

## **REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE GAS EN UN PROCESO INDUSTRIAL MEDIANTE MEJORAS EN EL AISLAMIENTO TÉRMICO DE LOS COMPONENTES Y EL APOORTE DE ENERGÍA SOLAR.**

**Natalio Milardovich <sup>1</sup>, Miguel Ángel Lara <sup>2</sup>**

Facultad de Cs. Exactas, Ing. y Agrimensura. Maestría en Energías para el Desarrollo Sostenible (UNR)  
Av. Pellegrini 250 – Rosario. Tel.: (0341) 4495467 int 33.; [nmilardovich@gmail.com](mailto:nmilardovich@gmail.com) [malara@fceia.unr.edu.ar](mailto:malara@fceia.unr.edu.ar)

**RESUMEN:** El presente trabajo tiene por finalidad mostrar los beneficios de la aplicación de aislamientos térmicos y colectores solares en un proceso industrial, con el objetivo de minimizar el uso de gas natural y su correspondiente impacto ambiental. El proceso industrial (pasivado) consiste en inmersión de piezas destinadas a pintura, en un recipiente (cuba) con agua y productos químicos a 62 C durante aproximadamente un minuto. A través de mediciones y cálculos se determina la demanda energética y la composición de pérdidas en las condiciones actuales. Se demuestra que aplicando aislamiento térmico se puede disminuir el consumo de gas natural el 66%, a un costo insignificante con relación al ahorro generado. El aporte de energía solar permite un ahorro adicional de aproximadamente un 9%, con un plazo de amortización de aproximadamente 13 años, por lo que su aplicación resulta razonable. Estas mejoras reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> en 54 toneladas/año.

**Palabras clave:** aislamientos térmicos, colectores solares, aplicación industrial.

### **INTRODUCCIÓN**

En las industrias se trabaja habitualmente con procesos en los que se quema combustible fósil para generar calor, los gases resultantes de la combustión contienen CO<sub>2</sub> y otros compuestos que impactan negativamente en nuestro ambiente por ejemplo, contribuyendo a incrementar el efecto invernadero, el cual es un problema gravísimo, no solo para la actual generación sino también para las futuras. Lograr una mayor eficiencia en el uso de estos combustibles y tratar de sustituir los mismos, o al menos una parte de ellos por energía proveniente de fuentes renovables como por ejemplo la solar, debería ser una meta prioritaria no solo desde un punto de vista económico, sino simplemente desde el sentido común.

El presente estudio está destinado a disminuir el consumo de combustible fósil en una empresa agroindustrial del sur de Santa Fe. El proceso específico que se estudia se denomina “pasivado” y consiste en la inmersión de piezas metálicas destinadas a pintura, durante aproximadamente un minuto, dentro de recipientes denominados “cubas” que contienen agua y productos químicos que se mantienen a 62 C a través del aporte de calor proveniente de un quemador de gas.

En la primera parte de este trabajo y a partir de los datos de la cuba, quemador, mediciones y cálculos se obtiene el valor actual (sin mejoras) de la energía que aporta el quemador considerando potencia y tiempo de marcha. Por otro lado, se evalúan las pérdidas de calor. Las pérdidas por radiación, conducción y convección se determinan como conjunto, considerando las pérdidas estándar en tanques metálicos en función de la diferencia de temperatura con el ambiente, mientras que las pérdidas por evaporación se determinan midiendo el volumen evaporado. Luego se elabora una propuesta de mejoras que consideran la aplicación de aislamiento térmico permanente sobre los laterales y piso de la cuba, calculando la correspondiente reducción de pérdidas. Para el caso de las pérdidas por evaporación, se plantea el uso de una cubierta móvil que mantenga cerrada la cuba durante el período de tiempo en que la misma no se encuentre en actividad y se determinan los nuevos valores con la cubierta instalada.

A continuación, partiendo de la mejora lograda en la eficiencia, se determina el consumo de gas en el mes en el que se hicieron los estudios (Agosto) y se proyectan a lo largo del año a partir de los datos brindados por las facturas de la compañía distribuidora de gas.

También se determina el número adecuado de colectores solares que contribuyen a reducir aún más las necesidades de aporte de gas natural y permiten disminuir fuertemente el impacto ambiental de esta actividad industrial.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Electricista. Alumno de la Maestría en Energías para el Desarrollo Sostenible (FCEIA-UNR).

<sup>2</sup> Investigador del CONICET. Docente de la Maestría en Energías para el Desarrollo Sostenible (FCEIA-IFIR-UNR).

## DATOS FÍSICOS DEL ELEMENTO ESTUDIADO

En este primer paso se determinan las medidas físicas de la cuba a los efectos de obtener distintos parámetros relacionados con la energía perdida en forma de calor.

| Datos de la Cuba  |              | Largo | Ancho | Altura Total | Altura Útil |
|---|--------------|-------|-------|--------------|-------------|
| Medidas Interiores <i>m</i>   |              | 7,52  | 1,5   | 2,12         | 1,9         |
| Peso Total de Acero <i>kg</i>   | 3861,48      |       |       |              |             |
| Peso Total de Agua y Agregados <i>kg</i>                                | 21420,60     |       |       |              |             |
| Área de Intercambio Térmico por Superficie Líquida <i>m<sup>2</sup></i> | 11,27        |       |       |              |             |
| Área Total de Intercambio Térmico <i>m<sup>2</sup></i>                  | <b>60,76</b> |       |       |              |             |

Tabla 1 - Datos Físicos de la Cuba.

En base a las dimensiones se determinaron las áreas a través de las cuales se generan pérdidas por radiación, conducción, convección y evaporación. Las pérdidas por calor extraído, debidas a piezas que entran y salen de la cuba (aproximadamente dos veces por hora) son despreciables como consecuencia de la gran diferencia de masa entre éstas (150 *kg*) y la cuba.

## DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

Para determinar este valor se procedió a instalar un contador horario que se activa en el momento en que se pone en marcha el quemador de gas, el mismo mide las horas de marcha durante el tiempo total de ensayo (139,9 *h*). Se observa cuántas horas funcionó el quemador y a partir de este dato se establece su factor de servicio. Luego, conociendo la potencia del quemador, se determina la potencia real aportada por el mismo. En la siguiente tabla se muestran los resultados de este ensayo.

|   |              |
|---|--------------|
| Horas de Ensayo   | 139,9        |
| Horas de Marcha de Quemador                             | 107,5        |
| Factor de Servicio "Fs" (horas Marcha / horas Ensayo)   | 0,7692       |
| Potencia de Quemadores "Pq" <i>kw</i>                   | 348,3        |
| Potencia Entregada a Cubas (Pq x Fs) <i>kw</i>          | <b>267,9</b> |
| Temperatura de Cuba <i>C</i>                            | 62           |
| Temperatura Ambiente Media <i>C</i>                     | 18,4         |
| Diferencia de Temperatura Cuba-Ambiente "Δtca" <i>C</i> | <b>43,6</b>  |

Tabla 2 - Demanda Energética.

## DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS (Sin Mejoras)

Estos valores se determinan de la forma en que se indica en la última columna de la siguiente tabla.

| Cálculo | Potencia de Pérdidas sin mejoras                                       | Pérdidas <i>kW</i> | Forma de Determinación   |
|---------|--|--------------------|--|
| 01      | Radiación + Conducción + Convección<br>( <i>Rad. + Cond. + Conv.</i> ) | 35,2               | Pérdidas de Calor para Tanques de Acero sin Aislamiento. ( <a href="http://www.conae.gob.mx">www.conae.gob.mx</a> , 2007), para "Δtca" = 43,6 <i>C</i><br>$579 \text{ w/m}^2 \times 60,76 \text{ m}^2 = 35,2 \text{ kW}$ |
| 02      | Evaporación ( <i>Evap.</i> )   | 22,12              | Por mediciones y cálculos, mencionados más abajo.  |
| 03      | <i>Rad. + Cond. + Conv. + Evap.</i>                                    | 57,32              | Suma de valores obtenidos en cálculos N° 1 y 2   |
| 04      | Chimenea   | 210,6              | Potencia aportada s/ Tabla N° 2 menos valores indicados en cálculo N° 3 de la presente.  |

Tabla 3 – Pérdidas en la Cuba (sin mejoras, con temperatura ambiente media de 18,4 *C*)

Las pérdidas por evaporación se obtienen midiendo el cambio en el nivel de líquido de la cuba (sin movimiento de piezas), en un período de tiempo determinado, siendo el mismo 23,59 *mm* cada 8 *h*, conociendo este valor y el área de la superficie líquida (11,27 *m<sup>2</sup>*) se establece que la evaporación es 0,03323 *m<sup>3</sup>/h*. Considerando la densidad del líquido (1018 *Kg/m<sup>3</sup>*) y su calor latente de vaporización (2354 *kJ/Kg*), se determina una pérdida por evaporación de 22,12 *kW*.

## PROPUESTAS DE MEJORAS EN EL AISLAMIENTO

Aislación propuesta: Poliestireno expandido - Temperatura de Servicio Máx. 90 *C* ([www.cubiertec](http://www.cubiertec), 2012).

Conductividad Térmica  $k_{ais}$ : 0,00004  $kw/m.C$  (Incropera y DeWitt D, 1999).  
 Espesor  $L_{ais}$ : 0,015  $m$ . Considerando el área de intercambio térmico de la *Tabla 1* ( $A=60,76 m^2$ ).

$$L_{ais} / (k_{ais}.S) = R_{ais} \quad (1)$$

La resistencia térmica del aislamiento  $R_{ais} = 6,17 C/kW$  para el área total con tapa y  $7,58 C/kW$  para el área de acero.

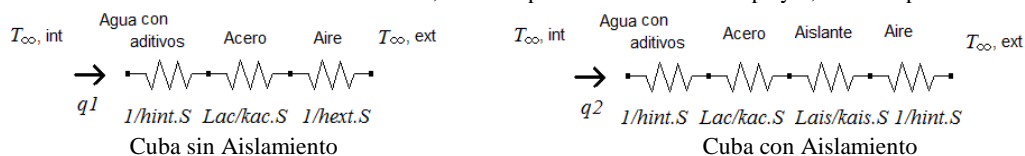


Diagrama 1 - Esquema similar eléctrico sin aislamiento y con aislamiento

$$R_{t1} = 1/h_{int}.S + Lac/kac.S + 1/h_{ext}.S = \frac{T_{\infty,int} - T_{\infty,ext}}{q1} = \frac{\Delta t}{q1} \quad (2)$$

$$q2 = \frac{\Delta t}{R_{t1} + L_{ais} / k_{ais}.S} \quad (3)$$

Adoptando como criterio aproximado de cálculo, que el valor medio de la suma de las pérdidas por radiación, conducción y convección son idénticas en cualquier punto de la cuba y que la temp. amb. media anual es de  $18 C$  (eosweb.larc.nasa, 2011) se obtiene:  $R_{t1} = (62-18)/35,2 = 1,25 C/kW$ . Entonces, las pérdidas totales con aislamiento y tapa permanente serán:  $q2(tot. ais) = (62-18)/(1,25+6,17) = 5,93 kW$ , mientras que para el área metálica aislada  $q2(acero ais) = (62-18)/(1,25+7,58) = 4,97 kW$  y para la superficie sin tapa  $q2(sup sin ais) = 35,2 kW * (11,27 m^2/60,76 m^2) = 6,53 kW$ . Por lo tanto considerando un uso de  $8,015 h$  por día (promedio mensual), las pérdidas medias diarias serán:  $(4,97+6,53)*8,015/24 + 5,93*(24-8,015)/24 = 7,8 kW$ . Además, al instalarse la tapa la velocidad de evaporación se reduce a  $6,61 mm$  cada  $8 h$ , esto corresponde a una pérdida de  $6,19 kW$  (el procedimiento de cálculo es el mismo que el aplicado anteriormente), luego las pérdidas medias diarias por evaporación serán:  $(22,12)*8,015/24 + 6,19*(24-8,015)/24 = 11,5 kW$ . Se debe aclarar que la cuba no se detiene por feriados o descansos.

#### DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS (Con aislante propuesto).

Estos valores se determinan para cada situación particular según lo que se indica en la última columna de la siguiente tabla. Los valores fueron determinados para el mes de agosto.

| Cálculo | Potencia de Pérdidas con aislamientos                              | Pérdidas $kW$ | Forma de Determinación   |
|---------|--|---------------|--|
| 01      | Radiación + Conducción + Convección<br>( <i>Rad.+Cond.+Conv.</i> ) | 7,8           | Aplicando a los cálculos anteriores.   |
| 02      | Evaporación ( <i>Evap.</i> )                                       | 11,5          | Aplicando a los cálculos anteriores.   |
| 03      | <i>Rad.+Cond.+Conv. + Evap.</i>                                    | 19,3          | Suma de valores renglón 1 y 2.   |
| 04      | Chimenea   | 210,6         | Potencia aportada s/ Tabla N° 2 menos valores indicados en renglón 3 de la presente. |

Tabla 4 - Pérdidas en las Cubas (con mejoras en el aislamiento con Temp. ambiente media de  $18,4 C$ )

#### REDUCCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA POR APLICACIÓN DEL AISLANTE PROPUESTO

Estos valores se determinan en la siguiente tabla, para el mes de agosto, cruzando los datos de potencia que brindan las tablas N° 3 y 4 (renglón 3) con los datos de consumo mensual que se obtienen de la factura de la compañía distribuidora.

| Mes   | Enero | Feb.  | Marzo | Abril | Mayo  | Junio  | Julio  | Agosto | Sept. | Oct.  | Nov.  | Dic   |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Días  | 31    | 28    | 31    | 30    | 31    | 30     | 31     | 31     | 30    | 31    | 30    | 31    |
| Sin Aislam.   | 16884 | 34772 | 41482 | 47690 | 96433 | 146513 | 154555 | 153527 | 88700 | 58208 | 42699 | 43960 |
| Con Aislam.   | 5672  | 11709 | 13968 | 16058 | 32471 | 49334  | 52042  | 51696  | 29868 | 19600 | 14378 | 14803 |
| <b>Reducción de consumo con aislamiento al 34% (Ahorro del 66%)</b> |       |       |       |       |       |        |        |        |       |       |       |       |

Tabla 5 - Demanda Mensual de Energía de la Cuba en  $MJ/mes$  (Sin Aislamiento y Con Aislamiento)

Para el resto de los meses se supone que el porcentaje de reducción de la demanda por aislamiento térmico se mantiene.

#### APROVECHAMIENTO DEL RECURSO SOLAR

Considerando que el uso de la cuba es durante aproximadamente ocho horas diarias, que coincidirán con las horas de máxima radiación solar, se propone hacer uso de este recurso a través de la instalación de colectores solares. Por lo tanto, se trabajará con un depósito de almacenamiento de tamaño medio. Se estima conveniente la instalación del mismo teniendo en cuenta que se puede acumular parte de la energía térmica brindada por el sol durante los fines de semana o días feriados. Así como también mantener una temperatura de suministro más estable.

Dada la temperatura de trabajo (62 C), se decide emplear colectores de tubos al vacío considerando que los mismos tienen una buena eficiencia a temperaturas de trabajo altas ([www.foindesa](http://www.foindesa.com), 2008), además se debe utilizar un intercambiador de calor, considerando que el fluido utilizado en las cubas podría originar daños a los colectores. Por lo tanto, se decide emplear colectores de tubos al vacío, a pesar de que su precio es bastante superior a los otros modelos (3600 a 4300 \$/m<sup>2</sup>) ([www.foindesa](http://www.foindesa.com), 2008) y ([www.mesasolar](http://www.mesasolar.com), 2011).

También como consecuencia de la alta temperatura que puede alcanzar el colector y a los efectos de impedir la ebullición del agua (comúnmente utilizada en los colectores) se prefiere el uso de un compuesto caloportador más adecuado a estos casos.

Se debe considerar, que terminado el período de trabajo las cubas, se cubrirán con una tapa de manera de lograr a través de ésta, una aislación térmica que minimice las pérdidas por evaporación y disminuya aún más el resto de las pérdidas. De las medidas realizadas, se determina que cubriendo la cuba en los momentos en que las mismas no están en actividad, se reducen las pérdidas por evaporación en aproximadamente un 72%.

A continuación se indica en forma esquemática la nueva instalación propuesta para el aprovechamiento de la energía solar.

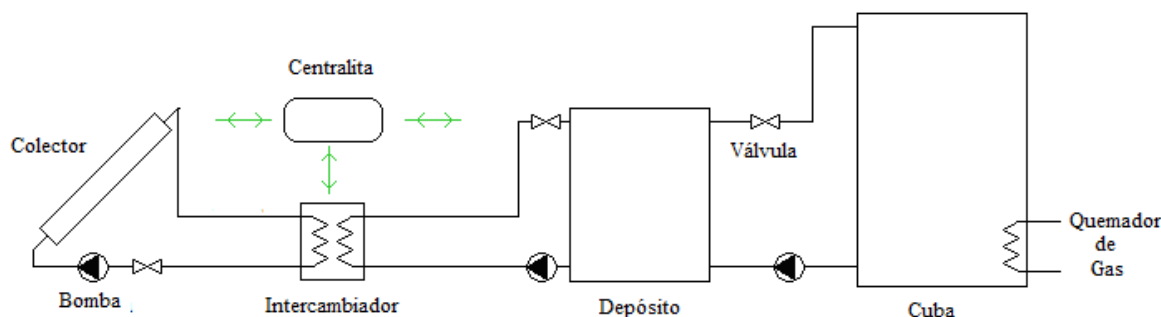


Diagrama 2 - Esquema con los Componentes Básicos

## DATOS DEL RECURSO SOLAR

En la siguiente tabla se indican los valores de radiación solar y temperatura para la posición en la que se ubica el presente proyecto (Sur de la provincia de Santa Fe, latitud 33,5°).

| Descripción   | Jan  | Feb  | Mar  | Apr  | May  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Oct  | Nov  | Dec  | Med. Anual |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|
| Rad. Inclinac. -33°<br>kWh/m <sup>2</sup> /day        | 6,77 | 6,76 | 6,43 | 5,79 | 4,59 | 4,4  | 4,94 | 5,41 | 6,43 | 6,52 | 6,89 | 6,82 | 5,97       |
| Rad. Inclinac. -48°<br>kWh/m <sup>2</sup> /day        | 5,85 | 6,11 | 6,18 | 5,9  | 4,87 | 4,77 | 5,33 | 5,61 | 6,33 | 6,03 | 6,01 | 5,81 | 5,73       |
| Rad. Inclinac. -43,5° "R1"<br>kWh/m <sup>2</sup> /day | 6,13 | 6,31 | 6,26 | 5,87 | 4,79 | 4,66 | 5,21 | 5,55 | 6,36 | 6,18 | 6,27 | 6,11 | 5,802      |
| Temp. Media C   | 25,1 | 23,7 | 21,7 | 17,5 | 14,0 | 10,9 | 9,98 | 12,7 | 15,4 | 19,1 | 21,5 | 24,1 | 17,97      |
| Horas de sol hs                                       | 14   | 13,2 | 12,3 | 11,2 | 10,4 | 9,96 | 10,1 | 10,9 | 11,8 | 12,8 | 13,8 | 14,3 |            |
| Días / mes "N"  | 31   | 28   | 31   | 30   | 31   | 30   | 31   | 31   | 30   | 31   | 30   | 31   |            |
| Rad. Inclinac. -43,5°<br>MJ/(m <sup>2</sup> mes)      | 684  | 636  | 698  | 634  | 534  | 503  | 582  | 619  | 687  | 689  | 678  | 682  |            |

Tabla 6 - Datos de Recurso Solar y Temperatura ([eosweb.larc.nasa](http://eosweb.larc.nasa.gov), 2011).

## DETERMINACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA CUBA CON AISLAMIENTO

El colector elegido es de tubos al vacío, marca Vitosol 200 T de 2 [m<sup>2</sup>], mientras que el fluido caloportador será propilenglicol Dowcal 20. La determinación de los parámetros para la realización del cálculo está basada en las indicaciones del método F-Chart.

| Parámetro                     | Valor   | Observaciones   |
|-------------------------------|---------|---|
| $Fr * UL [W / C.m2]$          | 2,00    | Colec. pendiente (proyectoede, 2011) (upcomillas, 2011) (www.inti, 2011)  |
| $Cp [J / Kg.C]$               | 3711    | Calor esp. del fluido colec. (msdssearch.dow, 2011)   |
| $C [Lt/(min.m2)]$             | 1       | Caudal del fluido por unidad de área de colectores  |
| $G [Kg / s.m2]$               | 0,017   | Flujo de masa / área de colec. ( $C \cdot \delta [kg/Lt] / 60 [s/min]$ )  |
| $\delta [Kg/m3]$              | 1010    | Densidad del fluido caloportador (msdssearch.dow, 2011)   |
| $\epsilon$                    | 0,8     | Eficiencia del intercambiador (Gengel, 2007)  |
| $F'r/Fr$                      | 0,91    | >0,9 Depende de las características de intercambiador   |
| $K1$                          | 1,00    | = 1, para sistemas que trabajan con líquidos  |
| $K2$                          | 1,00    | $K2 = (V / 0,75)^{-0,25}$ (4)<br>Corrección por almacenamiento a 75 [lt/m2],  |
| $K3$                          | 1,00    | =1 Aumento de temp. en masa de agua   |
| $K4$                          | 1,02    | $K4 = 0,39 + 0,65 xe^{(-0,139 x UxAe / \epsilon Cmin)}$ (5)<br>K4 depende del tipo de intercambiador (González Velasco, 2009) |
| $Fr.(\tau\alpha)$             | 0,82    | Ordenada al origen s/ curva del colector (proyectoede, 2011)  |
| $(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$ | 0,94    | Modif. del áng. de incid. p/ tubos de vacío (proyectoede, 2011)   |
| $T cuba [C]$                  | 62      | Temperatura de la Cuba (dato de funcionamiento)   |
| $Acuba [m2]$                  | 60,76   | Área total de pérdida de la cuba  |
| $Cmín. [W/C]$                 | 1124    | Cap. caloríf. (Gengel, 2007) se adopta $Cmáx/Cmín.=1$   |
| Potencia Cuba [W]             | 9880,76 | Potencia de pérdida media anual de la cuba  |

Tabla 7 – Parámetros según método F-Chart.

Con los datos anteriores y siguiendo el método F-Chart se determina la máxima fracción solar, tratando de no superar el 100% en ningún mes. Los valores X/A e Y/A se obtienen de las ecuaciones indicadas en el método.

$$X / A = (Fr * UL) * (F'r / Fr) * (100 - Ta) * \Delta t * K4 / L \quad (6)$$

$$Y / A = (Fr * (\tau\alpha)) * (F'r / Fr) * (\tau\alpha / \tau\alpha_n) * HT * K1 * K2 * K3 / L \quad (7)$$

| Mes    | Demanda "L" (tabla 5) MJ/mes | Radiación "HT"43,5° MJ/(m2mes) | Temperatura Ambiente Ta + 3 C | Dt s/mes | K3   | X/A                  | Y/A    | Superficie de Colectores m2 |      |             |
|--------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------|------|----------------------|--------|-----------------------------|------|-------------|
|        |                              |                                |                               |          |      |                      |        | 14                          | 16   | 18          |
| Enero  | 5672                         | 684                            | 28,10                         | 2678400  | 1,00 | 0,0627               | 0,0842 | 0,85                        | 0,93 | 1,00        |
| Feb.   | 11709                        | 636                            | 26,70                         | 2419200  | 1,00 | 0,0279               | 0,0379 | 0,46                        | 0,51 | 0,56        |
| Marzo  | 13968                        | 698                            | 24,70                         | 2678400  | 1,00 | 0,0266               | 0,0349 | 0,42                        | 0,47 | 0,52        |
| Abril  | 16058                        | 634                            | 20,50                         | 2592000  | 1,00 | 0,0237               | 0,0276 | 0,34                        | 0,38 | 0,43        |
| Mayo   | 32471                        | 534                            | 17,00                         | 2678400  | 1,00 | 0,0126               | 0,0115 | 0,15                        | 0,17 | 0,19        |
| Junio  | 49334                        | 503                            | 13,90                         | 2592000  | 1,00 | 0,0083               | 0,0071 | 0,09                        | 0,11 | 0,12        |
| Julio  | 52042                        | 582                            | 12,98                         | 2678400  | 1,00 | 0,0083               | 0,0078 | 0,10                        | 0,12 | 0,13        |
| Agosto | 51696                        | 619                            | 15,70                         | 2678400  | 1,00 | 0,0081               | 0,0084 | 0,11                        | 0,13 | 0,14        |
| Sept.  | 29868                        | 687                            | 18,40                         | 2592000  | 1,00 | 0,0131               | 0,0161 | 0,21                        | 0,24 | 0,26        |
| Oct.   | 19600                        | 689                            | 22,10                         | 2678400  | 1,00 | 0,0196               | 0,0246 | 0,31                        | 0,35 | 0,39        |
| Nov.   | 14378                        | 678                            | 24,50                         | 2592000  | 1,00 | 0,0251               | 0,0329 | 0,40                        | 0,45 | 0,50        |
| Dic.   | 14803                        | 682                            | 27,10                         | 2678400  | 1,00 | 0,0243               | 0,0322 | 0,39                        | 0,44 | 0,49        |
| Total  | 311600                       | 7625                           |                               | 3153600  |      | Fracción Solar Anual |        | 0,21                        | 0,24 | <b>0,26</b> |

Tabla 8 – Determinación de superficie de colector y fracción solar por método F-Chart.

Dado que en el mes de enero la demanda es muy reducida comparada con el resto de los meses del año, el valor medio de la fracción solar a la que se puede aspirar es bastante baja (26 %).

Por lo tanto se observa que la superficie necesaria de colectores solares es de 18 m2.

## MATERIALES NECESARIOS PARA EJECUTAR LAS MEJORAS

A continuación, en base a los cálculos realizados previamente, se procederá a determinar los materiales necesarios para la instalación de los 18 m2 de colectores y la correspondiente aislación térmica.

| Descripción  | Costo en Pesos |
|--|----------------|
| 49,5 m <sup>2</sup> Aislamiento de Cuba y Tapa Superior Móvil                      | 12220,00       |
| 9 Colector de Tubos al Vacío Vitosol 200 T 2 m <sup>2</sup>                        | 54990,00       |
| 3 Bombas, 47 m Caños de cobre 5/8" aislados y 2 Válvula Motorizada de dos Vías con | 6293,30        |
| 1 Depósito 1500 Lt y 1 Intercambiador de Calor de placas 15 kW                     | 7405,32        |
| 1 Centralita de Visualización y Regulación Deltasol E                              | 2987,79        |
| 50 kg Líquido caloportador Propilenglicol  | 2028,52        |
| 9 Estructuras de perfil de aluminio para colector solar con ángulo ajustable       | 4399,20        |
| 1 Tablero eléctrico de comando, control y protección                               | 1124,24        |
| Vaso expansión, Materiales menores y acc. de montaje de componentes anteriores     | 2566,20        |
| Gastos de Transporte y Seguro  | 1918,54        |
| Mano de Obra y Conducc. Técnica  | 12635,48       |
| Costo Totales sin IVA: Aislamiento \$12220 - Collectores Solares \$96348,59        |                |

Tabla 9 - Cómputo y Presupuesto de Aislamiento y Collectores Solares.

## EVALUACIÓN ECONÓMICA Y AMBIENTAL

Considerando los datos indicados en la tabla 5 y suponiendo un suministro a 9300 kcal/m<sup>3</sup> el volumen necesario de gas anual sin mejoras es de 111277 m<sup>3</sup>. Si se adopta un costo de 1,014 \$/m<sup>3</sup> el costo de funcionamiento sin mejoras es de **112863,80 \$/año**. Pero aplicando las mejoras de aislamiento el costo se reduce a 112863,80x0,34 = 38373,69 \$/año, lo que demuestra un ahorro importante en el costo de explotación.

Para la presente aplicación, se eligió como aislamiento el poliestireno expandido, dado que es un muy buen aislante térmico, de bajo costo, con características medioambientales aceptables y que se adapta a las condiciones particulares de temperatura, humedad y otros factores que presenta esta aplicación ([www.thewall.com](http://www.thewall.com), 2012). Al instalar el material aislante, se cuidará especialmente de no aplicar el mismo en la zona próxima al quemador de gas, donde las temperaturas son superiores a los 67 C. De las mediciones realizadas, se establece que la zona que presenta temperaturas superiores a 67 C ocupa una pequeña área, la cual es menor al 0,5% del área total de la cuba por lo que su influencia en la pérdida de calor es relativamente pequeña.

El costo de reemplazo del aislamiento no se considera en el presente trabajo, considerando la larga vida útil del aislante propuesto (chm.pops, 2012) y siendo la misma superior a la vida útil de la propia cuba.

Con aporte de energía solar se logra reducir el costo de explotación 38373,69x0,26= 9977,16 \$/año. Considerando que el costo de su aplicación es de \$96358,49 y que la empresa puede acceder a tasas de interés muy bajas, se puede estimar a través de consideraciones económicas (VAN/TIR) que el período de amortización es de aproximadamente 13 años por lo que desde este punto de vista podría ser razonable su aplicación.

A continuación se muestra una tabla comparativa de las inversiones propuestas y una evaluación de su implementación, considerando exclusivamente los aspectos desarrollados anteriormente.

| Tipo Mejora         | Costo de Inversión<br>Pesos | Plazo de Amortización<br>años | Implementación<br>(En base al presente trabajo) |
|---------------------|-----------------------------|-------------------------------|---|
| Aislamiento         | 12220,00                    | < 1                           | Conveniente                                     |
| Collectores Solares | 96348,59                    | 13                            | Razonable                                       |

Tabla 10 – Cuadro resumen de mejoras

En la siguiente tabla se puede observar la reducción en la emisión de CO<sub>2</sub> que se obtiene con las mejoras propuestas. Las mismas están basadas en un Factor de emisión para el gas natural de 1,95 KgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> ([www.ecodes.com](http://www.ecodes.com), 2007)

|   |
|---|
| Reducción de la emisión: 27997,29 m <sup>3</sup> /año |
| Reducción de la emisión: 54,59 Toneladas/año          |

Tabla 11 – Reducción en la Emisión de CO<sub>2</sub>

## CONCLUSIONES

Considerando los resultados del estudio anterior, se observa que es conveniente la implementación de la aislación térmica, en el proceso industrial estudiado, dado que su costo es mínimo comparado con el beneficio económico generado.

También, y siempre en base a las consideraciones anteriores, resulta aconsejable la utilización de colectores solares, dado que si bien demandan una inversión importante es posible su amortización en un plazo razonable.

Desde el punto de vista ambiental, también se verifica una importante reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, lo cual muestra un aspecto positivo de las mejoras propuestas.

El presente trabajo muestra a través de un enfoque técnico, que es posible reducir el consumo de combustibles fósiles, en algunos procesos industriales, obteniendo un beneficio económico y mejorando el cuidado del medio ambiente, sin embargo se debería ampliar el estudio realizado, aplicando métodos como el análisis del ciclo de vida, que permitan determinar en forma objetiva, cuales serían los materiales más convenientes a utilizar, tanto desde un punto de vista energético como ambiental.

## REFERENCIAS

[eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid](http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid)

Gengel Y., Transferencia de Calor y Masa, Mc Graw Hill 2007.

González Velasco J., Energías Renovables, Reverté 2009.

Incropera F. DeWitt D., Fundamentos de Transferencia de Calor, Pearson Prentice Hall 1999.

[msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh\\_0034/0901b80380034dbb.pdf?filepath=/heattrans/pdfs/noreg/176-01509.pdf&fromPage=GetDoc](http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_0034/0901b80380034dbb.pdf?filepath=/heattrans/pdfs/noreg/176-01509.pdf&fromPage=GetDoc)

[proyectoede.com/pdf/jornadasActivas/17.25h.Instalaciones\\_de\\_Energia\\_Solar\\_Termica.MonicaLopez.VIESSMANN.pdf](http://proyectoede.com/pdf/jornadasActivas/17.25h.Instalaciones_de_Energia_Solar_Termica.MonicaLopez.VIESSMANN.pdf)

[upcomillas.es/catedras/bp/Documentos/Actividades/Premio/PFC10\\_1.pdf](http://upcomillas.es/catedras/bp/Documentos/Actividades/Premio/PFC10_1.pdf)

[www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/3856/2/Estimacion\\_energia\\_termica\\_1\\_1.pdf](http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/3856/2/Estimacion_energia_termica_1_1.pdf)

[www.cubiertec.com/pdf/manual\\_cubiertec.pdf](http://www.cubiertec.com/pdf/manual_cubiertec.pdf)

[www.ecodes.org/docs/Memoria\\_Emisiones\\_ECOCODES2007.pdf](http://www.ecodes.org/docs/Memoria_Emisiones_ECOCODES2007.pdf)

[www.foindesa.com/cdtfoindesa/images/INSTALACION%20DE%20PANELES%20SOLARES%20EN%20LA%20EMPRESA.pdf](http://www.foindesa.com/cdtfoindesa/images/INSTALACION%20DE%20PANELES%20SOLARES%20EN%20LA%20EMPRESA.pdf)

[www.inti.gob.ar/e-renova/pdf/colectores\\_solares\\_aguacaliente.pdf](http://www.inti.gob.ar/e-renova/pdf/colectores_solares_aguacaliente.pdf)

[www.mesasolar.org.uy/archivos/Madrid.pdf](http://www.mesasolar.org.uy/archivos/Madrid.pdf)

[www.thewall.cl/image/data/ficha\\_poliestireno.pdf](http://www.thewall.cl/image/data/ficha_poliestireno.pdf)

[chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.7-19-Add.1.Spanish.pdf](http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.7-19-Add.1.Spanish.pdf)

## ABSTRACT

The aim of this paper is to show the benefits of the application of thermal insulation and solar panels in an industrial process, with the goal of minimizing the use of natural gas and its corresponding environmental impact. The industrial process (passivated) consists in the immersion of pieces aimed at painting, in a container (vat) with water and chemicals to 62 degrees Celsius for approximately one minute. The energy demand and the composition of losses in the current conditions are determined through measurements and calculations. Demonstrates that by applying thermal insulation you can decrease natural gas consumption 66%, at a negligible cost compared to the savings generated. The contribution of solar energy enables additional savings of approximately 9%, with a repayment term of approximately 13 years, so its application is reasonable. These enhancements reduce CO<sub>2</sub> emissions in 54 tonnes per year.

Keywords: thermal insulation, solar panels, industrial application.