
Empleo de colectores solares en una planta de industrialización láctea

Marzo 2014 – Agosto 2015

Integrantes:

Tania Azcárate
Romina Coitiño
Ignacio Contatore
Carmela Gómez
Joel López

Tutores:

Ing. Jorge Castro
Ing. Darío Huelmo



Resumen Ejecutivo

El objetivo del presente proyecto es la evaluación de la viabilidad técnica y económica de incorporación de energía solar en la planta industrial de CLALDY.

La empresa CLALDY pertenece al sector lácteo en Uruguay, uno de los sectores que ha tenido mayor participación en el valor agregado industrial y en las exportaciones nacionales. Entre los principales productos de exportación, elaborados por la empresa, se encuentran: quesos, suero en polvo y manteca. Asimismo se elaboran exclusivamente para el mercado local yogures, leche pasteurizada y crema de leche.

La planta procesa un promedio de 260.000 litros de leche por día, alcanzando picos de 330.000 litros al día en zafra de primavera. La capacidad de procesamiento ubica a CLALDY dentro de las principales industrias elaboradoras de productos lácteos del país. Es una empresa establecida hace más de 45 años, con 250 colaboradores y un sólido compromiso con los productores, proveedores y clientes. Está certificada bajo las normas ISO 9001:2008, ISO 22000:2005, ISO 50001:2011, ISO 14001:2004 y HACCP garantizando un excelente control en todas sus áreas de operación para obtener productos de primer nivel.

El principal producto es el queso en barra que para su elaboración consume entre el 70% y 80% de la leche que ingresa a planta. Del sobrante de la producción de queso se obtiene suero, el cual es procesado en una torre spray para obtener suero en polvo.

Uruguay presenta un crecimiento sostenido en la producción de lácteos, debido entre otras cosas al mejor funcionamiento de los tambos. El crecimiento continuo y el compromiso con el medio ambiente obliga a las industrias de este sector a reformular su estrategia de producción y conjuntamente su matriz energética. Como parte de la reformulación de la matriz energética se evalúa la incorporación de energía solar.

Se propone la incorporación de colectores solares para calentamiento de aire en la torre spray, calentamiento de agua para caldera, calentamiento de agua para Servicios Higiénicos y generación de energía eléctrica a partir de paneles fotovoltaicos para iluminación.

Todos los colectores y paneles se instalan en orientación norte con inclinación 33°, de forma de optimizar el promedio anual de radiación. Por otro lado la ubicación del proyecto es adecuada para la incorporación de energía solar, encontrándose comprendida entre valores de irradiancia de 4,5 y 4,7 Kwh/m² en promedio anual, ubicándose entre los máximos valores del país.

Se evalúa para cada sistema la inversión para el caso de capital propio y mixto, considerando en este último, un préstamo del 65% de la inversión amortizable. El plazo es de 10 años, y una tasa de interés anual del 7,5 %.

La evaluación implica el estudio de cuatro sistemas que se detallan a continuación:

Sistema de calentamiento de aire

Se estudia la implementación de un sistema de colectores solares planos para precalentar el aire que ingresa a la torre spray para producción de leche y suero en polvo.

La torre spray opera con un flujo de aire de 22.000 m³/h (a PTN)¹, el cual es calentado mediante un sistema de intercambio de calor de dos etapas. En una primera etapa el aire es calentado desde la temperatura ambiente hasta 140 °C mediante vapor de caldera a leña, en la segunda etapa se calienta hasta 270 °C mediante fluido térmico, el cual es calentado con fuel oil.

Se propone precalentar el aire a temperatura ambiente para ser conducido luego al sistema de intercambio de calor.

Para precalentar el caudal de aire requerido se utilizan 320 colectores tipo GLK de origen Alemán. El sistema está formado por 4 grupos de 4 filas, donde cada fila está compuesta por 20 colectores en serie. El flujo de aire por fila es 1.375 m³/h (a PTN). El aire es conducido a través de ductos de acero galvanizado aislados. Se coloca un ventilador centrífugo por cada grupo de 4 filas, el cual contrarresta las pérdidas de carga que el aire tiene al atravesar los colectores, ductos y transiciones. Se controla la temperatura del aire a la salida de los colectores y la presión del sistema de conducción.

Con el sistema analizado se logra incrementar en promedio la temperatura de succión en 20 °C para cada mes, lo cual conlleva a un ahorro promedio de 41 ton/mes de leña que representa un ahorro de energía del 2,7%. Este ahorro se ve reflejado en el consumo de leña de caldera ya que al precalentar aire, se obtiene un menor gradiente de temperatura en el primer precalentador que es alimentado con vapor.

La inversión total para el sistema de calentamiento de aire es de USD 249.561, con USD 238.664 de inversiones amortizables y USD 10.797 de imprevistos. Según el análisis económico y financiero, para el caso de capital propio y capital mixto se obtienen TIR Negativas, ambas tasas son desfavorables. De todas formas, puede ser interesante desde el punto de vista ambiental, ya que permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y favorece el aprovechamiento de una fuente de energía limpia e inagotable. El proyecto no es rentable desde el punto de vista económico y financiero ya que tiene un alto costo de inversión en comparación con el escaso ahorro generado.

Sistema de calentamiento de agua para caldera

Se evalúa la viabilidad de precalentar el agua que ingresa a caldera, utilizando colectores solares para reducir el consumo de combustible, con un posible ahorro económico y una disminución de emisión de gases de efecto invernadero como resultado.

La caldera funciona a leña de eucalipto con una humedad relativa de 30%, generando 10.000 kg/h de vapor a 8 kg/cm², lo cual requiere un flujo de alimentación de 10.204 Kg/h.

Los colectores solares elegidos para esta aplicación son de tubos de vacío con tubos de calor, modelo Anpasol TZ58-1800-30R fabricados en China. Se diseña el sistema con 20 colectores, dispuestos en 2 filas en paralelo de 10 colectores. El agua es conducida

¹ Presión y temperatura normal

mediante cañerías de PPCR-3. Se controla la temperatura en la entrada a las baterías, la presión en la descarga de las bombas y el caudal en la entrada de la caldera.

Con el sistema planteado se logra aumentar en promedio 45 °C la temperatura de agua que ingresa a la caldera. Esto conlleva a un ahorro promedio de 60 ton/mes de leña, que representa un promedio mensual de 5,3 % de ahorro de energía.

La inversión total para el sistema de calentamiento de agua para caldera es de USD 63.613, con USD 61.112 de inversiones amortizables y USD 2.347 de imprevistos. Según el análisis económico y financiero, para el caso de capital propio se obtiene una TIR de 45%, mientras que para el caso de capital mixto se obtiene un valor de 84%. Ambas tasas son favorables, siendo el período de repago para capital propio de 3 años y para capital mixto de 2 años, obteniendo con capital propio un VAN de USD 140.531 y de USD 143.566 con capital mixto. En conclusión, este sistema es rentable desde el punto de vista económico y financiero, resultando más favorable en el caso de capital mixto.

Sistema de calentamiento de agua para Servicios Higiénicos (SSHH)

En este sistema se plantea calentar agua para los servicios higiénicos utilizados por el personal.

La planta cuenta con 11 calefones eléctricos de 60 L de capacidad y la nómina de personal alcanza las 200 personas, de las cuales aproximadamente un 40 % utilizan las duchas de los SSHH. Se calcula un consumo estimado de 2,8 m³/día de agua en duchas a un promedio de 65 °C.

Se seleccionan 12 colectores planos de origen Austríaco con tanque de almacenamiento aislado de 300 L cada 2 colectores. Estos colectores se colocan en tres zonas cercanas a cada área de duchas.

Con el sistema planteado se obtiene un ahorro energético de 97,8%, lo cual representa un ahorro mensual de 4.384 KWh.

La inversión total para el sistema de calentamiento de agua para caldera es de USD 20.200, con USD 19.369 de inversiones amortizables y USD 828 de imprevistos. Según el análisis económico y financiero, para el caso de capital propio se obtiene una TIR de 11,4%, mientras que para el caso de capital mixto el valor es de 15,4%. La tasa interna de retorno es favorable para capital propio y para capital mixto. El período de repago para capital propio y para capital mixto es de 7 años. Con capital propio se tiene un VAN de USD 3.785 y con capital mixto de USD 4.794. En conclusión, el sistema es rentable desde el punto de vista económico y financiero para la inversión usando capital propio y también para el caso de capital mixto, siendo éste último más atractivo.

Sistema fotovoltaico

Se estudia el dimensionado de un sistema fotovoltaico para la iluminación del depósito de suero y leche en polvo y sus pasillos. De acuerdo a la demanda energética se colocan 47 paneles de 245 W.

El panel seleccionado se conforma por células de silicio policristalino de alta eficiencia. Éstos son fabricados en Brasil. El control del sistema se realiza regulando el voltaje y la intensidad con el regulador de carga. La protección del sistema es a través del diodo de bloqueo y de la caja de protecciones situada al final del sistema de generación fotovoltaico.

El sistema planteado permite que durante el mes de enero no se utilice energía eléctrica de red para la iluminación del depósito y que durante los otros meses opere con las dos fuentes de abastecimiento, lo que supone un ahorro mensual promedio de energía de 8,7 MWh.

La inversión total para este sistema es de USD 50.018, con USD 48.114 de inversiones amortizables y USD 1.900 de imprevistos. Según el análisis económico y financiero, para el caso de capital propio y capital mixto se obtienen TIR negativas. Ambas tasas son desfavorables. De todas formas, puede ser interesante desde el punto de vista ambiental, ya que permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y favorece el aprovechamiento de una fuente de energía limpia e inagotable. El proyecto no es rentable ya que tiene un alto costo de inversión en comparación con el escaso ahorro generado.

De los cuatro sistemas analizados se concluye que los sistemas rentables económica y financieramente son el de calentamiento de agua para caldera y el de calentamiento de agua para servicios higiénicos. Sin embargo los cuatro sistemas son atractivos desde el punto de vista ambiental.