del año, tanto la dirección de los rayos solares como la intensidad del flujo de radiación ϕ van cambiando.



El flujo que llega a la superficie de la tierra va variando debido principalmente a que los rayos tienen que atravesar la atmósfera, donde la radiación emitida por el sol es absorbida parcialmente por la atmósfera, por lo cual si los rayos de luz deben atravesar una distancia 'd' a lo largo de la atmósfera, la radiación se atenuará y el flujo que llega a la superficie de la Tierra puede calcularse aproximadamente con la expresión:

$$\phi = \phi_T \exp\left(-\frac{d}{4.3292 d_0}\right)$$



donde ϕ_0 es la constante solar igual a $1257 \text{ W}/\text{m}^2$ y d_0 es el espesor de la atmósfera, cuya relación con el radio terrestre es $d_0 = 0.0029 R_T$.

La distancia 'd' dependerá del ángulo α que forma el sol con el horizonte, o altitud solar. A lo largo del día esta altitud va variando desde la salida hasta la puesta del sol, pasando por un valor máximo a mediodía. Este valor máximo puede obtenerse a partir de la expresión: $\sin(\alpha) = \cos(\lambda - \delta)$ donde λ es la latitud del lugar y δ es la declinación solar. La declinación, o inclinación de los rayos solares en el ecuador, se puede calcular aproximadamente para cada mes como: $\delta(\text{en grados}) = 23,45^\circ \times \sin(30^\circ(m + 9))$ siendo 'm' el número de mes dentro del año.

Una vez calculado el flujo de energía solar máximo en cada mes, correspondiente a la altitud solar máxima, en la práctica podemos considerar un flujo promedio igual a $2/3$ del valor máximo y calcular la energía total captada en un mes como:

$E_{\text{term}} = \eta S \frac{2}{3} \phi(\alpha_{\text{max}}) t_{\text{sol}} \cos \theta$ siendo t_{sol} el número de horas de sol reales que ha tenido ese mes, información que puede obtenerse del Instituto Meteorológico.

En este trabajo consideraremos un panel de superficie $S = 10 \text{ m}^2$ colocado en el tejado que está inclinado 45° con respecto a la horizontal. Entonces el ángulo con el que inciden los rayos solares en la altitud máxima del sol será: $\theta = \alpha_{\text{max}} - 45^\circ$. Como eficiencia de la instalación supondremos $\eta = 80\%$.

Una vez estimada la energía captada cada mes, pasemos a calcular el consumo de calor que necesita la vivienda para generar agua caliente. Supondremos que la vivienda está habitada por 4 personas y que cada persona consume 40 litros diarios de agua a 45°C .

Entonces cada mes se consumirá una masa de agua $m = 4 \times 40 \times N_{\text{días}}$ kg . Si la temperatura media del mes es T_m (dato que puede obtenerse del Instituto Meteorológico) el calor que necesitará será $Q = mc_{\text{agua}}(45^\circ\text{C} - T_m)$, siendo $c_{\text{agua}} = 4,18 \text{ kJ/kg}$ el calor específico del agua.

Ahora es trivial calcular cuanto gas natural necesitamos quemar para completar la diferencia si la hay, entre este calor que se necesita y el captado por el panel solar. Para ello tendremos en cuenta que cada kg de Gas Natural genera un calor de 54 MJ al quemarse, y supondremos una eficiencia de la caldera del 70%.

Calcularemos así cada mes los kg de Gas Natural que necesitaremos consumir y los que hubieramos necesitado de no existir el panel solar. Asimismo comparando ambas cifras podemos calcular el ahorro en la factura del gas, con un precio de 0,60€ el kg de gas, y la cantidad de CO_2 que se deja de emitir a la atmósfera. (quemar 1 kg de gas natural genera unos 2,75 kg de CO_2). Por último calcularemos los valores totales anuales de todas estas cantidades.