

Prefactibilidad Técnica y Financiera de un Sistema Solar Térmico en Planta de Lácteos de Zamorano

José Guillermo Tapia Arreaga

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2012

ZAMORANO
DEPARTAMENTO DE AMBIENTE Y DESARROLLO

Prefactibilidad Técnica y Financiera de un Sistema Solar Térmico en Planta de Lácteos de Zamorano

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

José Guillermo Tapia Arreaga

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2012

Prefactibilidad Técnica y Financiera de un Sistema Solar Térmico en Planta de Lácteos de Zamorano

Presentado por:

José Guillermo Tapia Arreaga

Aprobado:

Victoria Cortés, M.Sc.
Asesor principal

Arie Sanders, M.Sc.
Director
Departamento de Ambiente y
Desarrollo

María Alejandra Claire, Ing.
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Andrés Abelino Cruz, Ing.
Asesor

RESUMEN

Tapia Arreaga, J.G. 2012. Prefactibilidad Técnico y Financiera de un Sistema Solar Térmico en Planta de Lácteos de Zamorano. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 51 p.

Las calderas industriales generan emisiones de CO₂, SO₂, NO_x y CH₄, lo cual contribuye al efecto invernadero. Para dimensionar el sistema, se realizó un levantamiento de campo en el que se identificaron puntos críticos o puntos de calor, caudal, horas pico de trabajo de la caldera, grados de temperatura máximos y mínimos, tiempo de consumo; luego se procedió a estimar el volumen total de agua caliente consumida por día y mes. Se determinó el volumen de vapor generado por la caldera durante el día, lo cual condujo a estimar el volumen de diesel requerido por cada hora de uso, y el peso de emisiones liberadas a la atmósfera. La planta de lácteos utiliza agua caliente para la sanitización del área de producción y para el procesamiento de los derivados lácteos. Para determinar la prefactibilidad financiera se consideraron indicadores tales como el valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y período de recuperación de la inversión (PRI) en cuatro escenarios. El consumo promedio mensual en combustible gasoil para alimentar la caldera industrial en la planta de lácteos de Zamorano es de \$4,339. Se plantearon cuatro escenarios comparativos. Según el análisis realizado de implementarse el escenario 1, el volumen de diesel consumido por mes se reduce en 8% y si se lo hace en conjunto con el escenario 2, el consumo de diesel se reduce en 54 %, por lo que el gasto anual en diesel se reduciría de \$52,068 a \$25,075. El volumen de agua caliente consumida por mes representa aproximadamente del 18% del total requerido en la planta. Los datos de prefactibilidad presentados deben ser validados mediante la implementación de un sistema piloto.

Palabras clave: Sistema Solar Térmico, medidas de eficiencia energética, combustible diesel, VAN, TIR, PRI.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
4. CONCLUSIONES.....	32
5. RECOMENDACIONES.....	34
6. LITERATURA CITADA.....	35
7. ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Materiales del proceso investigativo	11
2. Volumen de emisiones por año.	12
3. Radiación solar promedio histórica mensual	12
4. Resultados estadísticos con un nivel de significancia (α) de 0.05 para la muestra de volumen de saneamiento	13
5. Comparación de medias de los volúmenes de agua caliente para la sanitización.....	14
6. Resumen de los resultados del escenario cero. Pre factibilidad técnica.....	16
7. Componentes del sistema de hidrolavado.....	18
8. Resumen de los resultados del escenario 1. Pre factibilidad técnica.....	19
9. Elementos y herramientas del SST de tubos de vacío	20
10. Ahorro de diesel por cada mes del año.....	22
11. Resumen de los resultados del escenario 2. Pre factibilidad técnica	24
12. Resumen de los resultados del escenario 3. Pre factibilidad técnica.....	24
13. Resumen de los resultados del escenario cero. Pre factibilidad Financiera	26
14. Flujo de efectivo del escenario 1.....	27
15. Resumen de los resultados del escenario 1. Pre factibilidad Financiera	27
16. Flujo de efectivo del escenario 2.....	28
17. Resumen de los resultados del escenario 2. Pre factibilidad Financiera	28
18. Flujo de efectivo del escenario 3.....	29
19. Resumen de los resultados del escenario 3. Pre factibilidad Financiera	29
20. Comparación de los resultados de todos los escenarios.	30
Figuras	Página
1. Ubicación del SST en relación a la planta de lácteos.....	3
2. Componentes de un sistema solar térmico presurizado.....	4
3. Promedio diario de volumen de agua para el saneamiento.....	13
4. Horas pico de uso de la caldera industrial. Planta de lácteos de Zamorano.	14
5. Correlación entre horas pico de uso de la caldera (UC) y el consumo (CAPS) de agua para sanitización por cada día.....	16
6. Temperatura y presión promedio de los puntos críticos de calor	17
7. Diseño del sistema de hidrolavado.....	18
8. Consumo de agua caliente (CAC) vs diesel ahorrado (AD) en el mes de muestreo... 19	19
9. Diseño de un SST para la planta de lácteos de Zamorano a tamaño real dimensionado a escala en 3D	22

10. Diseño de un SST para la planta de lácteos de Zamorano. Planta alta.....	23
11. Diseño de un SST para la planta de lácteos de Zamorano. Planta baja.....	23

Anexos	Página
1. Diagrama de puntos críticos de calor	39
2. Formato para tabulación de datos y muestreo.....	40
3. Medición manual del caudal por cada punto crítico de calor.	40
4. Medición de presión con la instalación de un manómetro..	41
5. Caldera industrial de la planta de lácteos de Zamorano, 2012.....	41
6. Hojas de cálculo de horas pico, consumo de vapor y diesel.....	42
7. Formato para cálculo diesel ahorrado.....	42
8. Proceso constructivo de la obra física para la implementación del sistema solar térmico (SST) en la planta de lácteos de Zamorano.....	43
9. Mapa de curvas a nivel de terreno para construcción de la obra física del SST.....	45
10. Mapa de diseño estructural de la obra física del sistema solar térmico (SST)..	46
11. Estado de los resultados de la planta de lácteos de Zamorano, Honduras.....	47
12. Estimación de Costos del sistema solar térmico (SST).	48
13. Evaluación del rendimiento de los tubos de vacío “heat – pipe”. Bagdad, Irak.....	51

1. INTRODUCCION

Los gases de efecto invernadero, principalmente el CO₂, CH₄, y NO_x han modificado la atmósfera y la temperatura media de la biósfera. El CO₂ es el gas de efecto invernadero más importante, y su concentración en los últimos años ha aumentado de 280 ppm a 379 ppm (Acquatella 2008). De acuerdo al Banco mundial (2010), el efecto invernadero provocado por los gases emitidos de industrias, automóviles, equipos para generación de electricidad, entre otros, esto ha causado una elevación de la temperatura media anual.

El uso de combustibles fósiles es actualmente la principal fuente de emisiones de CO₂, lo cual está relacionado directa o indirectamente con las actividades humanas (González, et al. 2003). Adicionalmente, a medida que las reservas de petróleo se reduzcan, se espera un alza en precio en los próximos años. De acuerdo a una proyección realizada por Oxford Economics (2010), en el 2020 el precio del barril será de US\$130. Por otro lado, según la EIA (2009), el precio del barril de crudo será de US\$ 200 para el 2030, y la demanda diaria aumentará de 86.3 mbpd (millones de barriles por día) en el 2010 a 105.2 mbpd (millones de barriles por día) en el 2030. Lo anterior se debe a la naturaleza del recurso, de tipo no renovable y contando actualmente con reservas limitadas (Hutter 2012).

La planta de lácteos de Zamorano utiliza un sistema de caldero industrial, cuyo combustible carburante es diesel al granel. La mayor parte de las calderas están construidas para tener rendimientos cercanos a 80%, sin embargo, una gran mayoría trabajan entre el 65 y 85% de su capacidad potencial, mientras que el 35% y 15% restantes son pérdidas (CONAE 2002). Cuando las calderas industriales operan con base diesel, producen emisiones gaseosas de CO, CO₂ y SO₂ (Gutiérrez, *et al.* 1996). Por lo dicho anteriormente, el uso de un sistema “boiler” de caldera de combustible de origen fósil contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero.

El uso de energía solar para calentar agua es una alternativa para reducir las toneladas de CO₂ emitidas y otros gases contaminantes, así como también para reducir los costos incurridos en combustible, lo que subsecuentemente influye sobre los costos de producción. De acuerdo a Estrada, *et al.* (2005), el ahorro de dinero por la implementación de un sistema solar térmico se estima en 50%. La producción anual de energía generada por los colectores solares en los países miembros de la Agencia Internacional de Energía (AIE) para el año 2000 fue mayor a 24,000 GWh/año, lo cual representa aproximadamente un ahorro mayor de 27 millones de litros de petróleo, y una disminución superior de 10.6 millones de toneladas de CO₂ (Estrada, *et al.* 2005).

Se puede promover el uso de “energías limpias” con incentivos para los productores industriales a través del comercio de bonos transables por mitigación de emisiones. En la

actualidad los países europeos que han ratificado el protocolo de Kyoto pagan a empresas de países en vías de desarrollo por la mitigación de sus emisiones. El precio de cada bono oscila entre 15 y 20 Euros por cada tonelada métrica de CO₂ no emitido (Unión Europea 2012). En el año 2000 Honduras ratificó el protocolo de Kyoto, por lo cual es sujeto de financiamiento para proyectos de mecanismo de desarrollo limpio.

Se plantea que mediante el dimensionamiento e implementación de un sistema solar térmico en conjunto con medidas de eficiencia energética se reduzca el volumen de combustible y agua consumidos, y en consecuencia el monto de egresos incurridos mensualmente por la compra de combustible.

La principal limitante de este proyecto es que no existe un estudio previo que muestre el cálculo del volumen total de agua caliente consumida por unidad de tiempo en esta planta. Solo se cuenta con registros de consumo total de agua sin distinción de temperaturas, los cuales se pueden consultar en planta física de Zamorano o en estudios como el de Púa (2010) y de Estévez y Paz (2005). Conforme a lo expuesto anteriormente, la presente investigación plantea los siguientes objetivos:

- Determinar el volumen de consumo diario y mensual de agua caliente en la planta de lácteos de Zamorano.
- Proponer medidas de eficiencia energética para la optimización del combustible utilizado para el proceso de producción y sanitización.
- Diseñar un sistema solar térmico para complementar la metodología convencional de calentamiento de agua haciendo uso de combustibles fósiles.
- Realizar un análisis de los escenarios planteados en los objetivos anteriores, identificando sus respectivas fortalezas por separado y en conjunto, comparando los mismos con las condiciones de operación que se verifican en la actualidad.
- Determinar costos estimativos de implementar medidas de eficiencia energética en conjunto con un sistema solar térmico.
- Determinar pre factibilidad financiera mediante el análisis de los indicadores financieros.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio. En el presente estudio se realiza el dimensionamiento de un sistema solar térmico en la Planta de lácteos de Zamorano, la misma que está localizada en las coordenadas geográficas: N14°00'27.36" W87°00'56.16" (Google Earth 2012). Según la estación climatológica de Zamorano el promedio de irradiación solar histórico es de 4.72 kWh/m² por día. La posible ubicación del sistema sería en un área contigua a la planta de lácteos (Figura1).



Figura 1. Ubicación del SST en relación a la planta de lácteos.
Fuente: Elaboración propia con imagen de Google Earth, 2012.

Sistemas Solares Térmicos (SST). Un sistema solar térmico es un conjunto de dispositivos cuya función principal es captar la radiación para luego transformarla en energía calorífica, a un tiempo por transferencia de calor conducción, el calor es acumulado en la unidad transmisora quien a su vez calienta el agua que recircula en la caja recolectora de calor.

Dadas las condiciones climáticas de Zamorano, se compararon los captadores solares planos y de tubos de vacío. Existen dos tipos de sistemas para calentamiento de agua, por un lado los no presurizados, y por otro los presurizados. Los no presurizados solo usan la convección para trasladar el agua caliente hasta el sistema de acumulación, mientras que los presurizados necesitan sistema de recirculación.

Los sistemas no presurizados son conocidos por el uso de tubos de vacío y colectores de placa plana principalmente. Los sistemas presurizados más utilizados son los tubos de vacío “heat – pipe”, los de plato parabólico y los de termosifón. El principal uso de los sistemas presurizados es en plantas industriales y para refrigeración solar. El criterio más importante a tomar en cuenta para decidir entre uno u otro es la eficiencia térmica y los costos.

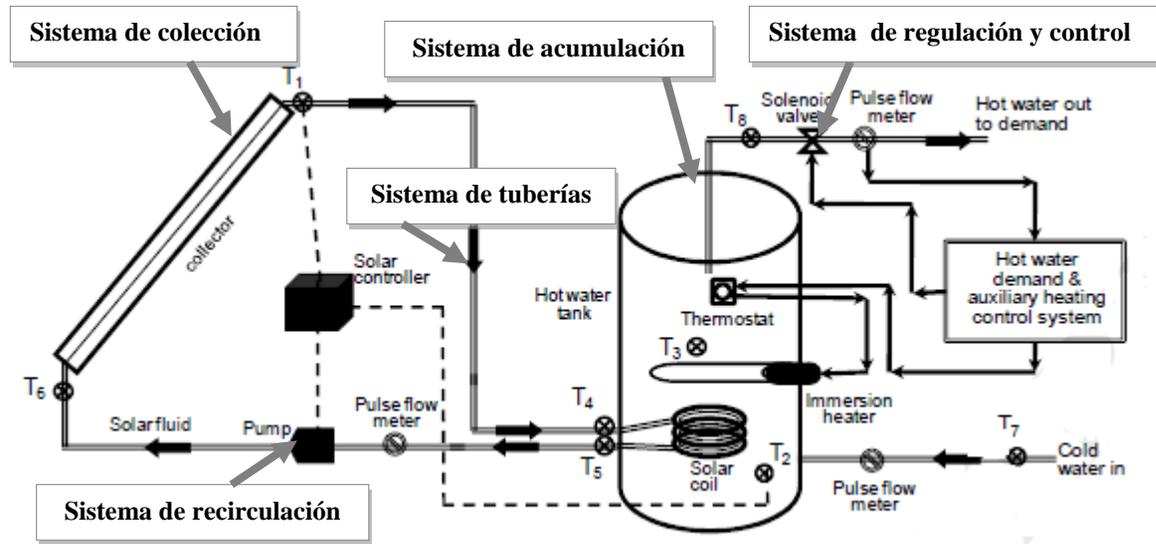


Figura 2. Componentes de un sistema solar térmico presurizado.
Fuente: Ayompe, 2011.

Tubos de vacío “heat – pipe”. Los paneles solares de tubos de vacío “heat – pipe” son dispositivos de captación solar térmica que están constituidos por dos tubos concéntricos de borosilicato sellados herméticamente que conservan un vacío de baja presión (Arora 2011). Los tubos concéntricos que conforman el “heat – pipe” son de tipo exterior e interior.

El tubo interior está compuesto por capas de cobre de alta pureza, de acero inoxidable mezclado con los gases argón y nitrógeno, capa de nitrito de aluminio de baja emisión (7%) y alta absorción (92%). Esta composición le da una eficiencia promedio de 93% y pérdidas térmicas inferiores al 5%.

El fluido calor portador puede ser agua o glicol (Alyompe 2011). Los tubos de vacío “heat – pipe” calientan el agua a temperaturas mayores de 80°C , y se provoca estancamiento térmico a los 191°C . Son capaces de aprovechar la radiación solar tanto difusa como directa (Theunissen y Beckman 1985).

Según Kaltschmitt, *et al.* (2010), la eficiencia de los colectores de placa plana es de 65 a 70%, mientras que los tubos de vacío no presurizados tienen una eficiencia de 64 a 80%. Debido a esto, se opta por el heat – pipe, el cual es un tipo de calentador solar térmico de

tubos de vacío para sistemas presurizados, principalmente para uso industrial. Se toman en cuenta criterios de rendimiento térmico, el sistema solar térmico presurizado de tipo “heat – pipe” tiene una eficiencia de 90 a 95%.

Análisis comparativo de pre factibilidad. Para el análisis comparativo de este estudio de pre factibilidad se propusieron cuatro escenarios en dos distintas dimensiones: técnica y financiera. Los escenarios de análisis son los siguientes:

- Escenario 0: Situación actual. En este escenario se describe el problema sin considerar modificaciones en el proceso de producción de la planta de lácteos de Zamorano. E0.
- Escenario 1: Implementación de medidas de eficiencia energética (MEE). Dentro de este escenario se implementan medidas de eficiencia para reducir el consumo de combustible y agua. E1.
- Escenario 2: Implementación del sistema solar térmico (SST). Se dimensiona un sistema solar térmico conforme a las necesidades de la planta de lácteos de Zamorano. E2.
- Escenario 3: Implementación de medidas de eficiencia energética más el sistema solar térmico. Se implementan las medidas de eficiencia energética para reducir consumo de agua caliente y combustible, integrando un sistema solar térmico para mejorar la eficiencia en el calentamiento de agua que ingresa a la caldera. E3.

Pre factibilidad Técnica.

Diagrama de planta. Según las normas ISO 14001 (2004), durante la implementación sistemas de gestión ambiental se tiene que graficar un diagrama de planta en el que se mapean los puntos críticos. Para este caso se mapearon los puntos de calor, en los cuales se consume agua caliente ya sea para la sanitización, o para el procesamiento de productos lácteos (Anexo 1).

Muestreo aleatorio simple y análisis de la muestra. Se realizó un muestreo del que se obtuvieron 30 muestras en 30 días desde el 1 hasta el 30 de abril de 2012. Para el análisis del muestreo se realizó el cálculo del caudal, horas pico, temperatura, tiempo de uso promedio y presión de salida. Se utilizó un formato de muestra para realizar la toma de datos, y medir consumo de agua ocupada para la sanitización (Anexo 2). Luego aplicando las herramientas de SPSS y SAS, se calcularon las medidas de dispersión y de tendencia central.

Cálculo del caudal. La medición fue realizada dentro del área de producción y en forma manual (Anexo 3). Para el cálculo del caudal se utiliza la fórmula que relaciona el volumen del fluido que circula en un instante de tiempo:

$$Q = V/T \quad [1]$$

Q = Caudal
V = Volumen
T = Tiempo

Cálculo del volumen de agua promedio consumido por día. Para este caso se multiplica el volumen de agua consumido por el tiempo promedio de uso por cada punto de calor:

$$VAC = (Q)Tp \quad [2]$$

VAC = Volumen de agua consumido
Q = Caudal
Tp = Tiempo promedio de uso

Cálculo de la temperatura promedio.

$$TAp = \Sigma T/N \quad [3]$$

ΣT = Sumatoria total de las temperaturas
N = Número de muestras
TAp = Temperatura promedio

Horas pico (Hp). Las horas pico se define como el tiempo en el que la planta de lácteos consume el volumen de agua o vapor que ocupa por día, ya sea para los procesos y para el saneamiento del área de producción. Este dato se toma a partir de la medición del tiempo con un cronómetro desde cuando empieza a trabajar, hasta cuando se apaga la caldera.

Volumen de vapor consumido para los procesos y la sanitización. Se utilizaron los datos de la caldera para saber la cantidad de vapor generado por hora y mediante un muestreo aleatorio simple se establecieron la cantidad de horas pico por día en las que se utiliza la caldera. La caldera genera vapor y a su vez consume combustible en las horas pico. Para el cálculo de volumen de vapor generado por la caldera en el día, se desarrolló la siguiente ecuación:

$$Vt = \Sigma Hp(Vh) \quad [4]$$

Vt = Volúmen total/día
 ΣHp = Horas pico/día
Vh = Volumen de vapor/hora

Para calcular la masa de agua ocupada para los procesos, se utilizan las fórmulas de cálculo de volumen de las figuras geométricas, en este caso de cilindro y cubo (doble fondo de las queseras). Esto corresponde a la forma geométrica de las máquinas usadas en los procesos, tales como queseras, pasteurizadores, tanque de incubación del yogurt, marmitas. Para medir el volumen de consumo de agua usada para procesos, se tomó en cuenta el doble fondo de las máquinas, ollas industriales.

Consumo de diesel de la caldera por cada hora. Para el cálculo del consumo total de diesel por cada hora, se tomó en cuenta la sumatoria total de horas pico en el mes dividido entre el volumen total de diesel consumido por mes. Este planteamiento expresado en fórmula es:

$$Cdh = \frac{Vdm}{\Sigma Hp} \quad [5]$$

Cdh = Consumo de combustible por cada hora

ΣHp = Sumatoria de horas pico en el mes

Vdm = Volumen de diesel consumido al mes

$$Vci = Ab(Lci) \quad [6]$$

Vci = Volumen del cilindro

Ab = Área de la base

Lci = largo del cilindro

$$Vc = L(Al)(An) \quad [7]$$

Vc = Volumen del cubo

L = Largo

Al = Alto

An = Ancho

$$Asc = \pi r^2 \left(\frac{\theta}{360} \right) \quad [8]$$

Asc = Área de sección circular

π = Constante Pi (3.1416)

r = Radio de sección circular

θ = Ángulo formado entre la sección circular y el plano vertical

Para calcular el volumen de vapor consumido en los procesos se aplica la ecuación de la primera ley de termodinámica:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T^\circ} \quad [9]$$

C = Capacidad calorífica

Q = Cantidad de Calor

T° = Temperatura

Cuando se quieren mezclar corrientes de temperatura, para llegar a una temperatura de equilibrio se realiza un balance de energía de calor perdido (combustible diesel) vs el calor ganado (agua):

$$Q = M(Cp)(\Delta T) \quad [10]$$

Q = Cantidad de calor

M = Masa

Cp = Calor específico

T° = Temperatura

Para el cálculo de la pérdida de calor por el traslado del agua caliente desde un lugar a otro a través de la tubería y para la pérdida de calor de los tanques térmicos de acumulación, se procede a utilizar la Ley Fourier para la conducción térmica:

$$Q(t) = k\Delta TX \quad [11]$$

Q (t) = Calor perdido

k = Coeficiente de pérdida de calor

ΔT = Variación de temperatura

X = Distancia recorrida por el fluido a través de la tubería

$$Q(a) = k\Delta TA \quad [12]$$

Q (a) = Calor perdido

k = Coeficiente de pérdida de calor

ΔT = Variación de temperatura

A = Área ocupada por el termotanque

Dimensionamiento de Medidas de Eficiencia Energética (MEE). Se considera el uso de pistolas de agua que soporten temperaturas de 100°C. Para este dimensionamiento se tomaron 10 muestras de la presión de salida del agua a distintas temperaturas, por lo que se instaló un manómetro medidor de presión. Para tener una aproximación de la velocidad, presión, y posteriormente del ahorro de agua, se utiliza la ecuación de la continuidad del teorema de Bernoulli de la dinámica de fluidos.

$$(P1)(V1)(A1) = (P2)(V2)(A2) \quad [13]$$

P = Presión

V = Velocidad

A = Área

Para evaluar esta deducción, se aplicó la siguiente fórmula desarrollada en el proceso:

$$VU = Q(Tiu) \quad [14]$$

VU = Volumen utilizado

Q = Caudal

Tiu = Tiempo de uso

Dimensionamiento del Sistema Solar Térmico (SST). Para el dimensionamiento del SST se procede a realizar un análisis exploratorio del campo, con lo que se determina el área total a ocupar. Se trabajó con la radiación promedio de 4.72 kwh/m² por día. El área

total de construcción de la obra física es de 392 m² en loza de terraza plana. Se aplican conceptos de: topografía (creación de polígono y curvas a nivel); ingeniería civil (proceso constructivo y diseño de maqueta).

Se propone la aplicación de tubos de vacío “heat – pipe” para el calentamiento de agua como dispositivo colector de energía solar térmica, por lo que se necesita disponer de una terraza libre de sombra y orientada al sur. De acuerdo a los datos de longitud y latitud, la inclinación de los colectores solares debería ser de 14°, esto es muy riesgoso para los tubos de vacío, por lo que se ubicarían a 20° en relación al acimut solar. A mayor inclinación, la eficiencia de los colectores solares térmicos es mayor (Kalogirou 2004).

Caldera industrial. Según la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE 2002), las calderas son equipos o sistemas de generación de vapor de agua, cuyo uso puede ser doméstico o industrial. Las calderas utilizan diferentes tipos de combustibles, las hay a gas, diesel (gasoil), carbón y biomasa. Estos sistemas de generación de vapor están conformados básicamente por:

- **Quemador.** Sirve para la combustión o quema del fluido carburante, gas o masa.
- **Hogar.** Lugar donde se transforma el agua en vapor.
- **Sistema de distribución de vapor.** Es un conjunto de tuberías que ayudan a trasladar el vapor saturado desde el punto de generación hasta los distintos lugares en donde se le requiera.
- **Sistema de retorno de condensados.** Es utilizado para acumular el exceso o el sobrante de vapor condensado en líquido.

En la planta de lácteos de Zamorano se utiliza un sistema de caldera tipo pirotubular de marca First Thermal Systems Power Flame de 40 HP (Anexo 5). Para mejorar la eficiencia de la caldera se debe evitar la carga de trabajo excesiva y la pérdida de calor en el sistema de distribución. Así mismo se debe asegurar una combustión eficiente, suministrar adecuadamente el aire para la combustión, y controlar correctamente la atomización del combustible a través de la presión.

Pre factibilidad financiera. Para este análisis se utiliza un análisis de proporciones con respecto al porcentaje de las utilidades netas que representa el costo del volumen de combustible que consume la caldera en el año, para lo cual se procede a desarrollar la siguiente fórmula:

$$P_c = \frac{CTD}{U} \quad [15]$$

P_c = Participación

CTD = Costo total de combustible

U = Utilidades netas

A continuación se procede a calcular los siguientes indicadores financieros para medir la rentabilidad del proyecto:

VAN: es el valor actual neto de la inversión. Para su cálculo se utilizaron hojas de Excel.
 TIR: es la tasa interna de retorno de la inversión. Para su cálculo se utilizaron hojas de Excel.

$$PRI = \frac{I_o}{UAP} \quad [16]$$

PRI = Período de recuperación de la inversión

I_o = Inversión inicial

UAP = Utilidad anual promedio

Depreciación en línea recta con base en el tiempo:

$$Dp = \frac{I_o - Vs}{Vu} \quad [17]$$

Dp = Depreciación

I_o = Inversión inicial

V_s = Valor de salvamento

V_u = Vida útil

Tasa de interés efectiva

$$E(r) = r_f + \beta (r_m - r_f) + R_p + R_{proy} \quad [18]$$

$E(r)$ = Rendimiento esperado de una inversión

r_f = Tasa libre de riesgo

β = Riesgo sistemático de la inversión

r_m = Rendimiento esperado del mercado

R_{proy} = Riesgo del proyecto

Materiales utilizados en el proceso de investigación. Para el estudio se utilizaron diferentes acordes a los conceptos técnicos requeridos, como la medición de los volúmenes tanto para los procesos como para la sanitización, medición de la presión de salida en los puntos críticos de calor y temperatura, entre otros (Cuadro 1).

Cuadro 1. Materiales del proceso investigativo.

Material	Concepto	Actividad
Balde de 50 litros	Medición de caudal y volumen	Se tomó el tiempo con cronómetro en todos los días de muestreo.
Probeta de 1000 ml	Medición de caudal y volumen	Se midió el tiempo con cronómetro en todos los días de muestreo.
Manómetro	Medición de presión	Se tomó una lectura diaria de los niveles de presión en los puntos críticos de calor.
Flexómetro y cinta métrica	Medición de dimensiones	Se midió el doble fondo de las máquinas y creación de polígono.
Teodolito y estadía	Topografía: Creación de polígono	Se midieron los ángulos del polígono y los desniveles del terreno para hacer el mapa de curvas a nivel.
Termómetro infrarrojo	Medición de la temperatura	Se tomaron temperaturas de la sanitización y de los procesos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pre factibilidad Técnica

Escenario 0: Situación actual. De acuerdo a la información proporcionada por el instructor en jefe encargado, la planta de lácteos de Zamorano, el consumo mensual de diesel es de 3,785 litros, valor que ha permanecido constante desde el año 2010. El mayor peso en emisiones generadas por la quema de este combustible corresponde al CO₂ con 120 Tm/año, y el menor al CH₄ con 4.95 kg/año. Esto quiere decir que el mayor aporte para el efecto invernadero es por el peso de CO₂ liberado al medioambiente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Volumen de emisiones por año.

Emisiones	Valor	Unidad
CO ₂	120	Tm/año
NO _x	310	kg/año
SO ₂	365	kg/año
CH ₄	4.95	kg/año

La radiación solar promedio histórica anual en Zamorano es de 4.72 kwh/m² por día. En el mes de abril la radiación solar es de 5.44 kwh/m² por día, mientras que en diciembre es 3.81 kwh/m² por día (cuadro 3), lo cual denota un contraste entre el valor de radiación más alto y más bajo promedio histórico del año.

Cuadro 3. Radiación solar promedio histórica mensual.

Mes	kcal/m ²	MJ/m ²	kwh/m ²
Enero	3,387.79	14.18	3.94
Febrero	3,903.67	16.45	4.57
Marzo	4,496.99	18.83	5.23
Abril	4,677.56	19.58	5.44
Mayo	4,411.01	18.47	5.13
Junio	4,350.82	18.22	5.06
Julio	4,110.06	17.21	4.78
Agosto	4,256.23	17.82	4.95
Septiembre	4,454.00	18.65	5.18
Octubre	3,826.31	16.02	4.45
Noviembre	3,551.16	14.87	4.13
Diciembre	3,276.01	13.72	3.81
Promedio	4,058.47	17.00	4.72

Fuente: Elaboración propia con datos de la Estación Climatológica de Zamorano, 2012

Se realizó muestreo probabilístico aleatorio simple, donde se observó que la media de consumo de agua para la sanitización por día fue de 3,183 litros. El valor más alto registrado de consumo fue de 3,685 litros por día, y el más bajo fue de 2,661 litros, lo cual indica que hay días con mayores niveles de consumo de agua para la sanitización y otros con menores niveles (Figura 3). Los días lunes a viernes presentan el mayor consumo, mientras que sábado y domingo el menor consumo diario y mensual.

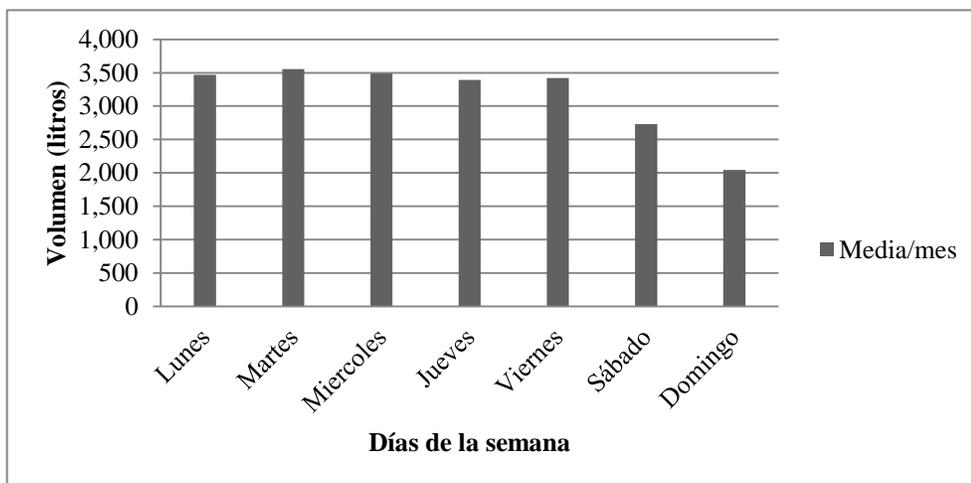


Figura 3. Promedio diario de volumen de agua para el saneamiento.

Hay diferencias significativas entre las medias de consumo de agua para el saneamiento en los diferentes días. El valor $t = 0.46$ indica que la muestra es significativa, debido a que se encuentra dentro del rango requerido del valor z equivalente a 1.96, para $\alpha = 0.05$. La probabilidad de error es $P = 0.001$. Se tiene un coeficiente de varianza de 3.58, el cual es menor a 30 (nivel máximo aceptado), esto indica que el muestreo fue bien realizado. El $R^2 = 0.97$ significa que hay una correlación fuerte, por lo que se pueden proyectar los datos para los anteriores y posteriores meses del año (Cuadro 4).

Cuadro 4. Resultados estadísticos con un nivel de significancia (α) de 0.05 para la muestra de volumen de saneamiento.

Resultado	Valor	Unidad
T student, valor t	0.462	-
Probabilidad P	0.001	-
Media	3,182.960	l/día
Desviación estándar	532.052	l/día
Coficiente de varianza	3.581	-
R^2 Pearson	0.972	-

Se determina que no hay diferencias significativas entre el grupo de los días lunes a viernes, debido a que tienen el mismo tipo de letra (a). Sin embargo, en comparación con los días sábado (b) y domingo (c), si hay diferencias significativas debido al cambio en las letras de “a” hacia “b”, y luego de “b” hacia “c” (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias de los volúmenes de agua caliente para la sanitización.

Días de la semana	Media (l/día)
Lunes	3,458 _a
Martes	3,539 _a
Miércoles	3,487 _a
Jueves	3,391 _a
Viernes	3,420 _a
Sábado	2,732 _b
Domingo	2,043 _c

^{abc} Valores con distinta letra difieren estadísticamente entre sí ($P \leq 0.05$).

Se determinó que el consumo total de agua por día para procesos en su máxima producción fue de 5,522 litros. Según los datos técnicos de la caldera, el volumen de vapor ocupado para calentar el agua a las distintas temperaturas demandadas para cada proceso fue de 3,354 litros por día, mientras que para saneamiento, el volumen de agua usado por la caldera para generar vapor es igual a 1,548 litros por día. En total para la máxima producción observada la caldera necesitaría un volumen de 4,902 litros por día. El volumen de vapor generado por la caldera para procesos productivos en la planta de lácteos de Zamorano es el 60% del total, mientras que para saneamiento el valor porcentual es de 40%, es decir, para la máxima producción mensual de la planta, se necesitaría un volumen de diesel de 2,271 litros para procesos de producción, y 1,514 litros para saneamiento aproximadamente.

Se midieron las horas pico de uso de la caldera, cuyo valor promedio fue de 5.96 Hp/día, el valor más alto registrado fue de 7.11 Hp/día, y el menor fue de 3.43 Hp/día el día domingo. Las calderas industriales consumen combustible cuando generan vapor. La planta de lácteos de Zamorano consume el mayor volumen de agua caliente entre lunes y viernes. Se observaron fluctuaciones en el uso de la caldera para los diferentes días de la semana, lo cual mostró que el mayor consumo de vapor por mes fue registrado de lunes a viernes con un valor promedio de 6.52 Hp/día, mientras que sábado y domingo 4.3 Hp/día (Figura 4).

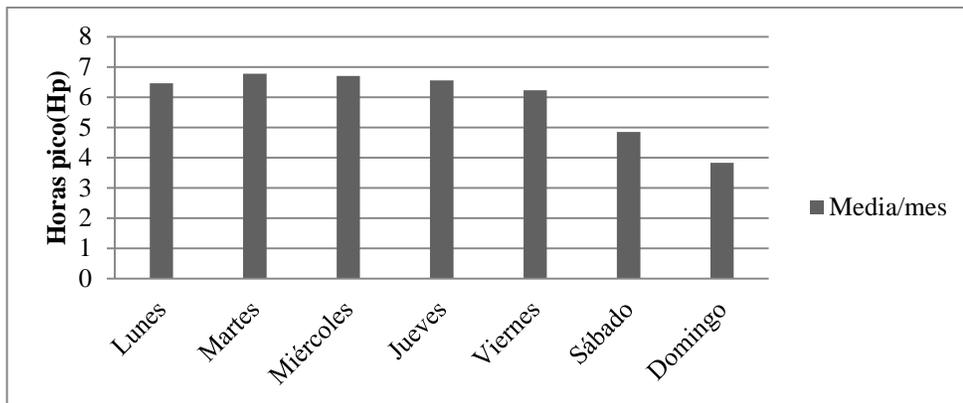


Figura 4. Horas pico de uso de la caldera industrial. Planta de lácteos de Zamorano.

La suma total de horas pico por mes fue de 178.82 Hp, lo que implica que la estimación del volumen de diesel quemado por cada hora fue igual a 21.2 litros/hora. La máxima producción de vapor a 157.9 °C requerida es igual a 4,902 litros de vapor saturado por día.

La temperatura más alta para la sanitización fue de 88°C, mientras que la más baja fue de 55°C. La temperatura promedio que se usa en planta de lácteos para la sanitización es de 79°C. Para los procesos industriales la temperatura más alta es de 90°C, y la más baja es de 40°C.

Al aumentar las horas pico, también aumenta el volumen de agua consumido por cada mes, esto indica que existe una correlación positiva. El valor de $R^2 = 0.98$ y $P = 0.001$, indica una correlación fuerte y positiva entre horas pico de uso y el volumen de agua consumida para la sanitización (Figura 5).

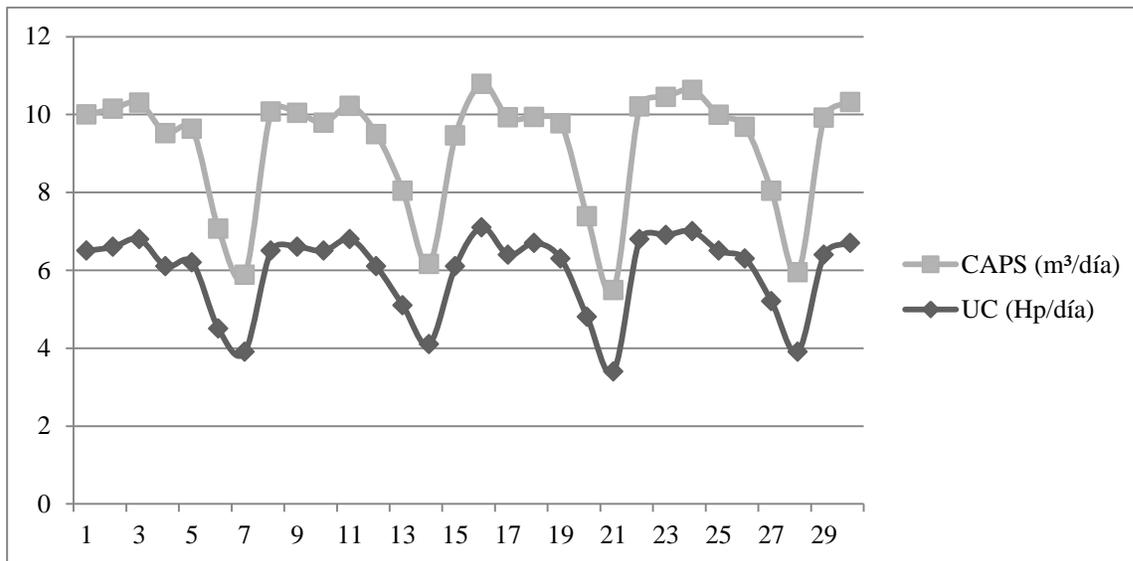


Figura 5. Correlación entre horas pico de uso de la caldera (UC) y el consumo (CAPS) de agua para sanitización por cada día.

Volumen de agua caliente para procesos y saneamiento. El volumen estimado total de agua caliente por cada mes es de 273,723 litros por mes, de los que 178,234 litros son ocupados para los procesos y 95,489 litros para la sanitización. Según planta física de Zamorano (2012), la planta de lácteos de Zamorano consume un promedio de 55 m³/día, mientras que Púa (2010) dice que el consumo promedio de la planta es de 49 m³/día, por lo que el volumen consumido de agua caliente representa aproximadamente el 18% del consumo total mensual. La demanda total de agua para procesos es de 65%, mientras que la sanitización del área de producción representa el 35% del volumen total de agua caliente consumida por mes.

Cuadro 6. Resumen de resultados del escenario cero. Pre factibilidad técnica.

Descripción	Valor	Unidad
Consumo de diesel por año	45,425	L
Emisiones de CO ₂	120	kg/año
Emisiones de NO	310	kg/año
Emisiones de S ₂ O	365	kg/año
Emisiones de CH ₄	5	kg/año
Consumo para el saneamiento	95,489	l/mes
Consumo para los procesos	178,234	l/mes
Demanda total de agua caliente	273,723	l/mes
Ahorro en combustible	0	%
Ahorro en agua	0	%

Escenario 1: Implementación de Medidas de Eficiencia Energética (MEE): Sistema de hidrolavado. Dados los resultados en el escenario 0, se procedió a proyectar los resultados de la aplicación de medidas de eficiencia energética, iniciando por la disminución del volumen de agua caliente consumido. Según Púa (2010), en planta de lácteos de zamorano hay un aprovechamiento ineficiente del agua. Se propone como principal medida de eficiencia energética la implementación de pistolas industriales de agua que soporten temperaturas mayores a 100 °C, para ello se instaló un manómetro, y se tomaron 10 muestras de presión en PSI, para saber el promedio de la presión de salida, y por consiguiente saber el tipo de pistolas de presión se van a instalar.

La presión aumenta conforme la temperatura aumenta (Figura 6). Sin embargo, para el dimensionamiento de las pistolas industriales, se consideraron los valores más altos. Se estima que para una temperatura de 95°C, la presión es de 130 PSI. Se requieren pistolas de presión que sean capaces de soportar temperaturas mayores a 100°C y presiones mayores a 80 PSI.

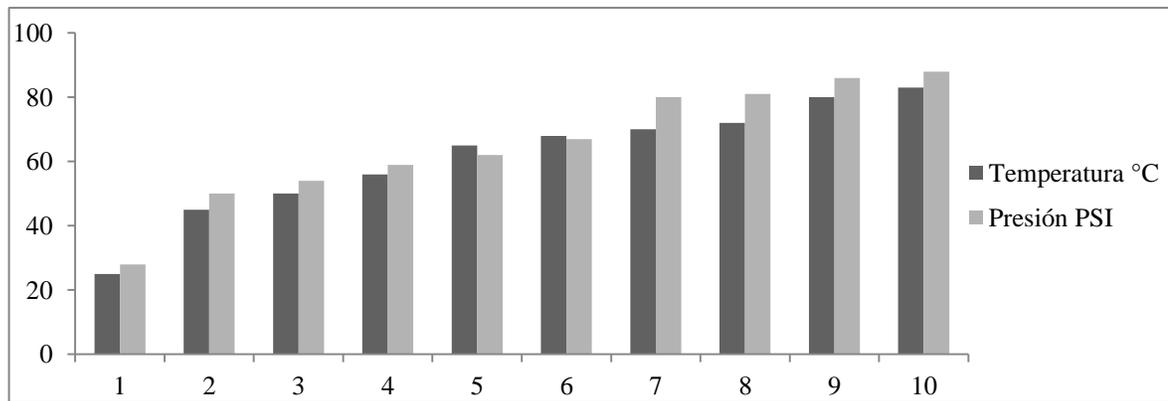


Figura 6. Temperatura y presión promedio de los puntos críticos de calor.

El caudal promedio fue de 0.83 l/s en cada punto de calor. Para el dimensionamiento se buscó maximizar la función, por lo que se utilizó el valor de caudal más alto, el cual fue de 1.1 l/s. Se observó que al aumentar o disminuir la velocidad producto de apretar el gatillo de la pistola de hidrolavado, la presión y el caudal permanecen constantes, por lo que para reducir el consumo de agua caliente, se debe reducir el tiempo de uso en cada punto de calor.

Según el Centro de Producción Más Limpia de Nicaragua (2007), al implementar pistolas de agua para uso industrial, se disminuye el tiempo de uso en un 20%; por otro lado, según el Centro Nacional de Producción Más Limpia de Honduras (2009), el ahorro aproximado al aplicar pistolas industrial para tuberías de 1.27, 1.91 y 2.54 cm de diámetro es del 20%, esto debido a la reducción en el tiempo de uso en un 20%. Seleccionamos esta referencia ya que en planta de lácteos se cuenta con una tubería de 1.91 cm de diámetro.

Para construir un sistema de hidrolavado (Figura 7), el principal elemento es la pistola de agua industrial. En este caso se requiere una que tenga aislante térmico para evitar accidentes por quemaduras, entre otros componentes de un sistema de hidrolavado se tienen las mangueras necesarias para cada punto crítico (Cuadro 7).

Cuadro 7. Componentes del sistema de hidrolavado.

Material	Valor	Unidad
6 Pistolas de alta presión	90 – 100	°C
6 mangueras EPDM reforzado ¾"	20	m
6 protectores de goma de PVC/nitrilo	1.91	cm
6 soportes de manguera de acero inoxidable	-	-
12 conectores de cople	1.91	cm

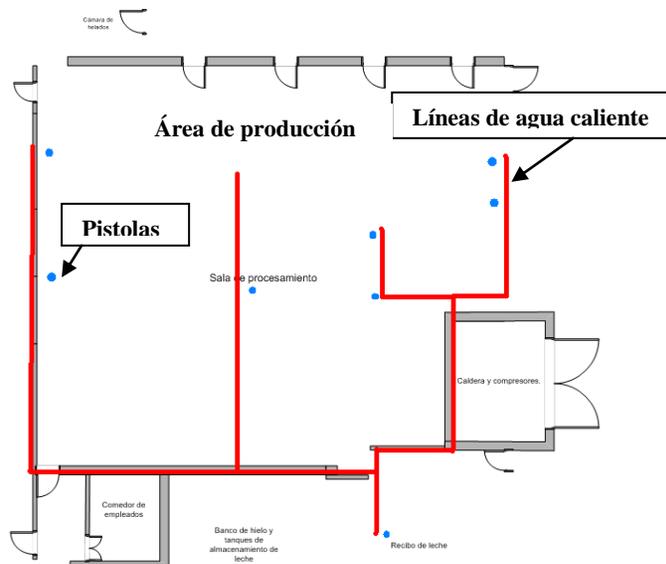


Figura 7. Diseño del sistema de hidrolavado.

La demanda total de agua se reduce de 273,723 a 251,825 litros por mes (Cuadro 8). El volumen de combustible ahorrado es de 8%, es decir el ahorro de combustible equivaldría de 288 a 303 litros por mes. Se observa también una reducción de 11% en emisiones de CO₂, es decir, la generación de CO₂ pasa de 120 Tm/año a 107 Tm/año; de acuerdo a esto último hay una disminución de la huella de carbono por mecanismos de desarrollo limpio (MDL).

Se observa que el volumen de agua caliente consumido por día y el ahorro de diesel/día tienen una correlación positiva ($R^2 = 0.84$). Los días de mayor demanda de agua presentan mayor ahorro, mientras que los días de menor demanda de agua presentan menor ahorro de combustible (Figura 8).

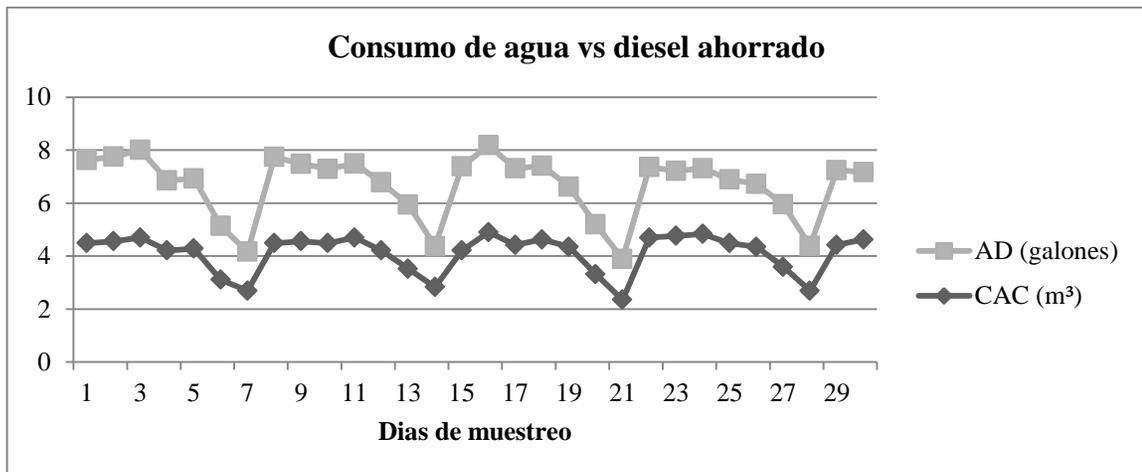


Figura 8. Consumo de agua caliente (CAC) vs diesel ahorrado (AD) en el mes de muestreo.

Cuadro 8. Resumen de resultados del escenario 1. Pre factibilidad técnica.

Descripción	Valor	Unidad
Consumo de diesel	41,791	l
Emisiones de CO ₂	107	Tm/año
Emisiones de NO _x	278	kg/año
Emisiones de SO ₂	328	kg/año
Emisiones de CH ₄	4.5	kg/año
Consumo para el saneamiento	73,591	l/mes
Consumo para los procesos	178,234	l/mes
Demanda total de agua	251,825	l/mes
Ahorro en combustible	8	%
Ahorro en consumo de agua para la sanitización	8	%

Escenario 2: Implementación de Sistema Solar Térmico (SST). En este escenario se plantea el dimensionamiento de un Sistema Solar Térmico de tubos de vacío de flujo directo. Se utilizaron los datos de resumen (Cuadro 8) del escenario 0, para secuenciar el proceso de análisis. Los tubos de vacío “heat – pipe” pueden llevar el agua a temperaturas cercanas a los 100°C (Khalid y Hassan Al-Joboory 2012). Al conocer los volúmenes de agua demandados, ya sea para procesos o para la sanitización del área de producción, se procede al análisis del área de uso. El volumen de consumo de agua para procesos permanece constante, porque con las medidas de eficiencia energética solo se puede disminuir el volumen de agua consumido para saneamiento. Para la implementación del SST, se determinó que hay que construir una obra física de hormigón armado y terraza plana, para evitar la sombra producida por las construcciones aledañas, los árboles, y el biodigestor contiguo a la planta de lácteos. Se determinó que el área magra de construcción sería de 392 m², debido a que se tiene que excavar, el área total de uso es de 458 m².

En promedio, cada tubo de vacío es capaz de calentar 10 litros de agua, por lo que para cubrir la demanda diaria de agua caliente se necesitarían grupos de 30 tubos de vacío “heat – pipe” para cada colector solar y su superficie de absorción. Se determinó que se necesitarían 34 colectores solares para cubrir la demanda total. Se le da un valor de holgura de 5 % por encima del valor de consumo total estimado hasta el momento. El volumen de vapor máximo requerido por la planta es de 4,902 litros por día en 7.1 Hp/día. El volumen máximo de consumo por día para la sanitización, es de 3,685 litros por día; se toma en cuenta este último valor debido a que se puede proveer agua para la sanitización y también agua a la alimentación de la caldera todos los días desde las 5:00 am. Según Martínez (2011) los elementos y materiales necesarios para el dimensionamiento del SST son variados (Cuadro 9).

Cuadro 9. Elementos y herramientas del SST de tubos de vacío.

Descripción	Tamaño	Unidad
Tubos de vacío heat – pipe por paneles	34	Colectores
Tuberías de cobre de 1.91 cm de diámetro	200	m
3 Bombas de circulación forzada	½	HP
Termo tanques	10,000	Litros
4 válvulas de seguridad, de corte y verificación	100	PSI
4 termostatos	150	°C
35 codos	1.91	cm
40 uniones universales	1.91	cm
4 Manómetros de alta presión	≥150	PSI

La obra física para la implementación del SST estaría construida en la zona contigua a la planta, es decir junto a la caseta de basura de la planta de lácteos. Se proporcionaría agua para el consumo de la caldera, y para el saneamiento del área de producción. En este caso se propone el dimensionamiento de 10,000 litros para cubrir la demanda diaria de agua para el saneamiento y generación de vapor de la caldera. La distribución de uso de la capacidad del SST comprendería 4,000 litros para el saneamiento, 4,000 litros para alimentar a la caldera, mientras que los 2,000 litros restantes se ocuparían para recirculación del agua caliente. Se ha sobre dimensionado el sistema debido a que la producción de la planta de lácteos puede incrementar, y se necesitaría que el volumen de agua necesario siempre esté disponible. El volumen de agua caliente proporcionado por el SST para alimentar la caldera estaría disponible en las horas de la mañana desde las 5:00 am a temperaturas desde 55 a 75°C. La caldera industrial genera vapor solo cuando la planta usa agua caliente, ya sea para saneamiento o para procesos, y el vapor que no es utilizado se acumula en un taque de condensado.

La eficiencia de absorción de los tubos de vacío “heat – pipe” es en promedio de 93%. Cada colector tiene un área efectiva de absorción del 3.8 m². Se toma en cuenta el valor de radiación promedio histórica, se sabe que por cada m² de absorción, se tienen 4,72 kw por

cada hora pico de sol, es decir, para un área de 114 m² se tendría una descarga energética de 538 kw por cada hora pico de sol. Al transformar kwh a kcal el valor sería de 462,666 kcal/m² en 114 m² por hora pico de sol.

La eficiencia diaria del sistema es del 88%, cuyas pérdidas térmicas se distribuyen en: 5% para el sistema de colectores, 3% para el sistema de acumulación y 4% para el sistema de recirculado y tuberías (líneas de agua fría y caliente). Al considerar la eficiencia (88%) del SST, la cantidad de calor aprovechada sería de 416,339 kcal. En cinco horas pico de sol, desde las 10:15 am hasta las 15:30 pm, el calor ganado por el SST sería de 2 081,995 kcal. La cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 10,000 litros de agua desde 15 °C a 93°C es de 701,431 kcal. Para que el SST provea agua a 93°C se necesitarían cuatro horas pico de sol por día. Según la estación climatológica de Zamorano (2012), acá se tienen aproximadamente 6 horas pico de sol por día. Se determina que la pérdida diaria de calor por trasladar el agua caliente desde el SST hasta la caldera es de 3 a 4 °C. Mientras que en el sistema de acumulación con aislante térmico proyectado de poliuretano, al usar un coeficiente k igual a 0.026 Watt/mK (Coronel 2005) se obtiene que la pérdida de calor diaria máxima es de 10°C y la mínima de 6°C.

La caldera presenta un consumo de 5.6 galones de diesel por hora, esto quiere decir que es de bajo consumo, debido a que está muy cerca de 5.5 galones por hora (su menor consumo, según sus datos técnicos). Se estima que todos los días de lunes a domingo, se pueden proveer un volumen de agua de 10,000 litros a 65°C desde las 5:00 am para alimentar la caldera en el inicio de sus operaciones. La reducción de consumo de diesel para llevar el agua desde 65.0°C a 157.9°C es menor a como si la llevara desde 15.0°C a 157.9°C. Con el funcionamiento del SST se tendría a partir de las 8:00 am un aumento térmico constante de 12.7 °C promedio por cada hora.

El ahorro depende de la variación de temperatura por cada hora, el ahorro de combustible es mayor según las horas pico de uso de la caldera. Se toma como referencia el posible ahorro generado en los diferentes meses del año. Se determina que el ahorro en el año es de 49.5%, es decir, para este porcentaje de ahorro el consumo de combustible disminuye de 45,425 a 22,940 litros por año; lo cual no difiere significativamente al utilizar la radiación promedio, cuyo ahorro equivaldría a 49.0%. El ahorro mensual de diesel sería en promedio de 1,855 litros. Sin embargo, el ahorro no es igual en todos los meses, este varía según la cantidad de calor que el sistema capta por cada día. Según los datos de radiación solar obtenidos, el mes de mayor ahorro es abril con 57%, mientras que el de menor ahorro es diciembre con 40%, la diferencia entre ambos es de 17% (Cuadro 10).

Cuadro 10. Ahorro de diesel por cada mes del año.

Mes	Kcal/m ²	Ahorro (%)	Ahorro (l)
Enero	3,387.79	41	1,552
Febrero	3,903.67	48	1,817
Marzo	4,496.99	55	2,082
Abril	4,677.56	57	2,158
Mayo	4,411.01	54	2,044
Junio	4,350.82	53	2,006
Julio	4,110.06	50	1,893
Agosto	4,256.23	52	1,968
Septiembre	4,454.00	54	2,044
Octubre	3,826.31	47	1,779
Noviembre	3,551.16	43	1,628
Diciembre	3,276.01	40	1,514
Promedio	4,058.47	49	1,855
Total en el año			22,485

Para la implementación del SST se tiene que construir una obra física de ingeniería civil. En la planta el espacio estaría repartido en sala de máquinas, baños, bodegas, sala de conferencias, mientras que en la terraza encontraríamos 34 paneles solares de tubos de vacío conectados dos en serie, y el conjunto en paralelo (Figuras 9, 10 y 11). En el SST tienen líneas de agua caliente y de agua fría, lo cual se simboliza con rojo para el paso de agua caliente y azul para el paso de agua fría.

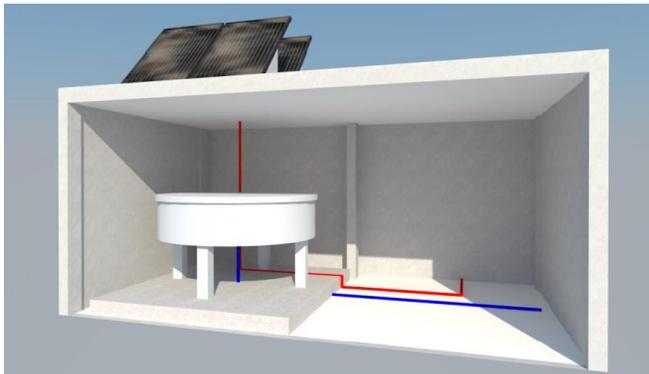


Figura 9. Diseño de un SST para la planta de lácteos de Zamorano a tamaño real dimensionado a escala en 3D.

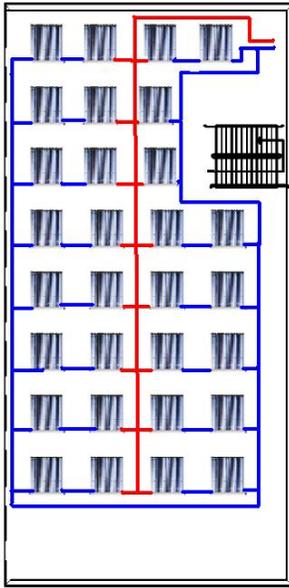


Figura 10. Diseño de un SST para la planta de lácteos de Zamorano. Planta alta.

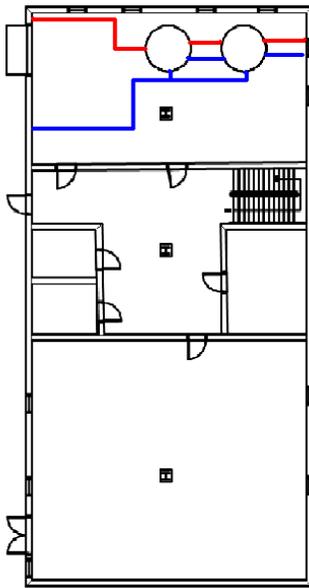


Figura 11. Diseño de un SST para la planta de lácteos de Zamorano. Planta baja.

El SST puede llegar a cubrir el 97% del agua consumida por la caldera en el mes, y el 82% en el día de máximo consumo. También puede proveer hasta el 90% del agua total consumida para la sanitización del área de producción. Incluso el SST puede proveer agua caliente a 42°C para la elaboración de yogurt desde las 8:00 am de todos los días. Según Calle y Ortiz (2012), para mantener el SST, se necesitaría realizar un plan operativo de vigilancia, que consiste en limpiar el sistema cada tres meses en forma interna, y cada día de forma externa. Se realizará una rutina de mantenimiento una vez por año, y como

máximo dos veces al año, así mismo un control diario de la temperatura y presión, o también una vez cada cinco años. En planta de lácteos los trabajadores están capacitados para realizar controles periódicos de la caldera “boiler”, y la mantienen regulada en 85 PSI de presión, el SST requiere de controles similares. Para el mantenimiento del sistema se puede trabajar en conjunto con el módulo de energías renovables perteneciente al Departamento de Ambiente y Desarrollo (DAD).

Cuadro 11. Resumen de resultados del escenario 2. Pre factibilidad técnica.

Descripción	Valor	Unidad
Consumo de diesel	22,940	l/año
Emisiones de CO ₂	55.62	kg/año
Emisiones de NO _x	156.74	kg/año
Emisiones de SO ₂	184.54	kg/año
Emisiones de CH ₄	2.5	kg/año
Consumo para el saneamiento	95,489	l/mes
Consumo para los procesos	178,234	l/mes
Demanda total de agua caliente	273,723	l/mes
Ahorro en combustible por año	50	%
Ahorro de agua caliente	0	%

Escenario 3: MEE y SST. En este escenario se unen la reducción de consumo de agua y combustible a través del sistema de hidrolavado con pistolas de presión, más la reducción de consumo de combustible con los calentadores solares de tubos de vacío “heat – pipe”. Al mismo tiempo se observa que hay ahorro de agua, así como de combustible. El ahorro de combustible es mayor en 5% a lo resultante en el escenario 2, y 46% por encima del escenario 1 (Cuadro 12). Así como las emisiones de CO₂ se reducen en 45% en relación al escenario 0. Se observa ahorro de agua de 8%, mientras que en el escenario 2 es igual a 0%. Se observa que el ahorro de combustible pasa de 45,425 a 20,896 litros por año, esto en relación al escenario cero. El ahorro parcial es de diesel consumido es de 54% por año.

Cuadro 12. Resumen de resultados del Escenario 3. Pre factibilidad técnica

Descripción	Valor	Unidad
Volumen de consumo de diesel	20,896	l/año
Emisiones de CO ₂	55	Tm/año
Emisiones de NO _x	147	kg/año
Emisiones de SO ₂	173	kg/año
Emisiones de CH ₄	2.4	kg/año
Consumo para el saneamiento	73,591	l/mes
Consumo para los procesos	178,234	l/mes
Demanda total de agua caliente	251,825	l/mes
Ahorro en combustible	54	%
Ahorro de agua caliente	8	%

Pre factibilidad Financiera. Según el balance general de la Planta de Lácteos de Zamorano, actualizado al 2011, el total de ingresos fueron de US \$1 839,547, mientras que el total de egresos fueron de US \$1 503,713. La participación porcentual en los egresos por parte del gasto en combustible fue del 3.92%, por lo que representaría 18% de las utilidades, valor que en dinero es el monto de US \$59,012. Para realizar los cálculos de costo de inversión en cada escenario, se han tomado los precios estándar de mercado de cada dispositivo, accesorio, actividad u obra física a implementar.

La Planta de Lácteos de Zamorano consume 3786 litros de diesel al granel por mes, el mismo que es usado para calentar agua de sanitización en el área de producción, de recibo, y también para los procesos de elaboración de queso, leche fluida, yogurt, crema y leche con chocolate. Según bodega y suministros de Zamorano el precio de compra del galón de diesel al granel, actualizado al 2 de Mayo de 2012, es de US \$4.43, por lo que el consumo de 3786 litros implicó un costo de US \$4,430.

Escenario 0: Situación actual. Debido a la constante variación de los precios, se ha tomado un precio ponderado basado en los valores históricos por bodega y suministros a la fecha del 9 de julio de 2012 equivalente a \$1.15/litro. A precio estándar de mercado, una caldera boiler industrial de 40 HP a diesel de segunda mano y con características similares de la que posee Planta de Lácteos de Zamorano en promedio tiene el precio de \$10,000, una vida útil de 15 años, y su porcentaje de depreciación es de 10% anual. El valor de rescate de la caldera es \$1000, a partir de la fecha 10 años en adelante.

La depreciación anual de la máquina, en su estado actual es aproximadamente de \$600. Según la empresa consultora Pampagrass S.A (2009), la tasa de corte aplicable para este tipo de proyectos es de 17.7%, mientras que los gravámenes arancelarios son equivalentes a 0%. Sin embargo, debido a la variación anual del IPC (Índice de Precios del Consumidor), y otras variables macroeconómicas, la tasa de interés es cambiante, por lo que, para datos actualizados al 2012, la tasa de corte es de 11.42%. Se consideró la tasa de interés efectiva de los bonos del tesoro de los Estados Unidos de 2.64% con corte al 4 de mayo de 2012, esto debido a que la inversión sería realizada en dólares americanos (\$), así como el riesgo país de Honduras/Estados Unidos igual a 2.46%, el riesgo del proyecto de 3.00%, beta desapalancada de 0.90 como medida de riesgo sistemático y la prima de riesgo de 3.32%. Para los costos de mantenimiento se tomó en cuenta la inflación proyectada al 2013 por el Banco Central de Honduras (2012), con un valor porcentual de 6.5%. Los indicadores financieros, tales como el VAN, la TIR y el PRI son iguales a cero porque aún no se ha invertido en ningún sistema ahorrativo.

Según una proyección realizada por la empresa cotizadora de petróleo “Brent” (2012) el encarecimiento del barril de petróleo a 5 años sería del 23.47% en relación a precio actualizado a mayo de 2012 igual a \$95/barril. Debido a esto la tasa incremental anual del precio del combustible se estima en 4.69%. Los indicadores financieros no presentan resultados debido a que aún no se ha realizado la inversión (Cuadro 13).

Cuadro 13. Resumen de los resultados del Escenario cero. Pre factibilidad financiera.

Descripción	Valor
Costo del diesel por año (\$)	52,068
Costo de mantenimiento por año (\$)	1,200
Inversión inicial (\$)	0
Ahorro al primer año (\$)	0
VAN (\$)	0
PRI (Años)	0
TIR (%)	0

Escenario 1: Implementación de las MEE: Sistema de hidrolavado. La planta de lácteos de Zamorano no paga por el agua que consume, sin embargo, la reducción del volumen de agua caliente significa la reducción de 8% del consumo total de diesel, e influye proporcionalmente en el gasto del combustible y cuya equivalencia es de 303 litros de diesel por mes, lo cual en dinero representa el monto de \$338/mes. Se requiere la inversión de un sistema de hidrolavado con un costo estimativo de \$7,573. El valor de pago por desgravación arancelaria equivalente a 0 para Zamorano, y también por parte de las actuales políticas del estado hondureño con respecto a la inversión en mecanismos de desarrollo limpio. El sistema de hidrolavado sería importado desde China a HMC, debido a la diferencia de precios con otras empresas, tales como Prevost o Gunjet AA70. HMC incluye dentro de los precios ofertados los costos de envío del producto, y accesorios varios para la instalación.

El producto sería enviado por HMC a Puerto Cortés, luego retirado y traído a Zamorano por transporte contratado, para lo cual, según la Asociación de Transportistas de Honduras con datos actualizados a Febrero del 2012, el precio por Km recorrido es de \$1.98. La vida útil del sistema de hidrolavado es de cinco años, por lo que su depreciación anual sería equivalente a \$1,164 y su valor de rescate es de \$1,753.

El PRI es de dos años, mientras que el VAN es de \$ 10,060 al término de los cinco años proyectados con respecto a la inversión inicial. Esto indica que la inversión se recupera a corto plazo. Se tiene una TIR de 51%, lo cual significa que el rendimiento futuro de la inversión es el 51% por encima de cada dólar que se invierte (Cuadros 14 y 15). Los indicadores financieros predicen que esta inversión es rentable al corto plazo, ya que por un lado el VAN es mayor que la inversión inicial, y el PRI es menor a cinco años. No se necesita invertir en adecuaciones adicionales a las ya implementadas, porque lo que se propone es una renovación del sistema ya existente.

Cuadro 14. Flujo de efectivo del escenario 1.

Detalle	Años					
	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (\$)	-7,573					
Mantenimiento (\$)		-213	-227	-242	-257	-274
Ingresos (\$)		4,361	4,565	4,779	5,109	5,462
Neto anual (\$)	-7,573	4,149	4,340	4,541	4,856	5,193
Flujo acumulado (\$)	-7,573	-3424,	916	5,457	10,313	15,506
VAN (\$)	10,060					
TIR (%)	51					
PRI (Años)	2					

Cuadro 15. Resumen de los resultados del Escenario 1. Pre factibilidad financiera.

Descripción	Valor
Costo del diesel en el primer año (\$)	47,919
Costo de mantenimiento por año (\$)	200
Inversión inicial (\$)	7,573
Ahorro en el primer año (\$)	4,149
VAN (\$)	10,060
PRI (Años)	2
TIR (%)	43

Escenario 2: Implementación del SST. Ya realizado el dimensionamiento del SST en lo técnico, se procedió a cotizar el tamaño de la inversión incurrida en un sistema solar térmico. Se realizaron cotizaciones y posteriores cálculos para determinar la inversión total necesaria. La inversión se divide en: obra física con valor parcial de \$38,057 y el sistema solar térmico completo cotizado a precios estándar de mercado equivalente a un parcial de \$36,440, cuya suma total como monto inicial de inversión es de \$74,597. La vida útil del sistema es de 20 años y el valor de desecho de 10%, por lo que su depreciación anual es de \$1,640. El valor de rescate al término de su vida útil es de \$3,640.

Se realizaron cotizaciones en diferentes empresas, por ejemplo, en SAECSA el costo del sistema de captación asciende a \$30,000, sin contar con los demás componentes del SST, y por otro lado a Solar High Tech, cuyo costo incluido el sistema de acumulación es de \$40,460, esto sin tomar en cuenta el sistema de recirculación, y otros accesorios varios.

La diferencia de precios entre lo ofrecido por Sun Surf y las demás empresas, es hasta del 100%. Los precios de Sun Surf son en general 30% menores a lo ofrecido por sus competidores. Se importan tanques térmicos de acumulación, mangueras solares y paneles solares térmicos desde China a las empresas Jiangxi Fengchi New Energy Co, GD –

FLEX, y SunSurf New Energy Co. El producto sería retirado en Puerto Cortés, para lo cual se requieren recorrer 334 Km en dos camiones para carga pesada.

Al realizar los cálculos respectivos, se obtiene un VAN de \$28,690, una TIR de 27% y un período de recuperación de la inversión (PRI) de tres años (cuadro 16). Esto indica que la inversión es rentable tanto a corto, como a largo plazo, debido a que el VAN es positivo y la inversión se recupera en menos de cinco años.

Cuadro 16. Flujo de efectivo del escenario 2. Prefactibilidad financiera.

Detalle	Años					
	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (\$)	-74,597					
Mantenimiento (\$)		-213	-227	-242	-257	-274
Ingresos (\$)		27,255	28,533	29,871	31,272	32,739
Neto anual (\$)	-74,597	27,043	28,308	29,633	31,019	32,470
Flujo acumulado (\$)	-74,597	-47,554	-19,245	10,388	41,407	73,877
VAN (\$)	28,690					
TIR (%)	27					
PRI (Años)	3					

El VAN de US\$28,690 no cubre completamente la inversión inicial, esto es aceptable porque este tipo de proyecto de inversión no tiene como objeto principal la producción frutiva de ingresos. Por otro lado, el costo de mantenimiento por año es aproximadamente de \$200, debido a que no se requiere dar cuidados intensivos todos los días, sino que es periódico, cada seis meses o una vez por año. Se necesitan pocos implementos electrónicos (bombas de recirculación) para que el sistema permanezca en funcionamiento.

Cuadro 17. Resumen de los resultados del Escenario 2. Pre factibilidad financiera.

Descripción	Valor
Costo del diesel por año (\$)	27,254
Costo de mantenimiento por año (\$)	200
Inversión inicial (\$)	74,597
Ahorro en el primer año (\$)	27,043
VAN (\$)	28,690
PRI (Años)	3
TIR (%)	27

La disminución del gasto por combustible en este escenario es más significativa que en el escenario anterior, sin embargo se observa que la TIR es mucho menor en relación al escenario 1.

Escenario 3: Implementación del SST más MEE. En este escenario se suman los costos de inversión incurridos en los anteriores escenarios, y se observa el VAN de \$44,579, TIR del 28%, y la inversión tarda tres años en recuperarse (PRI). Esto indica que la inversión en este escenario es rentable por que el VAN es positivo y la TIR es mayor al 10%. No es una inversión productiva, sino ahorrativa, por lo que no se espera que el VAN exceda el valor de la inversión inicial (Cuadro 18).

Cuadro 18. Flujo de efectivo del escenario 3.

Detalle	Años					
	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (\$)	-82169					
Mantenimiento (\$)		-320	-341	-363	-387	-413
Ingresos (\$)		29,435	31,378	33,449	35,657	38,010
Neto anual (\$)	-82,169	29,117	31,039	33,089	35,273	37,602
Flujo acumulado (\$)	-82,169	-53,053	-22,014	11,075	46,378	83,950
VAN (\$)	44,579					
TIR (%)	28%					
PRI (Años)	3					

En este escenario la reducción de consumo y gastos por consumo es mucho mayor que en los dos escenarios anteriores. Sin embargo, la TIR más alta está en el escenario 1 con 51%.

Cuadro 19. Resumen de los resultados del escenario 3. Prefactibilidad financiera.

Descripción	Valor
Costo del diesel en el primer año (\$)	25,075
Costo de mantenimiento por año (\$)	320
Inversión inicial (\$)	82,169
Ahorro en el primer año (\$)	29,117
VAN (\$)	44,579
PRI (Años)	3
TIR (%)	28

Comparación de resultados. El VAN más alto se obtiene al implementar medidas de eficiencia energética y un sistema solar térmico (escenario 3), mientras que el más bajo se lo encuentra al solo implementar las medidas de ahorro en agua (escenario 1). Sin embargo, la TIR más alta y el PRI más bajo se aprecia en el escenario 1. Las horas pico de uso de la caldera son menores en el escenario 3 y mayores en el escenario 1 (Cuadro 20). El menor peso de emisiones de CO₂ se registró en el escenario 3 y el mayor en el escenario 1. En el escenario 3 hay tanto ahorro de combustible como ahorro de agua. El mayor ahorro de agua, combustible y dinero es registrado en el escenario 3 cuyo PRI es de tres años (Cuadro 20).

Cuadro 20. Comparación de resultados todos los escenarios.

Descripción	E0	E1	E2	E3
	Actual	MEE	SST	SST+MEE
Volumen de agua por mes (litros)	273,723	251,825	273,723	251,825
Volumen de diesel por año (litros)	45,425	41,791	22,713	20,896
Gasto en combustible por año (\$)	52,068	47,919	26,034	25,075
Ahorro de agua (%)	0	8	0	8
Ahorro en combustible (%)	0	8	50	54
Emisiones de CO ₂ por año (Tm)	120	107	59	55
Horas pico de uso por mes (Hp)	179	165	90	88
VAN (\$)	0	10,060	28,690	44,579
TIR (%)	0	51	27	28
PRI (años)	0	2	3	3

El escenario 1 es rentable en lo financiero y al mismo tiempo eficiente con el uso del agua, lo que le da sostenibilidad ambiental. Hay reducción tanto de consumo de agua caliente en 8%, como de volumen de combustible en 8%.

El escenario 3 tiene presenta menor carga de trabajo para la caldera, debido a que su reducción con respecto al escenario 0 es de 49% de horas pico de trabajo por mes, esto influye en los costos por concepto de mantenimiento de la caldera industrial. Los resultados en este escenario difieren poco de Estrada (2006), quien plantea que al implementar un sistema solar térmico se estima una reducción de costos hasta de 50%. El escenario 3 presenta el mayor ahorro de combustible con 54%, así como ahorro de agua

caliente con 8%, este es el más completo. Sin embargo la inversión en el escenario 3 es muy alta (Cuadro 2).

La TIR del escenario 2 difiere de Martinez (2011), debido a que es 11 veces mayor. Esto se debe al precio del combustible usado por la planta para calentar agua, y a que no lo plantea como sistema auxiliar de un caldero “boiler”. El cilindro de gas licuado en Ecuador cuesta \$1.60, y el litro de diesel en Honduras es ofertado a \$1.15, esto con precio ponderado al 2012. El precio del combustible es mayor en Honduras que en Ecuador, por lo que Martinez obtiene una TIR de 2.5%, mientras que en el escenario 2 se prevé una TIR de 27%. Por la misma razón el PRI del sistema solar planteado por Martinez es de 15 años, mientras que el PRI en todos los escenarios es menor a cinco años.

4. CONCLUSIONES

- La aplicación de un programa de producción más limpia enfocado en la implementación de medidas de reducción del consumo de agua (MEE), contribuye en forma directa a la eficiencia energética ya que al evitar el desperdicio de agua caliente se reduce el consumo de combustible requerida para su producción.
- Los días de mayor consumo de agua caliente, ya sea para los procesos, o para el saneamiento del área de producción son lunes a viernes, mientras que el sábado y domingo representan el menor consumo. El volumen de agua para los procesos representa el 65% del total de agua caliente demandada por mes, mientras el 35% restante corresponde al agua consumida para la sanitización. El volumen de agua caliente consumida por mes representa el 18% del consumo total.
- El diseño del sistema solar térmico para la planta de lácteos de Zamorano fue desarrollado tomando en cuenta datos técnicos teóricos y extrapolando experiencias obtenidas en sistemas similares. Para la obtención del diseño final se requiere contar con datos experimentales en el campus Zamorano.
- La instalación del sistema solar térmico ocupara un área aproximada de 458 m², para lo cual se deberá construir una obra física apropiada que será definido por el departamento de Diseño y Construcción. Por otro lado, para implementar medidas de eficiencia energética no requiere de la construcción de obras físicas o remodelaciones en la planta.
- El costo total de implementar las medidas de eficiencia energética en conjunto con el sistema solar térmico asciende a \$82,169, de los cuales \$7,573 se invertirían en las medidas de eficiencia energética y \$74,597 en el sistema solar térmico de tubos de vacío “heat – pipe”. Los cálculos financieros realizados muestran que en tres años la inversión será recuperada.
- El VAN más alto corresponde al escenario 3 equivalente a \$44,579, mientras que el más bajo se lo encuentra en el escenario 1 con un valor de \$10,060. La TIR más alta se la observa en el escenario 1 con el 51%, mientras que la más baja está en el escenario 2 con 27%. La inversión más rentable al corto plazo sería la realizada en el escenario 1, mientras que para esperar los mejores retornos a largo plazo se tiene que invertir en el escenario 3.

- El sistema solar térmico de tubos de vacío “heat – pipe” en conjunto a un sistema de hidrolavado, no requiere mantenimiento de rutina diaria, por lo cual los costos para mantener operativo el sistema se estiman en \$300 anuales, a diferencia del caldero “boiler” cuyos costos de mantenimiento ascienden a \$100 mensuales.
- El escenario 3 es el más pre factible, debido a que tiene el VAN más alto, y además incluye al mismo tiempo tanto disminución de volumen de agua consumida en 8%, así como disminución de diesel en 54%. El escenario 3 presenta la mayor masa de emisiones reducidas. La opción menos pre factible es la del escenario 2, debido a que aunque hay disminución de combustible quemado en 50%,no ofrece disminución de volumen de agua caliente consumida, y por lo tanto no hay eficiencia en el uso del agua.

5. RECOMENDACIONES

- La planta de lácteos de Zamorano debe invertir o hacer estudio de factibilidad previo para un sistema de recirculación cerrada para reciclaje de agua, en el que incluyan el dimensionamiento de dicho sistema, tanto desde lo técnico como ambiental, económico y social.
- Para el cálculo de los indicadores financieros se hizo uso de las ofertas de equipo adquirido en China, debido a su bajo costo y su diseño estructural presenta pocas diferencias en comparación a proveedores europeos o norteamericanos. La selección del proveedor de equipo al momento de realizar la implementación del sistema afectará directamente la inversión inicial y por lo tanto los periodos de recuperación de la misma.
- Se tiene que hacer un estudio de impacto ambiental de suelos para determinar si hay fuga en el tanque de almacenamiento de combustible. Según el instructor encargado de planta de lácteos (2012), en el mes de Julio el combustible se terminó antes de lo normalmente esperado, sin que la producción haya aumentado.
- Es recomendable que la planta de lácteos de Zamorano invierta en un sistema solar térmico piloto de tubos de vacío para evaluar la eficiencia térmica del mismo y ajustar a valores experimentales al diseño del sistema propuesto (Anexo 13). Se requiere conocer con mayor exactitud el rendimiento de los tubos de vacío “heat – pipe” en las condiciones climatológicas de Zamorano, principalmente el rendimiento de captación de radiación solar y horas pico por día en diferentes épocas del año.
- Es recomendable realizar estudios adicionales que muestren los beneficios ambientales asociados a la reducción del uso de combustible y el incremento en eficiencia de consumo de agua para los procesos de producción y sanitización, los cuales fortalecerán la toma de decisiones en la implementación de las modificaciones sugeridas.

6. LITERATURA CITADA

Acquatella J. 2008. Energía y cambio climático: Oportunidades para una política energética integrada en América Latina y El Caribe. 1 ed. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Chile. 126 p.

Arora S., Chitkara S., Udayakumar E., Ali M. 2011. Thermal analysis of evacuated solar tube collector. Journal of Petroleum and Gas Engineering 2(4): 74 – 82.

Alyompe L. M., Duffy A., McKormack S. J, Conlon M. 2011. Validated TRNSYS model for forced circulation solar water heating systems with flat plate and heat pipe evacuated tube collectors. Applied Thermal Engineering 31(8/9): 1536 – 1542.

Alcatraz R. 2006. El Emprendedor de Éxito. 3 ed. McGraw-Hill. México D.F., México. 311 p.

Banco Mundial. 2010. Informe sobre el desarrollo mundial 2010: Panorama general, desarrollo y cambio climático. 1 ed. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial. Washington D.C, Estados Unidos. 40 p.

Castro E. y Ortiz G. 2012. Eficiencia Energética: Calentadores solares. Estudio de factibilidad para el calentamiento de agua en la cafetería de la UTPL. Trabajo de fin de carrera previa a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador. 81 p.

Centro de Producción más Limpia de Nicaragua (CPMLN). 2007. Manual de Buenas Prácticas Operativas de Producción más Limpia para la Industria Láctea. USAID, PROARCA/SIGMA, CCAD. 48 p.

Coefficiente beta desapalancada, consultado el 5 de mayo de 2012, disponible online en: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar>

Colección de tablas gráficas y ecuaciones, consultado el 20 de Mayo de 2012, disponible online en: http://www.esi2.us.es/~jfc/Descargas/TC/Coleccion_tablas_graficas_TC.pdf

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE). 2007. Eficiencia en calderas y combustión. Secretaría de Energía de México 1(1): 21.

Energy Information Administration (EIA). 2009. Annual Energy Outlook with Projections to 2030. 1 ed. U.S. Department of Energy. Washington D.C., USA. 230 p.

Estrada C., Arancibia C., Dorantes R., Islas J., Muhlia A. 2005. Visión a largo plazo sobre la utilización de las energías renovables en México. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Centro de Investigación en Energía (CIE). México. 45 p.

GD – FLEX: ficha técnica de sistema de tuberías, consultado el 3 de Mayo de 2012, disponible online en: <http://www.gd-flex.com/>

Gitman L. 1997. Fundamentos de Administración. 11 ed. PEARSON Education. Nueva York, Estados Unidos. 631 p.

González .M, Jurado E., González S., Aguirre O., Jiménez J. y Navarro J. 2003. Cambio climático mundial: origen y consecuencias. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Ciencia UANL 6(3): 377 – 385.

Gordon J. 2001. Solar Energy: The State of The Art. James & James (science publishers) Ltd, 2001 ISES. 699 p.

Gutierrez J., Munguía L., Tarradellas J., Ordoñez C., Barahona E. y Ordoñez J. 1996. Estudio de residuos industriales en Tegucigalpa. Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO), Universidad Autónoma de Honduras (UANH). Tegucigalpa, Honduras. 180 p.

HMC: ficha técnica de sistema de hidrolavado, consultado el 28 de Abril de 2012, disponible online en: <http://www.herraymachinery.com/en/index.aspx>

JUBANGSOLAR: ficha técnica de sistema solar, consultado el 4 de Mayo de 2012, disponible online en: <http://www.jubangsolar.com/ProductShow.asp?ID=402>

Kaltschmitt M., Wiese A., y Streicher W. 2007. Renewable Energy: Technology, Economics and Environment. 1 ed. Springer – Verlag Berlin Heidelberg. Leipzig, Germany. 562 p.

Khalid A. Joudi and Hassan N. S. Al-Joboory. Febrero de 2012. Experimental Investigation of Individual Evacuated Heat Pipe Solar Water Heating. Department of Mechanical Engineering, College of Engineering, University of Baghdad. Journal of Engieneering. 3(2): 203 – 222.

Martinez O. 2011. Diseño e instalación de un sistema de calentamiento solar de agua para el sector rural. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico. Escuela Superior de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 215 p.

Ochoa D. 2012. Análisis del uso de estrategias bioclimáticas y refrigeración solar en una planta agroindustrial. Tesis de grado previa la obtención del título de Máster en Energías Renovables, Arquitectura y Urbanismo: La ciudad sostenible (XI). Universidad Internacional de Andalucía. Tegucigalpa, Honduras. 107 p.

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, ONUDI. Introducción a la Producción más Limpia. Consultado el 20 de mayo de 2012, y disponible en online en: http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/CP_ToolKit_spanish/PR-Volume_01/1-Textbook.pdf

Organización Internacional para la Estandarización (ISO). 2004. Norma Internacional ISO 14001:2004. ISO 2004. Suiza. 36 p.

Oxford Economics, Oil Price Outlook. Consultado el 10 de mayo de 2012, y disponible online en: [http://www.oef.com/Free/pdfs/oil_price_outlook\(jun10\).pdf](http://www.oef.com/Free/pdfs/oil_price_outlook(jun10).pdf).

Pampagrass S.A, Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE). 2009. Análisis del Mercado Hondureño de Energías Renovables. 1 ed. PNUD, BCIE, Pmam. Tegucigalpa, Honduras. 143 p.

Paz A., y Estévez E. 2005. Mapeo de Puntos Húmedos, Energía y Procesos de la Planta de Lácteos, Zamorano, Honduras. Tesis de Ingenieros en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente Grado Académico de Licenciatura. Francisco Morazán, HN. EAP Zamorano. 89 p.

Precio actualizado del petróleo, consultado el 30 de abril de 2012, disponible online en: <http://www.preciopetroleo.net/petroleo-hoy.html>

Precios de los bonos de carbo por mecanismos de desarrollo limpio, consultado el 21 de mayo de 2012, y disponible online en: http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/documentation_en.htm

Prima de riesgo de Estados Unidos de Norteamérica, consultado el 3 de septiembre de 2012, disponible online en: <http://datos.bancomundial.org/indicador/FR.INR.RISK>

Propiedades del diesel, consultado el 15 de Abril de 2012, disponible online en: <http://www.afdc.energy.gov/afdc/fuels/properties.html>

Pua Carpio, AS. 2010. Caracterización del consumo de agua de la Planta de Lácteos Zamorano. Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Honduras. 32 p.

Riesgo país de Honduras y Estados Unidos, consultado el 7 de septiembre de 2012, disponible online en: <http://www.euromoneycountryrisk.com/>

Spiegel M. y Stephens L. 2001. Estadística. 3 ed. Mc Graw Hill. 556 p.

SunSurf, consultado el 5 de mayo de 2012, disponible online en: <http://www.sunsurf.com.cn/products/201111169.shtml>

Ossenbach M., Guillén S. y Coto O. 2010. Guía para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable en Honduras. Pampagrass, S.A, BCIE, Proyecto ARECA, Ministerio de Cooperación y Desarrollo de Alemania. Tegucigalpa, Honduras. 57 p.

Soldovieri T. 2011. Física General: Una introducción a los fluidos, vibraciones y termodinámica. 1 ed. Venezuela, Terenzio Soldovieri C. 444 p.

Suárez A. 2005. Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa. 21 ed. Madrid, PIRAMIDE. Madrid, España. 952 p.

Spiegel M. 2010. Probabilidad y estadística. 3 ed. McGraw – Hill Interamericana. México D.F, México. 425 p.

Tabla de Calor específico del agua, consultado el 8 de Mayo de 2012, disponible online en: www.vaxasoftware.com

Tablas de termodinámica, consultado el 7 de Abril de 2012, disponible online en: <http://www.docentes.utonet.edu.bo/ccruz/wp-content/uploads/Tablas-Termodinamica.pdf>

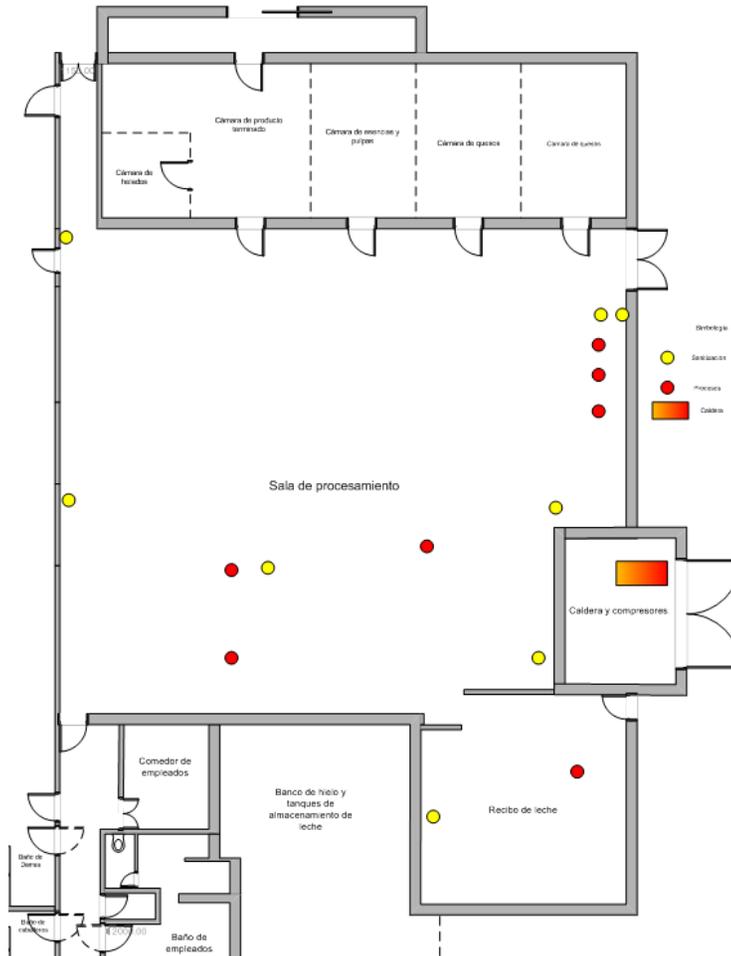
Theunissen P. y Beckman W. 1985. Solar transmittance characteristics of evacuated tubular collectors with diffuse back reflectors. University of Wisconsin – Madison. Solar Energy 35(4):311 -320 p.

Treasury bonds of USA, consultado el 2 de Agosto de 2012, disponible online en: <http://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/Pages/Historic-LongTerm-Rate-Data-Visualization.aspx>

Twindell J. y Weir T. 2006. Renewable Energy Resources. 2 ed. Taylor & Francis. New York, USA. 581 p.

Vanek F. y Albriht L.2008. Energy Ingineering Systems: Evaluation and implementation. 1 ed. McGraw – Hill. USA. 684 p.

7. ANEXOS



Anexo 1. Diagrama de puntos críticos de calor.

Fuente: Elaboración propia con plano de la planta de lácteos de Zamorano.

Los puntos amarillos indican los puntos utilizados para **sanitización**, mientras que los puntos rojos indican el uso de agua para **procesos**.



Anexo 4. Medición de presión con la instalación de un manómetro.



Anexo 5. Caldera industrial de la planta de lácteos de Zamorano, 2012.
 Marca: Power Flame First Thermal Systems.

Ficha técnica de la caldera

Descripción	Valor	Unidad
Tipo	Pirotubular	-
Combustible	Diesel	2
Potencia	40	HP
Consumo de combustible	5.5 – 15	galones/hora
Generación de vapor	690	l/hora
Máxima presión de trabajo	150	PSI

Anexo 6. Hojas de cálculo de horas pico, consumo de vapor y diesel.

Horas pico						Diesel/Hora	5.59284		
Día	Valor	Unidad	Fecha de inicio		Volumen de vapor	Unidad	Volumen diesel (Gal.)	Unidad	
L	1	6.5	Horas	01/04/2012	4487.925	L/día	36.35346756	Gal/día	
M	2	6.6	Horas		4556.97	L/día	36.91275168	Gal/día	
M	3	6.8	Horas		4695.06	L/día	38.03131991	Gal/día	
J	4	6.1	Horas		4211.745	L/día	34.1163311	Gal/día	
V	5	6.2	Horas		4280.79	L/día	34.67561521	Gal/día	
S	6	4.5	Horas		3107.025	L/día	25.16778523	Gal/día	
D	7	3.9	Horas		2692.755	L/día	21.81208054	Gal/día	
L	8	6.5	Horas		4487.925	L/día	36.35346756	Gal/día	
M	9	6.6	Horas		4556.97	L/día	36.91275168	Gal/día	
M	10	6.5	Horas		4487.925	L/día	36.35346756	Gal/día	
J	11	6.8	Horas		4695.06	L/día	38.03131991	Gal/día	
V	12	6.1	Horas		4211.745	L/día	34.1163311	Gal/día	
S	13	5.1	Horas		3521.295	L/día	28.52348993	Gal/día	
D	14	4.1	Horas		2830.845	L/día	22.93064877	Gal/día	
L	15	6.1	Horas		4211.745	L/día	34.1163311	Gal/día	
M	16	7.1	Horas		4902.195	L/día	39.70917226	Gal/día	
M	17	6.4	Horas		4418.88	L/día	35.79418345	Gal/día	
J	18	6.7	Horas		4626.015	L/día	37.47203579	Gal/día	
V	19	6.3	Horas		4349.835	L/día	35.23489933	Gal/día	
S	20	4.8	Horas		3314.16	L/día	26.84563758	Gal/día	
D	21	3.4	Horas		2347.53	L/día	19.01565996	Gal/día	
L	22	6.8	Horas		4695.06	L/día	38.03131991	Gal/día	
M	23	6.9	Horas		4764.105	L/día	38.59060403	Gal/día	
M	24	7	Horas		4833.15	L/día	39.14988814	Gal/día	
J	25	6.5	Horas		4487.925	L/día	36.35346756	Gal/día	
V	26	6.3	Horas		4349.835	L/día	35.23489933	Gal/día	
S	27	5.2	Horas		3590.34	L/día	29.08277405	Gal/día	
D	28	3.9	Horas		2692.755	L/día	21.81208054	Gal/día	
L	29	6.4	Horas	Fecha de finalización	4418.88	L/día	35.79418345	Gal/día	
M	30	6.7	Horas	30/04/2012	4626.015	L/día	37.47203579	Gal/día	
	Suma	178.8	Horas		Suma	123452.46	L/mes	1000	Gal/mes
	Media	5.96	Horas		Media	4115.082	L/día	33.33333333	Gal/día
	D Estándar	1.0585	Horas		D Estándar	730.8385668	L/día	5.920000029	Gal/día

Anexo 7. Formato para cálculo diesel ahorrado.

Hora	Volumen diesel inicial/Hora	Variación de temperatura	Cp (Kj/Kg*°C)	Q (Kj)	Ahorro (gal.)	(Ahorro %)	Volumen de diesel final/h
5 - 8 am	5.592841	142.9	33.23616	4749.447264	0	0	5.592841
5 - 8 am	5.592841	92.9	33.23616	3087.639264	1.956907278	34.9895031	3.635933722
8 - 9 am	5.592841	80.24	33.23616	2666.869478	2.452396201	43.8488453	3.140444799
9 - 10 am	5.592841	67.58	33.23616	2246.099693	2.947885123	52.7081875	2.644955877
10 - 11 am	5.592841	62.9	33.23616	2090.554464	3.131051645	55.983205	2.461789355
12 - 13 pm	5.592841	64.9	33.23616	2157.026784	3.052775353	54.5836249	2.540065647
13 - 14 pm	1.649888095	64.9	33.23616	2157.026784	0.900568729	54.5836249	0.749319366
5 horas	29.6140931			Total	14.44158433	49.4494985	15.17250877
7.1 horas	39.7091711			Total		36.3683853	15.17250877

Anexo 8. Proceso Constructivo de la obra física para la implementación del sistema solar térmico (SST) en la planta de lácteos de Zamorano, 2012.

1. Estacamiento del área a construir (14m x 28m)
2. Limpieza de capa vegetal, aproximadamente 30 cm
3. Colocación de los ejes de simetría, en cada una de las direcciones X (A, B, C), Y (1, 2, 3, 4, 5, 6)
4. Escavacion de las secciones de las cimentaciones en la intersección de cada uno de los ejes, dimensiones :
- 5.

TIPO	X(mts)	Y(mts)
C1	1.20	1.20
C2	2.40	1.20
C3	2.40	2.40

La excavación tendrá una altura de 1.60mts, en cada intersección de los ejes.

1. Colocación de replantillo de 10cm. de hormigón simple (ciclópeo) $f_c=180\text{kg/cm}^2$
2. Armado de la parrilla de hierro $\Phi=12\text{mm}$. en forma reticular con espaciamiento de 20cm en cada uno de los ejes de los plintos.
3. Armado longitudinal para columnas, con 6 hierros $\Phi=14\text{mm}$ y para estribos en dirección transversal de $\Phi=10\text{mm}$ con espaciamiento a 10cm y 20cm en L/3.
4. Sobre el replantillo en la cimentaciones se funde los plintos sobre las parrillas de secciones detalladas en el punto 4, la altura de las cimentaciones son 0.35cm.
5. Armado de arriostramiento a nivel de piso con secciones de 0.20 x 0.20cm y 4 hierros de $\Phi=12\text{mm}$. y estribos de $\Phi=10\text{mm}$ con espaciamiento a 10cm y 20cm en L/3.
6. Preparación de encofrados para las columnas de sección 0.30 x 0.20 (0.30 en sentido Y , 0.20 en el sentido X).
7. Fundición de cadenas de arriostramiento o vigas de piso, $f_c = 210\text{kg/cm}^2$.
8. Colocación de piedra bola y ripio en el nivel de piso y fundición de contrapiso.
9. Fundición de columna, altura de fundición = 3.70mts.
10. Preparación del encofrado para vigas N+3.70
11. Armado de vigas en los sentidos X, Y de sección 0.20m de base y 0.30m de altura. con 6 hierros de $\Phi=12\text{mm}$. y estribos de $\Phi=10\text{mm}$ con espaciamiento a 10cm y 20cm en L/3, bajo el armado de las vigas colocar galletas o soportes de piedra a 2.5cm para que el armado tenga recubrimiento del hormigón.

12. Preparación del encofrado para losa N+3.80
13. Armado del hierro para losas en las dos direcciones respecto de las vigas cada 0.50cm en los sentidos X, Y. De acuerdo al detalle del plano.
14. Colocación de instalaciones eléctricas (puntos de luz) y sanitarias (bajantes de aguas lluvias)
15. Colocación de bloque alivianado (bloque de hoqueras o hueco “pómez en Ecuador”)
16. Fundición de hormigón para la losa con $f_c=210\text{kg/cm}^2$, fundición con una pendiente o inclinación de 2%, que permita el desagüe sobre la losa
17. Humedecimiento diario de la superficie de la losa y columnas durante 28 días.
18. Posterior a los 28 días retiro de encofrados de columnas y losa.
19. Enlucido de pisos, losa y columnas.
20. Levantamiento de paredes, detalladas en los planos

Nota: las dimensiones, secciones y detalles se encuentran en los planos adjuntos.

f_c = resistencia a la compresión de hormigón

L= distancia entre ejes de columnas o vigas

L/3 = tercio de la distancia entre columnas o vigas

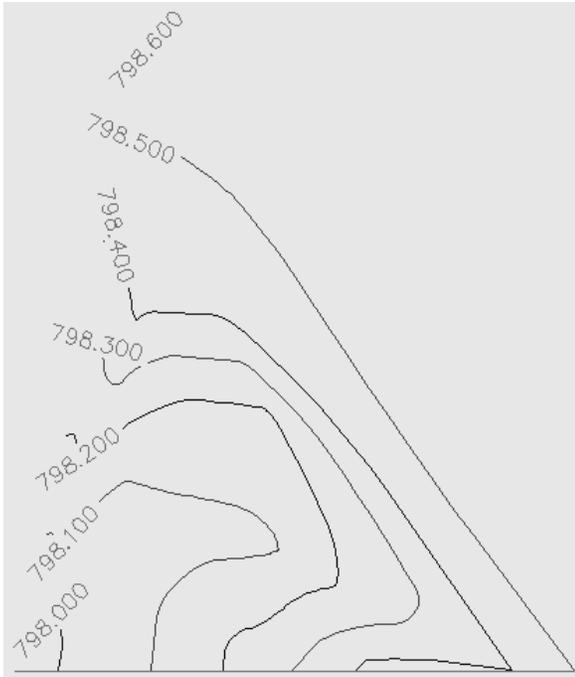
Para la colocación de los estribos se los pondrá cada 10cm en el primer tercio, para el segundo tercio a 20cm y el tercer tercio a 10cm para todas las columnas y vigas.

Fuente: Tapia, 2012

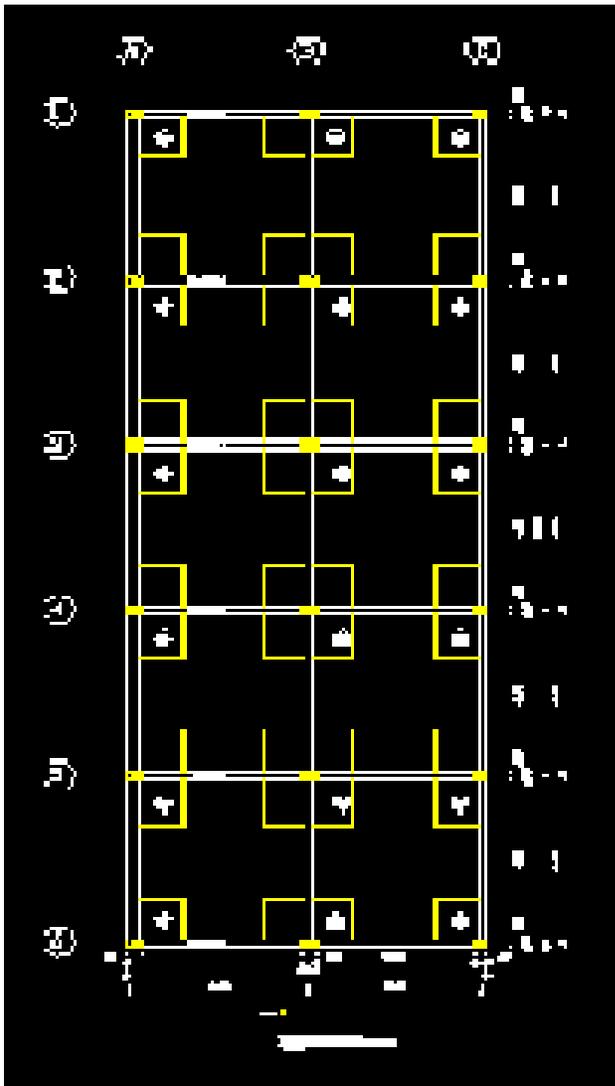
Autor: José Guillermo Tapia

Fecha: 15/04/2012

Escala: 1:2,800



Anexo 9. Mapa de curvas a nivel de terreno para construcción de la obra física del SST.



Anexo 10. Mapa de diseño estructural de la obra física del sistema solar térmico (SST).
Fuente: Tapia, 2012

Anexo 11. Estado de los resultados de la planta de lácteos de Zamorano, Honduras

Escuela Agrícola Panamericana

Estado de Resultados

Página 1 / 2

Presupuesto

Enero - Diciembre

Impresión 24/01/2012 03:09:47

01- PRESUPUESTO 2011

Expresado en U. S. Dollars

Fondo: 1 Corriente
 Subfondo: 101 Corriente
 Area: 10102 EMPRESAS UNIVERSITARIAS
 Centro: 1010211 PLANTA DE LACTEOS
 Sección: 101021101 PLANTA DE LACTEOS

Periodo Enero - Diciembre				Cuenta	Descripción	Acumulado de Enero - Diciembre				Anual					
Actual	Plan	Variación				Actual	Plan	Variación		Plan	Congelado a Marzo	Compromiso	Retenido > a Diciembre	Disponible	
		\$	%					\$	%					\$	%
(384,524)	(340,304)	44,220	13	410301	Transferencia de productos	(384,524)	(340,304)	44,220	13	(340,304)	0	44,220	(13)		
9,798	(2)	(9,800)	(26893)	410398	Mermas, Desechos y Devoluciones	9,798	(2)	(9,800)	(6,893)	(2)	0	(9,800)	526,893		
(374,726)	(340,306)	34,420	10	4103	Ventas Internas	(374,726)	(340,306)	34,420	10	(340,306)	0	34,420	(10)		
(1,493,025)	(1,412,262)	80,763	6	410403	Venta de productos	(1,493,025)	(1,412,262)	80,763	6	(1,412,262)	0	80,763	(6)		
5,649		(5,649)		410497	Descuento Sobre Ventas	5,649		(5,649)			0	(5,649)	0		
22,923	51,048	28,125	55	410498	Ofertas y Bonificaciones	22,923	51,048	28,125	55	51,048	0	28,125	55		
(1,464,452)	(1,361,214)	103,238	8	4104	Ventas Externas	(1,464,452)	(1,361,214)	103,238	8	(1,361,214)	0	103,238	(8)		
(369)		369		410699	Varios	(369)		369			0	369	0		
(389)		369	4106		Varios	(389)		369			0	369	0		
(1,898,647)	(1,701,620)	198,027	8	841	INGRESOS	(1,898,647)	(1,701,620)	198,027	8	(1,701,620)	0	198,027	(8)		
64,650	63,455	(1,195)	(2)	500101	Sueldos ordinarios	64,650	63,455	(1,195)	(2)	63,455	0	(1,195)	(2)		
16,980	18,564	1,584	9	500102	Sueldos extraordinarios	16,980	18,564	1,584	9	18,564	260	1,324	7		
285	391	106	27	500103	Prebendas sueldos	285	391	106	27	391	30	76	19		
644	368	(276)	(75)	500107	Seguro por muerte y accidente	644	368	(276)	(75)	368	0	(276)	(75)		
1,800		(1,800)		500108	Vivienda	1,800		(1,800)			0	(1,800)	0		
5,310	5,288	(23)		500111	Cesantia	5,310	5,288	(23)		5,288	50	0	(73)		
5,387	5,288	(99)	(2)	500112	Treceavo	5,387	5,288	(99)	(2)	5,288	53	0	(152)		
4,208	4,226	17		500113	Seguro medico hospitalario	4,208	4,226	17		4,226	43	0	(26)		
1,104	1,091	(13)	(1)	500114	Plan de retiro	1,104	1,091	(13)	(1)	1,091	51	0	(64)		
970	952	(18)	(2)	500117	Fondo social de la vivienda	970	952	(18)	(2)	952	10	0	(38)		
698		(698)		500120	Impuesto sobre la renta	698		(698)			0	(698)	0		
2,281	4,057	1,776	44	500121	Contratos temporales	2,281	4,057	1,776	44	4,057	0	1,776	44		
427		(427)		500126	Accidentes de trabajo	427		(427)			0	(427)	0		
5,387	5,288	(99)	(2)	500126	Catorceavo	5,387	5,288	(99)	(2)	5,288	53	0	(152)		
1,204	1,179	(25)	(2)	500127	Transporte	1,204	1,179	(25)	(2)	1,179	10	0	(35)		
440	433	(7)	(2)	500128	Bono escolar	440	433	(7)	(2)	433	108	0	(116)		
111,778	110,678	(1,100)	(1)	5001	Salarios y beneficios	111,778	110,678	(1,100)	(1)	110,678	668	0	(1,066)		
45		(45)		500401	Material de empaque	45		(45)			0	(45)	0		
59,012	41,325	(17,687)	(43)	500402	Combustibles y lubricantes	59,012	41,325	(17,687)	(43)	41,325	0	(17,687)	(43)		
24,741	21,510	(3,231)	(15)	500407	Suministros de limpieza	24,741	21,510	(3,231)	(15)	21,510	0	(3,231)	(15)		
2,006	2,065	59	3	500408	Suministros de oficina	2,006	2,065	59	3	2,065	364	0	(305)		
68		(68)		500409	Suministros médicos	68		(68)			0	(68)	0		
5,283	10,359	5,076	49	500410	Suministros de laboratorio	5,283	10,359	5,076	49	10,359	0	5,076	49		
1,671	677	(994)	(147)	500416	Herramientas e implementos menores	1,671	677	(994)	(147)	677	0	(994)	(147)		
1,218	952	(266)	(23)	500417	Uniformes	1,218	952	(266)	(23)	952	0	(266)	(23)		
12,440	11,756	(684)	(6)	500418	Otros suministros	12,440	11,756	(684)	(6)	11,756	901	0	(1,585)		
2,892	1,897	(995)	(52)	500419	Adiciones menores de mobiliario y equipo	2,892	1,897	(995)	(52)	1,897	391	710	(2,096)		
17	109	92	84	500420	Atenciones al personal	17	109	92	84	109	59	0	33		
	690	690	100	500421	Arrendamiento de maquinas		690	690	100	690	114	0	576		
109,392	91,380	(18,012)	(20)	5004	Suministros	109,392	91,380	(18,012)	(20)	91,380	1,829	710	(20,552)		
1,915	2,079	164	8	500501	Servicios de comedor	1,915	2,079	164	8	2,079	2	0	162		
2,354	2,218	(136)	(6)	500503	Lavanderia	2,354	2,218	(136)	(6)	2,218	0	(136)	(6)		
246	290	44	15	500504	Servicios de transporte	246	290	44	15	290	60	0	(16)		
68	77	9	11	500506	Servicios de reproducción	68	77	9	11	77	0	9	11		

.Anexo 12. Estimación de Costos del sistema solar térmico (SST).

Costos de Escenario 2: SST			
Detalle	Cantidad	P/U (\$)	PT (\$)
Colector solar térmico	34	500	17000
Termotanque de acumulación (4500 L)	2	7000	14000
Bombas de recirculación 1/2 HP	6	150	900
Válvulas de seguridad para presión	8	110	880
Tuberías de cobre recubiertas de aislante térmico de 3/4 " (m)	112.5	10	1125
Ventiladores	2	360	720
Codos de cobre 3/4 "	80	2.6	208
Uniones de cobre 3/4 "	80	3	240
Cinta teflon	10	0.95	9.5
Transporte a puerto cortés Km	333.33	1.8	599.994
Manómetros	2	89	178
Termostatos	1	579	579
Total			36439.49

Obra física: Materiales de concreto				
Descripción	Cemento (m3)	Arena (m3)	Gravilla (m3)	Concreto (m3)
Plataforma	19.4	45.86	72.32	137.58
Columnas	1.089	1.88	2.81	5.779
Vigas	6.42	14.56	26.84	47.82
Sala de máquinas (termotanques)	3.12	5.58	8.064	16.764
Volumen de mortero	2.25	12.58		14.83
Losa	19.4	45.86	72.32	137.58
				0
				0
				0
				0
				0
				0
Total	51.679	126.32	182.354	360.353
Costo total (\$)	7889.519467	2517.34016	3311.139333	13717.99896

Materiales para construcción y estructura					Sistema sanitario, alcantarillado y carpintería				
Descripción	cantidad	Unidad	PU	PT	Descripción	cantidad	Unidad	PU	PT
Ladrillos	43460	u	0.0922	4007.8	Inodoro	4	u	158.97	635.86
Varillas 1/2"	126	u	10.151	1279	Tubo abasto	4	u	5.855	23.42
Varilla lisa	86	u	2.0656	177.64	Válvula de control	2	u	4.252	8.5041
Alambre de amarre	60	u	0.7275	43.648	Empaque	4	u	1.2577	5.0307
Tabla pino	72	u	20.594	1482.8	Flange de cera	2	u	20.594	41.189
Clavos 1 1/2"	5	Lb	0.8	4	Espejo	2	u	94.928	189.86
Yeso en polvo	30	u	3.5348	106.05	Tubo PVC 3/4	2	u	5.5328	11.066
Tela gallinero	1	Rollo	46.568	46.568	Codos PVC 3/4	15	u	0.4462	6.6931
Carreta de mano	2	u	53.74	107.48	Terraja	1	u	66.342	66.342
Piocha	2	u	9.1701	18.34	Teflón	10	u	0.9606	9.6055
Martillo	2	u	5.123	10.246	Tubo PVC 1/2" * 6.09 m	9	u	5.4887	49.399
Nivel	2	u	4.0984	8.1967	Codo PVC 1/2	15	u	0.2049	3.0738
Metro	1	u	12.807	12.807	Unión universal	15	u	0.1189	1.7828
Cinta métrica	1	u	46.107	46.107	Puerta de madera pino	9	u	56.352	507.17
Cuchara	4	u	3.4324	13.73	Contramarco	9	u	37.346	336.12
Planchuela codal ma	4	u	6.8612	27.445	Bisagras	30	u	2.0492	61.475
Tenazas	2	u	3.0738	6.1475	Llavines Yale	10	u	11.219	112.19
Escuadra	2	u	2.5615	5.123	Ventanas aluminio y malla	16	u	33.811	540.98
Plomada	1	u	30.738	30.738	Lavamanos	4	u	92.213	368.85
Cabuja	1	rollo	7.6844	7.6844	Urinaríos	2	u	99.385	198.77
Taladro	2	u	65.523	131.05	Rollos de papel sanitario para m	2	u	12.807	25.615
Destornilladores	4	u	1.5369	6.1475	Jabon sanitario para manos	2	u	20.492	40.984
Pega blanca	3	u	14.408	43.225	Tubería de cobre 1/2" * 6.09 m	5	u	33.299	166.5
cincel	4	u	7.0897	28.359	Codos de cobre 1/2 200 PSI	10	u	2.5615	25.615
espátula	4	u	2.104	8.416	Unión universal de cobre 1/2 200	10	u	3.0774	30.774
pala	3	u	9.1701	27.51	Mangueras 1/2" * 15 m	2	u	9.1701	18.34
cinta aislante	5	u	3.3811	16.906	Grifos de agua 1/2	4	u	11.783	47.131
Cinta teflón	10	u	0.2561	2.5615	Codo sanitario de PVC	6	u	0.5635	3.3811
Escalera metálica	1	u	404.97	404.97	Unión sanitaria de PVC	6	u	0.6148	3.6885
Cortina metálica, lan	1	u	855.53	855.53					0
				0					0
				0					0
				0					0
				0					0
				0					0
				0					0
				0					0
				0					0
				0					0
				0					0
				8966					3539.4



Anexo 13. Evaluación del rendimiento de los tubos de vacío “heat – pipe”. Bagdad, Irak.
Fuente: Khalid A. Joudi and Hassan N. S. Al-Joboory, 2012.