

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PASTEURIZADOR SOLAR
A ESCALA PLANTA PILOTO PARA DESINFECCIÓN DE AGUA**

PRESENTADO POR:

JOSÉ JAVIER LORENZANA CÁCERES
ROBERTO ALEJANDRO RIVERA CAMPOS
ERICK EDUARDO ROQUE MENDOZA

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA :

Dra. María Isabel Rodríguez

SECRETARIA GENERAL:

Licda. Alicia Margarita Rivas de Recinos

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

SECRETARIO :

Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

DIRECTOR :

Ing. Fernando Teodoro Ramírez Zelaya

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO QUÍMICO

Título :

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PASTEURIZADOR SOLAR
A ESCALA PLANTA PILOTO PARA DESINFECCIÓN DE AGUA**

Presentado por :

José Javier Lorenzana Cáceres

Roberto Alejandro Rivera Campos

Erick Eduardo Roque Mendoza

Trabajo de Graduación aprobado por :

Docentes Directores :

Ingra. Eugenia Salvadora Gamero De Ayala

Ing. Juan Rodolfo Ramírez Guzmán

San Salvador, Septiembre de 2006

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

Ingra. Eugenia Salvadora Gamero De Ayala

Ing. Juan Rodolfo Ramírez Guzmán

AGRADECIMIENTO GRUPAL

Nuestro reconocimiento sincero, a nuestros Docente Directores: **Ingra. Eugenia Salvadora Gamero De Ayala** e **Ing. Juan Rodolfo Ramírez Guzmán**, por brindarnos su valiosa colaboración y todo el apoyo académico y humano a lo largo del desarrollo de este Trabajo de Graduación.

Al **Lic. Rolando Lemus**, de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, por su asistencia estadística de enorme importancia.

A **CORDES**, **ADES**, las comunidades **BOCAPOZA** y **VILLA VICTORIA**, por una cooperación absoluta, les agradecemos todo y les deseamos lo mejor en sus metas y objetivos.

A la Comunidad Económica Europea a través del proyecto **FORGAES** por el apoyo logístico, institucional y económico.

Y a todas las personas que con su ayuda desinteresada, valiosa y oportuna contribuyeron a la realización de este trabajo.

GRACIAS.

GRUPO HIDROSOL

DEDICATORIA

A mi Mamá y a mi Abuela. Y por supuesto a mi mismo.

AGRADECIMIENTOS

A mi Mamá por estar siempre conmigo a pesar de la distancia. A mi Abuela y Tía por estar siempre a mi lado. A mi Tío por su apoyo y consejos.

A mis amigos por ser unos verdaderos amigos, a los Bachilleres Fajardo y Osiris, a los Asesores por todo su apoyo en este Trabajo de Graduación, a las personas que estuvieron involucradas directa e indirectamente en la realización de este documento.

“LA FORMULA DE MI FELICIDAD: UN SI, UN NO, UNA LINEA RECTA, UNA META.” (F. Nietzsche)

JAVIER

“COGITO, ERGO SUM”

DEDICATORIA

Este es un momento muy difícil para mí; siempre que imaginé esta redacción, la primera dedicatoria sería a mi Padre: **Mario Antonio Rivera Osegueda**, y al final se la leía en voz alta. Pensando en esto, sólo puedo decir ahora: que en Paz Descanse, ya que él es la persona que más alegría y orgullo sintiera por todos mis logros humanos; ¡Todos mis frutos personales siempre te los he dedicado, y siempre lo haré! Te amo y te extraño todos los días; lo único que lamento es que no me acompañes físicamente a mi graduación ni conozcas a mis hijos e hijas, aunque sé que espiritualmente lo harás.

A mi Madre: **Ana Victoria Campos de Rivera**; espero que la satisfacción de este logro calme tu pérdida y preocupación; pues te pertenece tanto, que no lo podrás creer. Espero que todos mis frutos te alcancen con gozo y orgullo; tú eres merecedora absoluta de mi carrera y de toda mi humanidad; gracias por apoyarme y creer en mí.

A mi Esposa: **Urania Verenice Osorio Durán**; porque yo estuviera en otro rumbo de vida si no te hubiese conocido, pero tu amor y apoyo es motivación suficiente para no desear cambiar nada, para no arrepentirme de nada y seguir hasta el final, siempre y cuando estemos juntos.

A mis futuras **hijas e hijos**, aunque todavía no tengo el placer que nuestras vidas se unan, sé que cuando ésto ocurra, será una de las felicidades más grandes de mi vida, y haré lo posible para que se sientan orgullosos de sus padres y amen a toda su familia tanto como yo amo a la mía.

ROBERTO ALEJANDRO RIVERA CAMPOS

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres; por su apoyo emocional, sentimental y financiero. Ellos son propietarios parciales de todo lo que he logrado, y siempre serán los principales maestros de mi crecimiento humano, aunque muchas veces no lo creen.

A mis hermanos; **Carlos, Vickyta** y **Mario**, por su apoyo y amor, muy importante para mí cuando deseo salir adelante en mis problemas y retos; yo sé que se alegran tanto cuando hablamos y me ven triunfar, como me ocurre a mí.

A mi esposa, por tu apoyo y amor, no tengo más que decir, esos regalos son infinitamente agradecidos. Te Amo Igual, espero nunca lo olvides, y que estemos juntos siempre; no sabría que hacer sin ti.

A mis compañeros de Tesis; **Loren** y **Roque** (conocidos en el mundo artístico como Loren y Rococó) por el apoyo, el aguante, la dedicación y la amistad. Espero logremos concretizar con el primero nuestra eterna puesta en escena de un guión propio, y con el segundo ser compañeros en una empresa propia.

A mis amigos; tanto de la colonia, del colegio, de la universidad y del Programa Jóvenes Talento. Tuvieran o no que ver con la elaboración de este documento, simplemente: ¡Gracias! por estar conmigo en las buenas y en las malas, por aceptarme como soy y por hacer cada grupo de empatía particular muy unido y fundamentado en raíces de cariño y cuidados. Espero seguir unido a ustedes hasta que nuestra trascendencia nos lo permita.

A mis profesores, tanto los académicos colegiales y universitarios, como los de la vida (siempre espero definirme como alumno eterno de la vida) Dentro de los universitarios, principalmente a mis docentes directores, por ser pilares absolutos en la elaboración de este documento, y a la Ingeniera Delmy Rico y a la Licenciada Xochil de Villatoro, porque nos vieron más que sus alumnos, más bien como sus pequeños orgullos; únicas en apoyarnos hasta el final del presente trabajo, y siempre dispuestas a ayudarnos después de esta etapa.

Al programa Jóvenes Talento, principalmente al Ingeniero Carlos Canjura y a la Licenciada Alba Lila de Tejada, por desarrollar y confiar ciegamente en mis capacidades, y a la Doctora María Isabel Rodríguez, por ser el hada madrina que mantiene vivo el programa talentos. Siempre colaboraré con ustedes en lo que pueda.

Al Licenciado Lemus por su apoyo incondicional en la parte estadística, que fue muchísimo más de los esperado.

A la gente de CORDES, ADES, CCCI, a las comunidades BOCAPOZA y VILLA VICTORIA, por su colaboración total; esperamos nuestra investigación sirva para su desarrollo y pronta mejora.

Al proyecto FORGAES por su apoyo financiero y asistencia técnica.

Al Señor Hernán, que en paz descanse, por hacer los mejores pantalones que he usado y ayudarme en mi vestimenta desde muy infante, gracias por ser de los últimos sastres de oficio con vocación, eficiencia y amor.

A la Música, al Cine y a mis Vicios; por inspirarme y mantenerme en el nivel que me gusta (A-dios Esclavos)

Y no voy a terminar con la estupidez donde se disculpa por no haber mencionado a alguien; ya que he mencionado a la gente que sentí mencionar y he agradecido de la manera más general, porque mis verdaderos seres queridos saben dónde ubicarse, y se sentirán felices al leer estas páginas; saben que no debo colocar más nombres, simplemente existe un vínculo. Si alguien se siente aludido u ofendido, no merece colocarse en los grupos mencionados, así de simple.

A todos **TAKK (GRACIAS) ROBERTO RIVERA** (Chele, Chelión, R.C.M.)

DEDICATORIA

Este logro lo dedico a mis padres, **SALVADOR ROQUE** y **LEYTIA MENDOZA DE ROQUE** y a mi hermana, **CLAUDIA ROQUE**.

Querido Padre:

Desde mis primeros años de vida, pude ver en ti a un padre, a un amigo en quien podía confiar todos mis pensamientos, alegrías y preocupaciones, encontrando siempre en ti un mensaje que me reconfortaba y hacía pensar que las situaciones adversas en la vida siempre se presentan, que la clave está en tener el valor, la determinación y las herramientas para poderlas afrontar. Además siempre inculcaste en mí esa visión de superación, para llegar a ser mejor persona día a día en campo profesional así como espiritual.

Querida Madrecita:

Es difícil encontrar las palabras adecuadas que logren expresar este gran sentimiento de amor y gratitud que me inspiras. Eres una luz en mi vida, que me ha guiado en el camino del diario vivir con buenos consejos y enseñanzas. En todo momento has estado pendiente de mi bienestar, me has brindado tu cariño y apoyo incondicional , por eso y mucho más te dedico este logro y le pido a Dios muchas bendiciones para ti!!

Querida Hermana:

Indudablemente me hace sentir muy feliz que formes parte de mi vida, justo en ese momento sonrío, porque se vienen a mi mente tantas y tantas aventuras que hemos pasamos juntos, vaya como nos divertimos!!! ... Claudia, comparto contigo esta alegría, porque tú has sido para mí un apoyo importante y además fuente de inspiración con tus destacadas cualidades y virtudes.

“Padres no duden en sentirse muy orgullosos, no por mí;
sino por ustedes, ya que mis logros son reflejo de la orientación y enseñanzas
que de forma oportuna me brindaron”

ERICK EDUARDO ROQUE MENDOZA

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todo Poderoso y a la Virgen Santísima.

Por darme la sabiduría y perseverancia necesaria para culminar mi carrera y por haberme brindado la protección en todo momento llenándome de muchas bendiciones para hacerme fuerte espiritualmente y poder afrontar todos los retos que constantemente se presentaban para alcanzar la meta propuesta.

A mis padres, Salvador Roque y Leytia Celina Mendoza de Roque.

Por su apoyo, su comprensión y cariño brindado a lo largo de mi vida.

A mi hermana, Claudia Roque.

Por ser una amiga con la que he podido confiar y contar en todo momento.

A mis amig@s:

Por los momentos compartidos, que indudablemente forman parte de buenos recuerdos.

A mis docentes directores: Ing. Eugenia Gamero e Ing. Juan Ramírez:

Por su dedicación, orientación y apoyo en el desarrollo de este Trabajo de Graduación

A la Comunidad Europea, que a través del Proyecto FORGAES nos apoyaron para la realización de este Trabajo de Graduación.

A mis docentes de la Escuela de Ingeniería Química:

Quienes a través de los años con dedicación transmitieron sus conocimientos brindándome una formación académica.

Al **Ing. Oscar Gómez**, jefe y amigo de la empresa para la que trabajo, por el apoyo y la confianza brindada, al permitirme coordinar mis actividades laborales sin afectar las académicas.

A mis compañeros de Tesis:

Javier Lorenzana (Loroco) y **Roberto Rivera** (Chelión), por el entusiasmo, apoyo mutuo y constante esfuerzo puesto en este Trabajo de Graduación.

ERICK EDUARDO ROQUE MENDOZA

RESUMEN

La falta de acceso a agua de consumo de buena calidad constituye un riesgo elevado de transmisión de enfermedades hídricas. En países en vías de desarrollo, más de un tercio de la población no tiene acceso al agua de consumo segura. La población más vulnerable a este riesgo es la rural. Para proteger de estas enfermedades a la población que carece de acceso al agua limpia, es necesaria la aplicación de métodos apropiados de potabilización de agua, prevención de contaminación secundaria, disposición adecuada de excretas y medidas de promoción y educación de la higiene.

Como propuesta de solución a este problema socio-ambiental, este Trabajo de Graduación plantea la Construcción de un Pasteurizador Solar a escala Planta Piloto, paso intermedio necesario en la implementación a una comunidad tomando en cuenta los requerimientos de consumo de agua y el Escalamiento Técnico apropiado.

Para el diseño del equipo se toman en cuenta varias consideraciones técnicas, entre ellas el tipo de tubería (se eligió hierro galvanizado, ya que esta es de un costo relativamente bajo en comparación con otros materiales, existe disponibilidad de accesorios y además es utilizada en el transporte de agua potable), ubicación espacial (hacia el sur), ángulo de inclinación (14°), etc. Además se define un área de prueba del equipo de un metro cuadrado aproximadamente y materiales a utilizar en la fabricación del colector y la base del pasteurizador solar. Por otra parte se instalaron termómetros análogos de flujo, para poder monitorear y registrar datos de temperaturas del agua necesarias para poder efectuar cálculos matemáticos y estadísticos que posteriormente serán utilizados para inferir conclusiones sobre los resultados.

Se establecieron varias comunidades como opciones de estudio, de las cuales la Comunidad BOZAPOZA, ubicada en el Km 46 de la carretera del Litoral hacia el departamento de La Libertad, fue la seleccionada, ya que cumplía con los requisitos de alta incidencia solar, no es abastecida a través de la red nacional de agua, se autoabastecen de agua de pozo y su ubicación relativamente cerca y accesible.

El proceso de experimentación se dividió en dos etapas. *La primera etapa*, fue destinada a caracterizar técnicamente el equipo, se definieron las condiciones máximas y mínimas de operación, para lo cual se recolectaron datos, a diferentes intervalos de tiempo en un día de trabajo, de la temperatura del ambiente, vidrio, placa y siete puntos del agua al interior del serpentín; estos datos además son utilizados para efectuar cálculos de transferencia de calor como calor útil, perdido, eficiencia, etc., y también se utilizan para generar gráficas en función del tiempo para poder establecer tendencias y comportamientos. *La segunda etapa*, fue predestinada a validar la efectividad de desinfección del equipo; para ello se toman muestras del agua del pozo in situ, con el fin de caracterizar el agua al inicio del tratamiento y luego se toman muestras tratadas con el equipo. Dichas muestras son enviadas a un laboratorio certificado para que efectúe análisis microbiológicos mediante la técnica de filtración. En esta etapa se define una temperatura de pasteurización así como también tiempos de pasteurización óptima que son seguidos mediante intervalos de treinta minutos. El objetivo perseguido con el equipo es que la calidad del agua al final del tratamiento logre cumplir con los cinco parámetros de calidad microbiológica establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua Potable (NSO13.07.01:99)

El porcentaje de reducción de la carga microbiológica se convierte en la variable respuesta de varias variables independientes hipotéticas. Después de consideraciones estadísticas para analizar la influenciabilidad entre variables, se calculan modelos lineales explicativos únicamente respecto a las variables con una significancia de 0.05 (95% de confianza)

Los resultados finales están referidos al establecimiento de los parámetros óptimos de operación en el pasteurizador solar: temperaturas, coeficientes de transferencia de calor, tiempos de residencia, temperaturas óptimas de pasteurización; también se hace un análisis del equipo con respecto a la calidad de agua aceptable.

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
<i>RESUMEN</i>	<i>i</i>
<i>ÍNDICE GENERAL</i>	<i>iii</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	<i>vii</i>
<i>INDICE DE TABLAS</i>	<i>ix</i>
<i>1 INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
<i>2 MARCO TEÓRICO</i>	<i>3</i>
<i>2.1 GENERALIDADES DE LA ENERGÍA SOLAR</i>	<i>3</i>
<i>2.1.1 DEFINICIONES</i>	<i>3</i>
<i>2.1.2 TIPOS Y USOS DE LA ENERGÍA SOLAR</i>	<i>4</i>
<i>2.1.3 ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR</i>	<i>5</i>
<i>2.2 GENERALIDADES DEL AGUA</i>	<i>7</i>
<i>2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS</i>	<i>7</i>
<i>2.2.2 SUSTANCIAS CONTENIDAS EN LAS AGUAS.....</i>	<i>8</i>
<i>2.2.3 AGUA POTABLE EN EL SALVADOR.....</i>	<i>9</i>
<i>2.2.4 DISPONIBILIDAD DEL AGUA.....</i>	<i>11</i>
<i>2.2.5 ABASTECIMIENTO DE LOS HOGARES.....</i>	<i>12</i>
<i>2.2.6 DESINFECCIÓN Y PURIFICACIÓN BIOLÓGICA DEL AGUA</i>	<i>14</i>
<i>2.3 COLECTORES SOLARES PLANOS.....</i>	<i>16</i>
<i>2.3.1 DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN</i>	<i>16</i>
<i>2.3.2 CLASIFICACIÓN DE COLECTORES SOLARES PLANOS</i>	<i>18</i>
<i>2.3.3 BALANCE DE ENERGÍA EN COLECTORES SOLARES PLANOS</i>	<i>18</i>
<i>2.3.4 CALENTADOR SOLAR DE AGUA.....</i>	<i>24</i>
<i>2.3.5 PASTEURIZACIÓN SOLAR</i>	<i>29</i>

3	<i>DISEÑO EXPERIMENTAL</i>	31
3.1	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PASTEURIZADOR SOLAR	31
3.1.1	<i>CONSIDERACIONES DE DISEÑO</i>	31
3.1.2	<i>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</i>	33
3.1.3	<i>CONSTRUCCIÓN DEL PASTEURIZADOR SOLAR</i>	36
3.2	ELECCIÓN DE LAS VARIABLES DE MEDICIÓN Y TRATAMIENTO ESTADÍSTICO	40
3.3	MUESTREO DEL AGUA OBJETO DE EXPERIMENTACIÓN.....	41
3.3.1	<i>COMUNIDAD DE MUESTREO</i>	41
3.3.2	<i>MUESTREO DE AGUA DE POZO PARA ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS</i>	42
3.3.3	<i>MUESTREO DE AGUA PARA TRATAMIENTO</i>	43
3.3.4	<i>CALIDAD MICROBIOLÓGICA SEGÚN NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA PARA AGUA POTABLE</i>	44
3.4	PROCESO EXPERIMENTAL	46
3.4.1	<i>MONTAJE DEL EQUIPO PARA LA EXPERIMENTACIÓN</i>	46
3.4.2	<i>ETAPA EXPERIMENTAL 1: CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DEL EQUIPO.</i> ..	48
3.4.3	<i>ETAPA EXPERIMENTAL 2: PRUEBAS EXPERIMENTALES DE PASTEURIZACIÓN EFECTIVA</i>	49
3.4.4	<i>CONDICIONES CLIMATICAS EN LA ETAPA DE EXPERIMENTACIÓN</i>	49
4	<i>DATOS EXPERIMENTALES E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</i>	50
4.1	DATOS EXPERIMENTALES	50
4.1.1	<i>VARIABLES DE MEDICIÓN</i>	50
4.1.2	<i>CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL AGUA OBJETO DE EXPERIMENTACIÓN</i>	52
4.2	COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS POST-TRATAMIENTO.....	54
4.2.1	<i>COMPARACIÓN RESPECTO A LA NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA PARA AGUA POTABLE</i>	54
4.2.2	<i>COMPARACIÓN RESPECTO A LAS CONDICIONES INICIALES DEL AGUA OBJETO DE EXPERIMENTACIÓN</i>	56

4.3	ETAPA EXPERIMENTAL 1: CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DEL EQUIPO.....	58
4.3.1	TRATAMIENTO MATEMÁTICO DE LOS DATOS EXPERIMENTALES.....	59
4.3.2	CONDICIONES AMBIENTALES EN LA PRIMERA ETAPA EXPERIMENTAL..	65
4.3.3	TEMPERATURAS MÍNIMAS, MEDIAS Y MÁXIMAS ALCANZADAS POR EL PASTEURIZADOR.....	69
4.3.4	EFICIENCIA PORCENTUAL TÉRMICA.....	74
4.3.5	COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR PÉRDIDO.....	76
4.3.6	RESUMEN DE RESULTADOS DE LA ETAPA EXPERIMENTAL 1.....	78
4.4	ETAPA EXPERIMENTAL 2: PRUEBAS EXPERIMENTALES DE PASTEURIZACIÓN EFECTIVA.....	78
4.4.1	NÚMERO ÓPTIMO DE LOTES TRATADOS POR DIA.....	80
4.4.2	TEMPERATURA ÓPTIMA DEL AGUA PARA PASTEURIZACION.....	81
4.4.3	TIEMPO DE RESIDENCIA ÓPTIMO PARA CADA LOTE.....	81
4.5	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS EXPERIEMNTALES.....	82
5	OBSERVACIONES.....	90
6	CONCLUSIONES.....	91
7	RECOMENDACIONES.....	94
8	REFERENCIAS.....	96
9	ANEXOS.....	98
9.1	ANEXO 01: GLOSARIO DE SIMBOLOS.....	98
9.2	ANEXO 02: TABLAS Y GRÁFICOS DE LOS DATOS EXPERIMENTALES.....	100
9.3	ANEXO 03: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS REALIZADOS AL AGUA DE POZO SIN TRATAMIENTO.....	121
9.4	ANEXO 04: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS REALIZADOS AL AGUA DE POZO PASTEURIZADA.....	124
9.5	ANEXO 05: TABLAS Y GRÁFICOS RESULTANTES DEL TRATAMIENTO MATEMÁTICO DE LOS DATOS EXPERIMENTALES.....	141

9.6	ANEXO 06: TABLAS A.2.11 DE GEANKOPLIS. PROPIEDADES DEL AGUA LÍQUIDA	201
9.7	ANEXO 07: TABLA A.3.3 DE GEANKOPLIS. PROPIEDADES DEL AIRE A 1 ATM.....	201
9.8	ANEXO 08: CORRIDA DE CÁLCULOS PARA LA SECCIÓN 4.5 EN PROGRAMA ESTADÍSTICO SPSS 13.0 PARA WINDOWS.....	202
9.9	ANEXO 09: NOTICIAS RELACIONADAS CON EL PROBLEMA DE ENFERMEDADES HÍDRICAS EN EL SALVADOR.....	214
9.10	ANEXO 10: GUÍA RÁPIDA DE ARMADO, MONTAJE Y CUIDADOS DEL EQUIPO	226

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
2.2-1	<i>Clasificación de las aguas</i>	7
2.2-2	<i>Clasificación de las aguas subterráneas</i>	8
2.2-3	<i>La disponibilidad de agua en El Salvador es baja tomando en cuenta la calidad adecuada correspondiente a cada usuario</i>	11
2.3-1	<i>Corte transversal de un colector solar plano</i>	17
2.3-2	<i>Circuito térmico de un colector solar: (a) detallado (b) equivalente</i>	21
2.3-3	<i>Diferentes formas de colectores solares planos autocontenido</i>	26
2.3-4	<i>Esquema general de un colector solar plano por convección natural</i>	27
2.3-5	<i>Colector solar plano por convección forzada</i>	29
3.1-1	<i>Diseño gráfico del equipo en AUTOCAD</i>	33
3.1-2	<i>Materiales para construcción de serpentín</i>	34
3.1-3	<i>Equipo de medición: a) 7 Termómetros análogos de flujo y 1 Termómetro Infrarrojo de área b) 2 Termómetros digitales</i>	35
3.1-4	<i>Secuencia de armado del serpentín</i>	37
3.1-5	<i>Serpentín armado</i>	38
3.1-6	<i>Base del pasteurizador: a) Vista superior b) Vista lateral de la base</i>	39
3.1-7	<i>Pasteurizador: a) Pasteurizador completo; b) vista lateral, lateral c) vista trasera</i>	40
3.3-1	<i>Comunidad BOCAPOZA, Construcciones típicas de la zona</i>	42
3.4-1	<i>Aspecto final del Pasteurizador Solar montado</i>	47
3.4-2	<i>Pasteurizador Solar Montado Antes de Comenzar la Etapa Experimental</i>	48
4.1-1	<i>Curvas y Tabla de Comportamiento de las Diferentes Temperaturas en Función de la Hora del Día</i>	51
4.3-1	<i>Curvas y Tabla de Comportamiento de los Diferentes Calores y la Eficiencia Térmica en Función de la Hora del Día</i>	64
4.3-2	<i>Curvas y Tabla de Comportamiento de la Temperatura Ambiente en Función de la Hora para los días de la Primera Etapa Experimental</i>	66

FIGURA	PÁGINA
4.3-3 <i>Curvas y Tabla de Comportamiento de la Energía Solar Incidente en Función de la Hora para los días de la Primera Etapa Experimental</i>	68
4.3-4 <i>Curvas y Tabla de Comportamiento de la Temperatura del Agua en Función de la Hora para los días de la Primera Etapa Experimental</i>	70
4.3-5 <i>Curvas y Tabla de Comportamiento de la Temperatura de la Placa Negra en Función de la Hora para los días de la Primera Etapa Experimental</i>	72
4.3-6 <i>Curvas y Tabla de Comportamiento de la Temperatura del Vidrio en Función de la Hora para los días de la Primera Etapa Experimental</i>	73
4.3-7 <i>Curvas y Tabla de Comportamiento de la Eficiencia Térmica en Función de la Hora para los días de la Primera Etapa Experimental</i>	75
4.3-8 <i>Curvas y Tabla de Comportamiento del Coeficiente Total de Pérdidas en Función de la Hora para los días de la Primera Etapa Experimental</i>	77
4.5-1 <i>Matriz Bilateral de Dispersión para los valores de la Tabla 4.5-1</i>	84
4.5-2 <i>Matriz Bilateral de Dispersión con la representación de las Correlaciones</i>	86

INDICE DE TABLAS

TABLA		PÁGINA
2.2-1	<i>Agentes patógenos comunes de las diarreas y vías de transmisión</i>	10
2.2-2	<i>Nivel de acceso y cantidad de agua recolectada diariamente según OMS</i>	12
2.2-3	<i>Cambio en el abastecimiento de agua en los hogares entre los años 1995 y 1999</i>	13
2.2-4	<i>Abastecimiento según nivel de pobreza de los hogares rurales</i>	13
2.2-5	<i>Contribución a la incidencia de diarrea por tipo de fuentes de abastecimiento extra-domiciliares utilizadas</i>	14
2.3-1	<i>Valores para la Ecuación 2.3-15</i>	23
3.3-1	<i>Valores Máximos Admisibles para Calidad Microbiológica</i>	44
3.3-2	<i>Frecuencia del muestreo para Certificar La Calidad Bacteriana del Agua Potable</i>	45
3.3-3	<i>Recipientes para muestreo y preservación de muestras</i>	45
3.4-1	<i>Condiciones Climáticas Promedio para San Salvador en el mes de mayo de 2006</i>	49
4.1-1	<i>Matriz Completa de Variables de Medición en función de la hora del día</i>	51
4.1-2	<i>Resultados de Análisis Microbiológicos. Realizados al Agua Objeto de Experimentación Antes del Tratamiento</i>	52
4.1-3	<i>Resultados de Análisis Microbiológicos. Realizados al Agua Objeto de Experimentación Después del Tratamiento</i>	53
4.2-1	<i>Comparación Respecto a la NSO-13.07.01:04 de los Resultados de los Análisis Microbiológicos Realizados al Agua Objeto de Experimentación Después del Tratamiento</i>	55
4.2-2	<i>Porcentaje de Reducción de Carga Microbiana del Agua Objeto de Experimentación Después del Tratamiento</i>	57
4.3-1	<i>Matriz Completa de Variables de Medición en función del tiempo transcurrido</i>	59
4.3-2	<i>Matriz Resumida de Variables de Medición en función del tiempo transcurrido</i>	59

TABLA	PÁGINA
4.3-3 <i>Matriz de Variables de Medición en función del cambio del tiempo transcurrido</i>	60
4.3-4 <i>Matriz de Cálculo del Calor Útil en función de la hora del día</i>	60
4.3-5 <i>Matriz de Cálculo de los Coeficientes Individuales de Transferencia de Calor por Convección y Radiación en función de la hora del día</i>	62
4.3-6 <i>Matriz de Cálculo del Calor Perdido en función de la hora del día</i>	63
4.3-7 <i>Matriz de Cálculo del Calor Absorbido y la Eficiencia Térmica en función de la hora del día</i>	64
4.3-8 <i>Matriz de Temperatura Ambiental en función de la hora para los días de la Primera Etapa Experimental</i>	65
4.3-9 <i>Matriz de Energía Solar Incidente en función de la hora para los días de la Primera Etapa Experimental</i>	67
4.3-10 <i>Matriz de Temperatura del Agua en función de la hora para los días de la Primera Etapa Experimental</i>	69
4.3-11 <i>Matriz de Temperatura de la Placa Negra en función de la hora para los días de la Primera Etapa Experimental</i>	71
4.3-12 <i>Matriz de Temperatura del Vidrio en función de la hora para los días de la Primera Etapa Experimental</i>	73
4.3-13 <i>Matriz de Eficiencia Térmica en función de la hora para los días de la Primera Etapa Experimental</i>	74
4.3-14 <i>Matriz de Coeficiente Total de Pérdidas en función de la hora para los días de la Primera Etapa Experimental</i>	76
4.3-15 <i>Matriz Resumen de los Resultados de la Etapa Experimental 1</i>	78
4.4-1 <i>Matriz de Resultados para la Segunda Etapa Experimental</i>	79
4.5-1 <i>Matriz de Variables Dependientes e Independientes para el Análisis Estadístico</i>	83
4.5-2 <i>Matriz de Correlaciones Bilaterales de la Figura 4.5-1</i>	85
4.5-3 <i>Resumen del Modelo</i>	86
4.5-4 <i>Análisis de Variabilidad Predictoria</i>	87
4.5-5 <i>Coeficiente</i>	87

TABLA		PÁGINA
4.5-6	<i>Resumen del Modelo</i>	88
4.5-7	<i>Análisis de Variabilidad Predictoria</i>	88
4.5-8	<i>Coeficientes</i>	88

1 INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido que el agua es no sólo un recurso natural limitado y un bien público sino un derecho humano, como lo expresó en 2002 el Comité de las Naciones Unidas sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales. En efecto, sin agua segura se comprometen la esencia de la vida y la dignidad humana. La provisión de agua potable a pobladores carenciados es una de las medidas que ayudan a paliar los problemas sociales, económicos y de salud.

La falta de acceso a agua de consumo de buena calidad constituye un riesgo elevado de transmisión de enfermedades hídricas (por patógenos en agua contaminada). Según la OMS, en Latinoamérica mueren unos 80.000 niños cada año debido a enfermedades transmitidas generalmente por agua insalubre (cuadros gastrointestinales, hepatitis, fiebre tifoidea o cólera). Se estima que un 30% de la población de la región bebe aguas superficiales contaminadas. En países en vías de desarrollo, más de un tercio de la población no tiene acceso al agua de consumo segura. La población más vulnerable a este riesgo es la rural. Para proteger de estas enfermedades a la población que carece de acceso al agua limpia, es necesaria la aplicación de métodos apropiados de potabilización de agua, prevención de contaminación secundaria, disposición adecuada de excretas y medidas de promoción y educación de la higiene.¹

Como propuesta de solución a este problema socio-ambiental, este Trabajo de Graduación plantea la *Construcción de un Pasteurizador Solar a escala Planta Piloto*, paso intermedio necesario en la implementación a una comunidad; y esta transición se puede realizar relativamente fácil por Escalamiento Técnico. La desinfección solar es una opción de bajo costo y fácil aplicación, adecuada para comunidades rurales que no tienen acceso a agua limpia y rechazan o no aplican otros métodos de desinfección de agua.

Las tecnologías solares proponen soluciones técnicas y económicas al problema socio ambiental de la potabilización y acceso continuo del agua para el consumo en comunidades sin acceso a las redes de la Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANANDA) u otras, al

¹ REFERENCIA 01

implementar Tecnologías Solares en el tratamiento del agua. La aplicación específica implica la construcción de un Pasteurizador Solar a escala de Planta Piloto para Desinfección de Agua, por lo que se caracterizará microbiológicamente el agua tanto a la entrada como a la salida del tratamiento.

Estas tecnologías pueden usarse solas o en combinación, son socio-culturalmente aceptables por las comunidades rurales debido a que no proporciona sabor desagradable al agua y no requieren equipamiento o desarrollos tecnológicos complejos o caros, ni altos costos de energía. Su mayor ventaja es que son dependientes únicamente de la energía solar y son aplicables a regiones con alta incidencia de radiación diurna, es decir, más de 3000 horas de sol en promedio por año, como es posible encontrar en algunas zonas de América Latina de climas tropicales.²

El desarrollo de estas tecnologías implica: (a) uso de herramientas y conceptos técnicos de ingeniería química para comprender y validar los procesos; (b) implementación de métodos de uso sumamente sencillos y que sean aceptables para la población involucrada; (c) transferencia a la comunidad, en colaboración con las autoridades locales.

² REFERENCIA 02

2 MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES DE LA ENERGÍA SOLAR³

2.1.1 DEFINICIONES

La energía solar, como recurso energético terrestre, está constituida simplemente por la porción de la luz que emite el Sol y que es interceptada por la Tierra. En la superficie terrestre, el recurso energético solar está mucho más ligado a las variaciones meteorológicas que a las solares.

Mucho se ha discutido acerca de si el Sol emite un flujo de energía constante, o se trata de una estrella variable. Algunos estudios parecen indicar que la variación de la emisión de energía, por parte del Sol, es menor al 1% a lo largo de un ciclo solar, que dura 22 años. Sin embargo, para su aplicación en el campo de la ingeniería, la emisión de energía en el Sol puede considerarse constante.

a. LA CONSTANTE SOLAR

La combinación de tres factores: la distancia Tierra-Sol, el diámetro solar y la temperatura del Sol, determinan un flujo luminoso de energía que incide sobre la superficie de la Tierra. Se llama **flujo** de "algo" a la cantidad de ese "algo" que pasa a través de una superficie, **por unidad de área y por unidad de tiempo**. Por tanto, el flujo luminoso, que es un flujo de energía, tiene unidades de energía por unidad de área y por unidad de tiempo.

La radiación emitida por el Sol, junto con sus condiciones geométricas respecto de la Tierra, dan por resultado que, sobre la atmósfera terrestre, incide una cantidad de radiación solar casi constante. Esto ha dado lugar a la definición de la llamada **constante solar**.

La constante solar, **G_{sc}**, es el flujo de energía proveniente del Sol, que incide sobre una superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación solar, ubicada a la distancia media de la Tierra al Sol, fuera de toda atmósfera. Aclaremos algunos puntos de esta definición. Primero,

³REFERENCIA 03

es un **flujo de energía**, es decir, la constante solar se refiere a una cantidad de energía que incide, instantáneamente, sobre una superficie de área unitaria. Segundo, esta superficie hipotética es **perpendicular** o **normal** a la dirección de propagación de la luz, lo cual en lenguaje no técnico equivale a decir que "ve al Sol". Es obvio que una superficie en posición oblicua respecto de la dirección del Sol, recibiría un menor flujo de energía. Tercero, nuestra superficie hipotética se encuentra **situada a la distancia media de la Tierra al Sol**. Como la órbita que describe la Tierra alrededor del Sol no es circular, por lo tanto, la distancia Tierra-Sol no es constante, debe considerarse un valor promedio, para poder hablar de una constante. Por último, nuestra ya famosa superficie hipotética, debe estar colocada **fuera de la atmósfera**, para evitar la atenuación de la radiación causada por la diversidad de fenómenos físicos y químicos que se verifican en la atmósfera.

El valor comúnmente aceptado para G_{sc} ha variado en los últimos años, según las técnicas de medición que se han empleado, lo cual no indica que haya variado en sí la magnitud de la energía que se recibe del Sol. Se acepta el valor de $G_{sc} = 1353 \text{ W m}^{-2}$ por la NASA y por la ASTM.

b. LA RADIACIÓN NORMAL EXTRATERRESTRE

Según MANRIQUE, la Ecuación que describe el flujo de energía sobre un plano normal a la radiación solar extraterrestre, a lo largo del año es:

$$G_{on} = G_{sc} \times \left(1 + 0.033 \cdot \cos \frac{360 n}{365} \right) \text{ (Ec. 2.1-1)}$$

En donde G_{on} es el flujo de radiación extraterrestre, medida en un plano normal a la radiación, y n es el número de día del año.

2.1.2 TIPOS Y USOS DE LA ENERGÍA SOLAR

Directa. Una de las aplicaciones de la energía solar es directamente como luz solar, por ejemplo, para la iluminación de recintos. En este sentido, cualquier ventana es un colector solar. Otra aplicación directa, muy común, es el secado de ropa y algunos productos en procesos de producción con tecnología simple.

Térmica. Se denomina "térmica" la energía solar cuyo aprovechamiento se logra por medio del calentamiento de algún medio. La climatización de viviendas, calefacción, refrigeración, secado, etc., son aplicaciones térmicas.

Fotovoltaica. Es la energía solar aprovechada por medio de celdas fotoeléctricas, capaces de convertir la luz en un potencial eléctrico, sin pasar por un efecto térmico.

2.1.3 ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR

La energía solar es intermitente por naturaleza debido a los movimientos de rotación y traslación de la tierra y también debido a las condiciones meteorológicas de cada lugar (nubes). Además, es una fuente de energía dependiente del tiempo y en muchas ocasiones no coincide la necesidad con la disponibilidad. Generalmente la energía se requiere más, precisamente cuando no hay radiación solar (noche). Esto hace necesario que prácticamente todos los procesos de conversión fototérmica requieran de un sistema de almacenamiento de energía, para poder satisfacer las demandas de energía en el momento que sean requeridas. En ocasiones, ni contando con sistemas de almacenamiento se pueden satisfacer todas las demandas, por lo que se hace necesario considerar además una fuente auxiliar de energía.

a. SISTEMAS PASIVOS

Los sistemas pasivos se usan generalmente en el acondicionamiento calorífico de edificios y tanto lo que sirve de colector como el sistema de almacenamiento se encuentran incorporados en los distintos componentes de mismo edificio, como: pisos, paredes, recipientes con agua y techos. El tipo de almacenamiento de energía utilizado en estos sistemas es generalmente por calor sensible. Debido a que en estos sistemas las temperaturas de almacenamiento son bajas, usualmente menores de 70°C, se requiere de grandes volúmenes del material que sirve como almacén. Para poder calcular la capacidad de almacenamiento de un material determinado, necesitamos conocer sus propiedades como la densidad y el calor específico, que vienen dados respectivamente por las

siguientes Ecuaciones:

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ (Ec. 2.1-2);}$$

$$Q_s = m C_p \Delta T \text{ (Ec. 2.1-3)}$$

b. SISTEMAS ACTIVOS

La característica principal de los sistemas activos es que estos utilizan un fluido de trabajo en movimiento que puede ser agua, aire, aceites o algún otro fluido. Los principales componentes que intervienen en estos sistemas son: el colector solar, la unidad de almacenamiento, sistemas de conversión y control y el lugar donde se hace la descarga de energía.

Generalmente, el medio de almacenamiento es agua si por el colector se hace circular un líquido. Si en el colector circula aire, el medio de almacenamiento serán rocas o piedras.

Las temperaturas alcanzadas en este tipo de sistemas oscilan entre los 50°C y 100°C. En este caso el almacenamiento de energía se puede dar por cualquiera de los mecanismos como: calor sensible, cambio de fase, reacciones químicas y estanques solares.

Este sistema trabaja en dos etapas al igual que en el caso anterior: durante el día almacena calor y lo cede por la tarde o noche.

c. ALMACENAMIENTO POR CALOR SENSIBLE O CAPACIDAD CALORIFICA

Diversos tipos de materiales líquidos, sólidos y combinaciones de líquidos y sólidos, pueden almacenar energía por cambios de temperatura. Esta energía almacenada es igual al cambio de energía interna (ΔU) que sufre el material al cambiar su temperatura y viene a ser igual al calor sensible (Q_s) que se vio anteriormente:

$$\Delta U = Q_s = m C_p \Delta T \text{ (Ec. 2.1-4)}$$

Según la Ecuación, la capacidad de almacenamiento depende de las capacidades caloríficas (mC_p) de los materiales utilizados y de los cambios de temperatura que en ellos se den.

2.2 GENERALIDADES DEL AGUA⁴

2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS

Partiendo del concepto de que el agua "químicamente pura" no existe en el estado natural libre, es preciso tener un conocimiento somero de las aguas diferenciadas que pueden disponerse en el planeta.

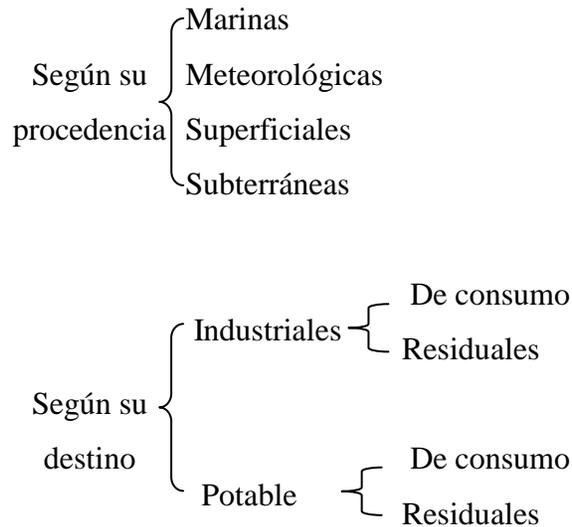


Figura 2.2-1: Clasificación de las aguas

a. SEGÚN SU PROCEDENCIA

Marina: presentan un promedio de 35/1000 de sales disueltas, siendo su composición aproximada de cloruros 50%, sulfatos 10%, sílice 10% y el resto de sales 30%, siendo no apta como agua de consumo humano en su estado natural.

Meteorológicas: La presencia del agua bajo diversas condiciones en la atmósfera se denomina "hidrometeoro". En zonas altas: lluvia, nieve, granizo. En zonas bajas: rocío, niebla, neblina.

Superficiales: El ciclo del agua continúa en parte como agua superficial (ríos, arroyos, lagos, lagunas, etc.) y presenta las siguientes acciones químicas: Disolución, oxidación, hidratación, y carbonatación de modo que el agua incorpora diversas sales en disolución.

⁴ REFERENCIA 04

Subterráneas: Parte del agua se infiltra por los suelos en profundidad constituyendo las siguientes aguas subterráneas:

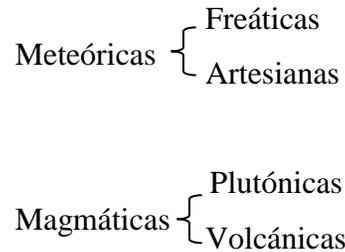


Figura 2.2-2: Clasificación de las aguas subterráneas

La **freática** es la primera capa de agua que es detenida en su infiltración por el primer manto de suelo impermeable. Esta capa que se encuentra generalmente a poca profundidad es alimentada principalmente por las lluvias pero pueden ser infiltraciones de ríos, lagos o nieve. El agua freática, salvo raras excepciones, siempre está contaminada (bacilos coli, bacterias aeróbicas, bacterias coliformes y demás microorganismos que pueden incluir virus que producen afecciones graves) especialmente por infiltraciones de pozos negros y contaminaciones superficiales que penetran por terrenos sueltos.

Las **artesianas** son aguas subterráneas profundas con distintos caudales, temperatura generalmente baja, contenido en sales variable dependiente de los terrenos que atraviesan y límpidas por la filtración del propio suelo. Las **magmáticas** son fuentes termales, generalmente muy mineralizadas y se manifiestan en fenómenos plutónicos y volcánicos.

2.2.2 SUSTANCIAS CONTENIDAS EN LAS AGUAS

Se clasifican en: 1. Normales; 2. Tóxicas; 3. Modificadorias de las condiciones físicas; 4. Accidentales; 5. Minerales y orgánicas que pueden indicar contaminación; 6. Contaminantes biológicos.

Normales: Las aguas naturales pueden contener gran diversidad de sales disueltas siendo variable el contenido aún para una misma capa. Los aniones más importantes presentes son: cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, sulfitos, nitratos, nitritos. En cuanto a los cationes:

sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro, cinc, cobre, manganeso. Suelen poseer en disolución oxígeno, CO₂, iodo y sílice.

Tóxicas: Arsénico, vanadio y flúor, dependiendo de la concentración de los mismos. Suele establecerse un límite de 0,1 mg/l como sumatoria del conjunto.

Modificadorias de las condiciones físicas: Confieren color, olor, sabor, turbiedad y no suelen ser perjudiciales en aguas para bebidas, excepto cuando los cambios organolépticos son producidos por líquidos cloacales o residuales de la industria.

Accidentales: Por acción de las aguas sobre conductos de las mismas y por tratamientos de purificación pueden incorporar plomo y cobre.

Minerales y orgánicas que pueden indicar contaminación: Las bacterias nitrificantes oxidan la materia orgánica nitrogenada y la transforma sucesivamente en amoníaco, nitrito y nitrato. La presencia de estas sustancias puede indicar contaminación cuando proviene de transformación de la materia orgánica superficial. La materia orgánica contenida en aguas profundas no contaminadas es de 1 á 2 mg/l; en las superficiales de 4 a más de 20 mg/l.

2.2.3 AGUA POTABLE EN EL SALVADOR⁵

Agua Potable es el agua destinada a la alimentación. Son diversas las tentativas de clasificación general de las aguas potables pero en la práctica se observa elasticidad en los límites fijados. Generalmente se adoptan métodos y escalas de valoración adaptados a las posibilidades del agua natural que se dispone en cada zona geográfica. Las aguas naturales son tratadas en general para que reúnan las máximas condiciones posibles de potabilidad. La OMS ha fijado parámetros limitativos en cuanto a los distintos aspectos que debe reunir el agua potable. Son *aspectos organolépticos*: Incolora, Inodora, Insípida, Sin turbidez. En cuanto a su *composición*: Límite en cuanto a la cantidad de sales normales en disolución; Carente de sales tóxicas; Carente de materia orgánica; Oxigenada; Cierta grado de alcalinidad; Libre de microorganismos patógenos.

⁵ Ver Anexo 09

El Salvador se caracteriza por una alta densidad poblacional (300 habitantes /Km²), por un fuerte fenómeno de urbanización especialmente alrededor de su capital San Salvador, por una alta tasa de deforestación y por una escasez crítica de aguas no-contaminadas. Aunque en el país, según varios estudios no existe escasez absoluta de agua (*i.e.* en cantidad), el panorama cambia cuando se analiza la oferta de líquido tomando en cuenta los valores reportados por estaciones climáticas, calidad de agua disponible, acceso a fuentes y finalmente la demanda futura de agua (PRISMA, 1994).

Los impactos socio-económicos de la contaminación en El Salvador son numerosos y están en función del tipo de acceso al recurso que caracteriza la población. En este sentido cabe subrayar que existen fuertes diferencias entre el área rural y la urbana en cuanto al tipo y calidad del abastecimiento de agua para consumo humano (PNUD, 2001; OPS, 2001). Los indicadores del impacto de la contaminación como la incidencia de enfermedades de origen hídrica (*i.e.* parasitismo intestinal y diarreas) indican que a nivel nacional, entre 1989 y 1999, las enfermedades diarreicas crecieron en un 85% y el parasitismo intestinal creció más del doble (MSPAS y ANDA 2000). Varios estudios desarrollados en el país (FUSADES, 1994; PRISMA, 1994; PNUD, 2001; SNET, 2003) han señalado un estado de emergencia debido al estado de degradación del recurso agua señalando las acciones necesarias para reducir los impactos de la contaminación del recurso hídrico ya que el 90% de las fuentes de agua dulce están contaminadas.

Tabla 2.2-1: Agentes patógenos comunes de las diarreas y vías de transmisión

Patología, etiología		Tipo de transmisión	Observación
Cyclospora		Agua potable, higiene de los alimentos	Más frecuente en verano
Escherichia Coli	Enterohemorrágicas	Agua y alimentos no tratados	Transmitidas por alimentos contaminados por heces animales, agua contaminada y agua no clorada
	Enterotoxígenas	Agua y alimentos no tratados	Transmitidas por alimentos contaminados, agua contaminada
	Enteroinvasora	Alimentos contaminados	Es endémica en los países en desarrollo y cuasan entre 1 a 5% de episodios de diarrea registrados
	Enteropatógena	Hábitos higiénicos. Manos	Afecta a lactantes menores de un año
	Enteroagregativa		Cuasa importante de diarrea en países en desarrollo; identificada como asociada a diarrea persistente
	De adherencia difusa	Desconocido el ciclo	No se conoce reservorio, modos de transmisión, factores de riesgo y huésped
	Difilobotriasis	Agua	Ciclo que incluye la contaminación fecal de agua dulce

Fuente: Chin,2004

2.2.4 DISPONIBILIDAD DEL AGUA⁶

El Salvador, a diferencia de los demás países centroamericanos, no posee vertientes atlánticas (que reciben más agua con respecto a las pacíficas), y presenta la densidad de población más alta de la región así como el 90% de las fuentes de agua dulce contaminadas (Proyecto Estado de la región, 1999). Según los datos proporcionados por el Plan Maestro de Aprovechamiento de Recursos Hídricos (PLAMDARH) la disponibilidad anual total de agua del país es de 20725 millones de m³ (Michaels, 1998) de los cuales el 65.75% está disponible superficialmente y el resto en forma subterránea. Del total de agua usado el 31.9% es para uso doméstico, el 20.7% es para uso industrial y el 47% del sector agrícola (OPS, 2003). Cabe resaltar que estas proporciones no toman en cuenta la calidad adecuada correspondiente a cada sector usuario del recurso.



Figura 2.2-3: La disponibilidad de agua en El Salvador es baja tomando en cuenta la calidad adecuada correspondiente a cada usuario

La fuerte disminución de los caudales de algunos ríos, sumado al alto nivel de contaminación de la mayor parte de las fuentes de agua dulce constituye un cuadro alarmante, especialmente para aquella población que depende más directamente de los recursos hídricos superficiales para el consumo doméstico. El impacto de la escasez de agua apta para consumo humano tiene dos facetas, una relacionada con el impacto directo en la salud y otra que tiene que ver con el impacto indirecto sobre el desarrollo socio-económico de sectores más vulnerables (PNUD, 2001).

⁶ REFERENCIA 05

2.2.5 ABASTECIMIENTO DE LOS HOGARES

La mayor cobertura sigue concentrada principalmente en áreas urbanas lo que, debido a la urbanización creciente, resulta en un incremento en la cobertura del servicio a nivel absoluto en el país.

Tabla 2.2-2: Nivel de acceso y cantidad de agua recolectada diariamente según OMS

NIVEL DE ACCESO	Distancia/tiempo de recolección ida y vuelta	Volumen promedio probablemente recolectado	Necesidad satisfecha
Ningún acceso	Más de 1 Km/más de 30 minutos	Menos de 5 litros <i>per capita</i> por día	El consumo no es asegurado, higiene y consumo básico comprometidos
Acceso básico	Menos de 1 Km/ menos de 30 minutos	Alrededor de 20 litros <i>per capita</i> por día	Consumo asegurado, higiene comprometida
Acceso intermedio	A nivel de patio	50 litros <i>per capita</i> por día	Consumo asegurado, higiene no comprometida
Acceso óptimo	Servicio intra-domiciliario	De 100 a 200 litros <i>per capita</i> por día	Consumo asegurado, higiene no comprometida

FUENTE: OMS

El servicio presenta asimetría de cobertura, así, en el año 1992, mientras el 74.1% de los hogares urbanos contaban con conexión intra-domiciliar, solamente el 13.5% del área rural en el país contaba con servicio por cañería (5.6% intra-domiciliar) mientras que los demás hogares rurales se abastecían de fuentes directamente relacionadas a la disponibilidad de agua superficial (pozo público o privado, manantial y ríos) (PNUD, 2001). Asimismo, los resultados de dos encuestas realizadas en 1995 y 1999 permiten desagregar y comparar entre las zonas rurales y las zonas urbanas respecto a los cambios en el porcentaje de viviendas abastecidas, como se muestra en el Cuadro 6 (PNUD, 2001).

Tabla 2.2-3: Cambio en el abastecimiento de agua en los hogares entre los años 1995 y 1999

A) Análisis PNUD; B) Análisis FISDL

A)

Fuente de abastecimiento	% hogares de total		% de hogares Urbano		% de hogares Rurales	
	1995	1999	1995	1999	1995	1999
Año						
Domiciliar	46.6	54.3	67.0	71.4	17.5	25.9
No-domiciliar	53.2	45.6	32.7	28.4	82.1	73.7

Fuente: PNUD, 2001

B)

Tipo de Admisión	Tipo de sistema de extracción		
	Bombeo (%)	Gravedad (%)	Total
ANDA	59.3	40.7	285
Comunidad	51.5	48.5	1050
Municipalidad	49.5	50.5	105
ONG	73.5	26.5	34
			1474

Fuente: FISDL, 2003

Estos datos evidencian la asimetría entre los sectores rurales y urbanos en cuanto al porcentaje de viviendas servidas de agua a nivel domiciliario. Cabe resaltar que mientras por un lado el alto porcentaje de abastecimiento desde fuentes no-domiciliares (con alta probabilidad de contaminación considerando que el 90% de las fuentes de agua dulce resultan contaminadas; PRISMA, 1994) indica una condición crítica de la oferta del recurso, por el otro, según las proyecciones, la demanda de agua a futuro indica un crecimiento elevado en correspondencia con el crecimiento poblacional (2.4% anual) y económico (mayor demanda de las industrias) (Kabat, 2002).

Tabla 2.2-4: Abastecimiento según nivel de pobreza de los hogares rurales

Fuente	Hogares por tipo de abastecimiento de agua (%)	Distribución de los hogares, según el acceso a fuentes de abastecimiento		
		Hogares en pobreza absoluta	Hogares en pobreza relativa	Hogares no pobres
Cañería	49.3	44.4	49.4	52.4
Pozo	26.2	24.2	25.3	28
Río o manantial	17.7	22.2	20.1	13.4
Comprada	6.0	8.6	4.6	5.2
Otro	0.6	0.5	-	1.0

Fuente: PNUD, 2001

Según datos sobre el estado de salud de la población, un 21% de las consultas diarias son hechas por enfermedades como disentería, diarreas, tifoidea y parasitismo intestinal, la mayoría en niños menores de 10 años (OPS, 1998), constituyendo en 2002, la segunda y tercera causa de consulta atendidas en ambulatorios (tasa de incidencia del 6.3%) y la tercera y cuarta causa de morbilidad a nivel nacional (MSPAS, 2002).

Tabla 2.2-5: Contribución a la incidencia de diarrea por tipo de fuentes de abastecimiento extra-domiciliares utilizadas

Tipo de Fuente	% de contribución a la incidencia según fuentes
Cañería	22
Nacimiento, comprada en botellas	8
Pozo	25
Río, pilas, pipa	44

Fuente: PNUD, 2001

2.2.6 DESINFECCIÓN Y PURIFICACIÓN BIOLÓGICA DEL AGUA⁷

La purificación biológica del agua se realiza para bajar la carga orgánica de compuestos orgánicos disueltos. Los microorganismos, principalmente bacterias, hacen la descomposición de estos compuestos. Hay dos categorías principales de tratamiento biológico: tratamiento aerobio y tratamiento anaerobio.

La demanda biológica de oxígeno (DBO) define la carga orgánica. En sistemas aerobios el agua se airea con aire comprimido (con oxígeno en algunos casos simplemente), mientras que los sistemas anaerobios funcionan bajo condiciones libres de oxígeno.

a. LA DESINFECCIÓN DEL AGUA

La desinfección es uno de los pasos más importantes de la purificación del agua de ciudades y de comunidades. Responde al propósito de matar a los actuales microorganismos indeseados en el agua; por lo tanto los desinfectantes se refieren a menudo como biocidas. Hay una gran variedad de técnicas disponibles para desinfectar los líquidos y superficies, por ejemplo: desinfección con ozono, con cloro y con UV.

⁷ REFERENCIA 06

b. MÉTODOS DE DESINFECCIÓN

Entre los metodos de desinfección más comunes estan: la cloración, la ozonización y la radiación UV, siendo el primero el más utilizado por la población tanto de la zona urbana como rural, las segunda dado que sus costos son elevados no se utiliza mucho y la tercera tiene una mayor aplicación en las regiones que carecen de acceso a agua potable.

El cloro cuando es dejado caer puede reaccionar las cloraminas y los hidrocarburos tratados con cloro, que son agentes carcinógenos peligrosos. Para prevenir este problema el dióxido de cloro puede ser aplicado. El dióxido de cloro es un biocida eficaz a bajas concentraciones tales como 0.1 ppm y excelentes en una gama ancha de pH. El ClO_2 penetra la pared de la célula de las bacterias y reacciona con aminoácidos vitales en el citoplasma de la célula para matar al organismo. El subproducto de esta reacción es clorito. Los estudios toxicológicos han demostrado que el subproducto de la desinfección del dióxido de cloro, clorito, no tiene ningún riesgo adverso significativo para la salud humana.

El ozono se ha utilizado para la desinfección del agua potable en la industria del agua municipal en Europa por cientos de años y es utilizado por una gran cantidad de compañías de agua, donde es común capacidades del generador del ozono de hasta el radio de acción de cientos kilogramos por hora. Cuando el ozono hace frente a olores, a bacterias o a virus, el átomo adicional del oxígeno los destruye totalmente por la oxidación. Durante este proceso el átomo adicional del oxígeno se destruye y no hay olores, bacterias o átomos adicionales dejados. El ozono es no solamente un desinfectante eficaz, es también particularmente seguro de utilizar.

La radiación UV también se utiliza para la desinfección hoy en día. Cuando están expuestos a la luz del sol, se matan los gérmenes y las bacterias y los hongos se previenen de reproducirse. Este proceso natural de la desinfección se puede utilizar con más eficacia posible aplicando la radiación UV de una manera controlada.

2.3 COLECTORES SOLARES PLANOS⁸

2.3.1 DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN

Un colector solar es una especie de intercambiador de calor que transforma la energía radiante en calor. La transferencia de energía se hace desde una fuente radiante (sol), hacia un fluido (agua o aire generalmente) que circula por los tubos o ductos del colector. El flujo de energía radiante que finalmente intercepta el colector, proviene básicamente del rango visible del espectro solar y es por naturaleza variable con el tiempo. En condiciones óptimas podemos esperar como máximo, flujos de 1100 W/m². De esta forma, un análisis de colectores solares presenta problemas relacionados con radiación y flujos de energía pequeños y variables.

Dentro de los diversos tipos de colectores solares, los **colectores solares planos** son los más comunes. Estos pueden ser diseñados y utilizados en aplicaciones donde se requiere que la energía sea liberada a bajas temperaturas, debido a que la temperatura de operación de este tipo de colectores, difícilmente pasa los 100°C.

Las ventajas que podemos obtener de este tipo de colectores con respecto a los colectores de enfoque o que concentran la radiación solar son: utilizan la energía solar directa y difusa, no requieren movimiento continuo para dar seguimiento al sol, prácticamente no necesitan mantenimiento y son mecánicamente de construcción más simple que los colectores concentradores.

Las principales aplicaciones de estos dispositivos son en el campo del calentamiento de agua a nivel doméstico e industrial, acondicionamiento calorífico de edificios y secado de fruta y granos.

a. DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN COLECTOR SOLAR PLANO

Las partes más importantes de un colector solar plano se presentan en la Figura 2.3-1. Esta muestra un corte transversal de uno de estos dispositivos que maneja un líquido en tuberías como fluido de trabajo. En el diagrama se puede observar como la energía solar incidente, tiene que

⁸ REFERENCIA 03

atravesar una o varias capas de vidrio o algún otro material transparente adecuado, antes de alcanzar la placa de absorción negra que es el elemento más importante del colector solar, al cual está unido el tubo o ducto. En esta placa, es donde la energía radiante es convertida en calor. Este calor, posteriormente es transferido por conducción hacia el fluido de trabajo (agua, aire), que es el que finalmente remueve la energía térmica del colector y la transfiere al tanque de almacenamiento térmico o al espacio o producto que va a ser calentado, según la aplicación que se le esté dando. El vidrio o su equivalente, además de permitir la entrada de la radiación solar hasta la placa de absorción, sirve también para minimizar las pérdidas de calor por radiación y convección hacia el medio ambiente por la parte superior del colector.

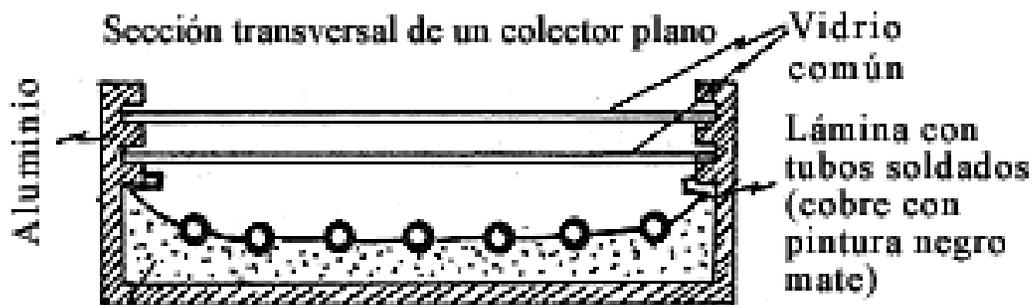


Figura 2.3-1: Corte transversal de un colector solar plano

El aislante térmico (espuma de poliuretano, poliestireno, lana de fibra de vidrio o algún otro) colocado en la parte posterior y lados del colector, disminuye también las pérdidas de calor hacia el medio ambiente en esas partes. Todas las partes mencionadas se encuentran dentro de una caja que sirve como parte estructural del colector y que puede ser hecha de diversos materiales como lámina metálica, madera o plástico.

El diseño de cada colector depende fundamentalmente de la aplicación específica a la cual vaya a destinarse. Este debe ser diferente si por ejemplo se trata de calentar agua para una alberca (22°C – 30°C), agua para uso doméstico (40°C – 60°C) o aire para el acondicionamiento calorífico de edificios (90°C – 100°C).

Algunos de los parámetros más importantes que se tienen que tomar en cuenta para su diseño y funcionamiento, son los siguientes: tipo de tubo o ducto, diámetro nominal, longitud, número de

tubos y espaciamiento entre ellos; material, espesor y acabado de la placa de absorción o aleta; número y tipo de capas o cubiertas transparentes; tipo de aislante y espesor; tipo de fluido de trabajo y flujo de masa del mismo; inclinación y orientación del colector; condiciones ambientales como velocidad del viento y temperatura del aire y, por supuesto, la intensidad de la radiación solar.

2.3.2 CLASIFICACIÓN DE COLECTORES SOLARES PLANOS

Los colectores solares planos pueden ser divididos en dos categorías básicas: los que utilizan como fluido de trabajo un líquido (agua) y los que utilizan un gas (aire). En general los que calientan aire manejan flujos mucho más grandes que los que calientan agua. También podemos decir que cuando se trabaja con un líquido, este fluye normalmente por un tubo adherido a la placa absorbadora; mientras que cuando se utiliza un gas, este fluye por un ducto que forma parte de la placa de absorción y que además puede tener muy diversas formas.

2.3.3 BALANCE DE ENERGÍA EN COLECTORES SOLARES PLANOS

En estado estable, el funcionamiento de un colector solar plano se puede describir mediante un balance de energía. Este se puede representar de manera sencilla mediante la siguiente Ecuación:

$$Q_{abs} = Q_u + Q_l + \frac{dU}{dt} \quad (\text{Ec. 2.3-1})$$

Donde **Q_{abs}** es el calor total incidente absorbido por unidad de tiempo en el colector, **Q_u** el calor útil que finalmente se transfiere al fluido de trabajo, **Q_l** las pérdidas de calor hacia los alrededores por radiación, convección y conducción y **dU/dt** la rapidez de el cambio de energía interna almacenada en el colector. El valor del último término es muy pequeño y se desprecia.

Haciendo un desglose más detallado de los términos de la Ecuación anterior, encontramos que cada uno de ellos puede ser representado por otra Ecuación. Así,

$$Q_{abs} = H_T A_c (\tau \alpha) \quad (\text{Ec. 2.3-2});$$

$$\text{Donde } (\tau \alpha) = \frac{\tau \alpha}{1 - (1 - \alpha) \rho d} \text{ (Ec. 2.3-3)}$$

$$Q_u = \left(\rho V C_p \frac{dT}{dt} \right)_L \text{ (Ec. 2.3-4)}$$

$$Q_l = U_L A_c (T_p - T_a) \text{ (Ec. 2.3-5)}$$

Referente a las demás variables: H_T es la energía solar incidente, A_c el área efectiva del colector, $(\tau \alpha)$ el producto de la transmitancia (τ) del vidrio y la absorbancia (α) de la placa colectora que representa la fracción de la radiación solar que es absorbida por el colector, ρ es la densidad del agua, V el volumen de agua en el colector, C_p la capacidad calorífica del fluido de trabajo, dT/dt la rapidez de cambio de temperatura del agua con respecto al tiempo, U_L el coeficiente global de pérdidas de calor por radiación, convección y conducción, T_p la temperatura media de la placa de absorción, T_a la temperatura del aire ambiente y ρd la reflectancia difusa. El valor de ρd toma diferentes valores según el número de cubiertas que se utilicen; Así, para 1, 2, 3 y 4 cubiertas, los valores de ρd son 0.16, 0.24, 0.29 y 0.32, respectivamente.

H_T es una variable muy compleja de evaluar teóricamente. Depende de la radiación total diaria e instantánea a una hora del día; de los ángulos del colector y el sol respecto al suelo, al sur y al este; de la latitud y longitud donde se ubica; de la radiación total extraterrestre, el día del año y las dimensiones del colector. Todas estas variables se unen en muchas Ecuaciones complejas. Si se posee un **piranómetro**⁹, se utiliza el valor obtenido por el aparato para una hora específica o para un día total, o si se posee un perfil de irradiación para la región de más de 15 años, se pueden extrapolar valores para las fechas en las que necesitamos los valores de H_T . Entonces, el cálculo **Qabs** se vuelve sólo dependiente de las dimensiones del colector.

Las variables **Ql** y **Qu** se puede calcular fácilmente porque terminarán siendo función solamente de temperaturas específicas que se pueden obtener directamente del colector y del tiempo. Junto con la asunción de calor acumulado despreciable, podemos obtener **Qabs** por una simple suma

⁹ Un **piranómetro**, es un instrumento para medir la radiación global (directa más difusa), usualmente sobre una superficie horizontal.

algebraica. El valor Q_I se analiza con los principios de transferencia de calor, mientras que Q_u se analiza también con principios termodinámicos.

a. COEFICIENTE TOTAL DE PERDIDAS

Aunque aparentemente la *Ecuación 2.3-5*, que representa las pérdidas de calor, es sencilla; la evaluación numérica del coeficiente total de pérdidas de calor (U_L) requiere de un análisis detallado.

Debido a que es indispensable conocer el valor de U_L para poder evaluar las pérdidas de calor, a continuación se presenta un modelo matemático de cómo obtenerlo. El modelo toma en cuenta cómo contribuyen las distintas pérdidas de calor al coeficiente total, dando la oportunidad de analizar cada una por separado, y además hace los siguientes supuestos:

1. El colector opera en estado estable (por ello dU/dt se desprecia)
2. Los cabezales proveen un flujo uniforme por los tubos.
3. La absorción de la energía solar en las cubiertas es despreciable.
4. El flujo de calor a través de las cubiertas y el fondo del colector es unidimensional.
5. Las cubiertas son opacas a la radiación infrarroja.
6. La irradiación sobre la superficie del colector es uniforme.
7. El firmamento se comporta como un cuerpo negro que emite radiación infrarroja a una temperatura equivalente.

El proceso para calcular U_L se basa en un circuito térmico de un colector solar como el que se presenta en la Figura 2.3-2, que en este caso utiliza una cubierta de vidrio, C_1 . Este nos muestra que, de la energía absorbida en el colector (S) a través de la placa absorbidora (p), que se encuentra a la temperatura T_p ; parte se convierte en calor útil (Q_u) y parte tiende a disiparse hacia los alrededores que se encuentran a la temperatura ambiente T_a , a través de la cubierta de vidrio que se encuentra a la temperatura T_{C_1} . Esto también ocurre a través del fondo y lados del colector que se encuentran a una temperatura T_b . La cantidad de energía disipada depende de las diversas resistencias que vienen esquematizadas en el diagrama y que en este caso son 3.

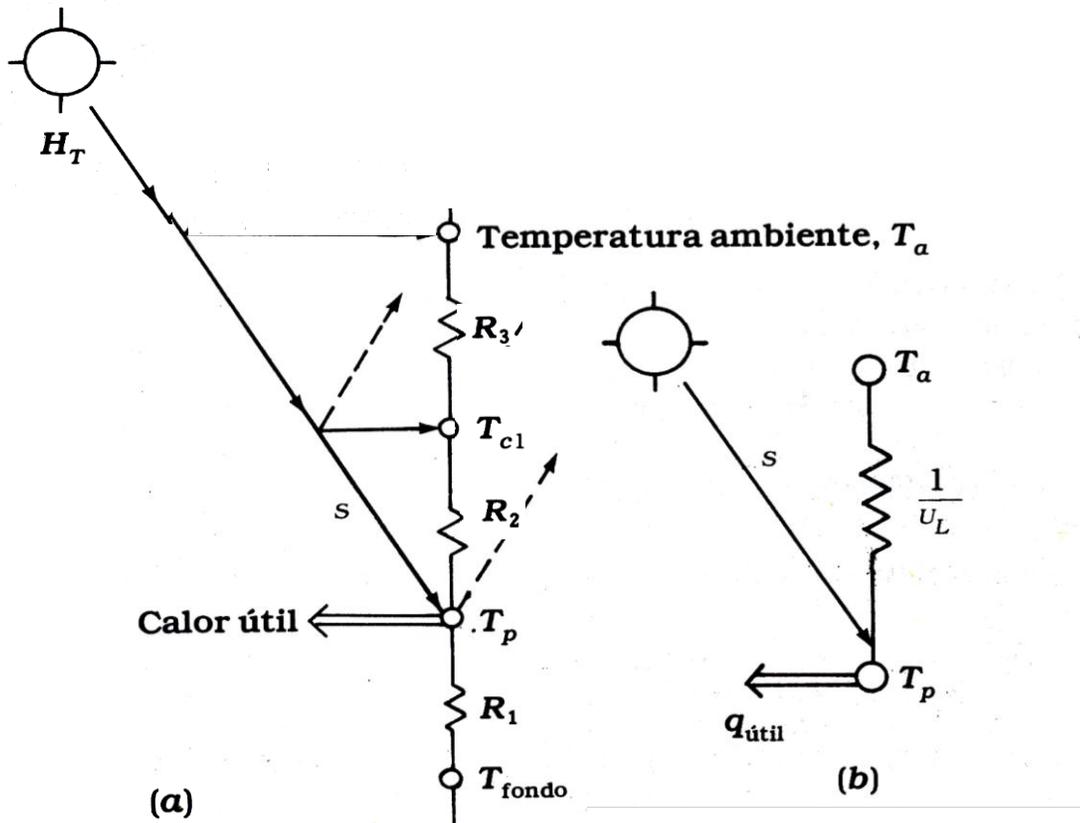


Figura 2.3-2: Circuito térmico de un colector solar (a) detallado (b) equivalente

Esta resistencia es igual al inverso del coeficiente total de pérdidas de calor:

$$U_L = 1/R_{eq} \text{ (Ec. 2.3-6)}$$

Podemos decir entonces, que U_L es la suma de varios coeficientes de pérdidas de calor, que se pueden expresar también como el inverso de sus resistencias, así:

$$U_L = U_s + U_{FL} \text{ (Ec. 2.3-7)}$$

Donde: U_s es el coeficiente total de transferencia de calor para la parte superior del colector, y es igual al inverso de la suma de las dos últimas resistencias:

$$U_s = \frac{1}{R_2 + R_3} \text{ (Ec. 2.3-8)}$$

U_{FL} es el coeficiente de pérdida de calor por conducción por el fondo y lados, que tienen que ver con las dimensiones del colector y el tipo y grosor del aislante utilizado:

$$U_{FL} = \frac{1}{R_1} \quad (\text{Ec. 2.3-9})$$

Por otro lado:

$$R_1 = \frac{1}{k_a \left(\frac{1}{l} + \frac{MP}{l'A_c} \right)} \quad (\text{Ec. 2.3-10}); \quad R_2 = \frac{1}{h_{c,pc} + h_{r,pc}} \quad (\text{Ec. 2.3-11}) \quad \text{y} \quad R_3 = \frac{1}{h_{c,ca} + h_{r,ca}} \quad (\text{Ec. 2.3-12})$$

En estas Ecuaciones, k_a es la conductividad térmica del aislante, l y l' los espesores del aislante por el fondo y lados respectivamente, P el perímetro del colector y M la altura del mismo, $h_{c,pc}$ y $h_{r,pc}$ son los coeficientes por convección y radiación respectivamente entre la placa receptora y la cubierta, $h_{c,ca}$ y $h_{r,ca}$ son los coeficientes por convección y radiación respectivamente entre la cubierta y el medio ambiente.

Los coeficientes de radiación se definen como:

$$h_{r,pc} = \frac{\sigma(T_p + T_c)(T_p^2 + T_c^2)}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_c} - 1} \quad (\text{Ec. 2.3-13})$$

$$\text{y } h_{r,ca} = \sigma \epsilon_c (T_c + T_a)(T_c^2 + T_a^2) \quad (\text{Ec. 2.3-14})$$

Donde σ es la constante de radiación de Stefan-Boltzmann ($5.676 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$), T_p y T_c son las temperaturas de la placa receptora y la cubierta de vidrio respectivamente, ϵ_p y ϵ_c son las emisividades de la placa receptora y la cubierta de vidrio respectivamente.

*Los coeficientes de convección se definen como:*¹⁰

$$h_c = \frac{k}{\delta} a (Gr Pr)^m \quad (\text{Ec. 2.3-15})$$

¹⁰ REFERENCIA 07

Donde **k** es la conductividad térmica del aire, δ es la longitud característica de la transferencia de calor, **Gr** es el número de Grashof y está dado por:

$$Gr = \delta^3 (T_{mayor} - T_{menor}) \frac{\rho^2 g \beta}{\mu^2} \quad (\text{Ec. 2.3-16})$$

Mientras que **Pr** es el número de Prandtl, que está dado por:

$$Pr = \frac{C_p \mu}{k} \quad (\text{Ec. 2.3-17})$$

Las constantes **a** y **m** dependen de la geometría y la forma del proceso de transferencia, están definidos en la *Tabla 2.3-1*. La densidad del aire, ρ , el coeficiente volumétrico de expansión del aire, β , la viscosidad del aire, μ , la capacidad calorífica del aire, **Cp** y la conductividad térmica del aire, **k**, se evalúan a la temperatura de película, **Tf**, definida para cada caso.

Tabla 2.3-1: Valores para la Ecuación 2.3-15

GEOMETRÍA FÍSICA	GrPr	a	m	δ	Tf
Entre placas donde la inferior está más caliente que la superior $h_{c,pc}$	Entre 7×10^3 y 3×10^5	0.21	1/4	Distancia entre placas	$\frac{T_c + T_p}{2}$
	Mayor que 3×10^5	0.061	1/3		
Superficie superior de placa calentada al ambiente $h_{c,ca}$	Entre 1×10^5 y 2×10^7	0.54	1/4	Media aritmética de los lados	$\frac{T_a + T_p}{2}$
	Entre 2×10^7 y 3×10^{10}	0.14	1/3		

FUENTE: Geankoplis

b. CALOR ÚTIL

Al conocerse el volumen de agua tratado en un tiempo específico, es fácil definir **Qu**, pues los valores de la densidad y la capacidad calorífica se toman a la temperatura media del agua en el proceso de calentamiento. Hay que observar que **UL** depende de muchas temperaturas, y las

propiedades son del aire. En **Qu**, utilizamos propiedades y temperaturas del agua. Entonces, la *Ecuación 2.3-4* se puede reescribir como:

$$Q_u = \rho_L V_L C_{pL} \frac{T_{L,2} - T_{L,1}}{t_2 - t_1} \quad (\text{Ec. 2.3-18})$$

Donde se especifica que $T_{L,1}$ y $T_{L,2}$ son las temperaturas del agua en los tiempos t_1 y t_2 respectivamente.

c. EFICIENCIA TÉRMICA

Como toda eficiencia, tenemos que dividir la energía útil cedida al agua entre la energía total absorbida por el colector:

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_{abs}} \quad (\text{Ec. 2.3-19})$$

Sustituyendo la *Ecuación 2.3-1*, despreciando dU/dt y reordenando obtenemos que Q_{abs} , η se calcula con Q_l y Q_u :

$$\frac{1}{\eta} = \frac{Q_l}{Q_u} + 1 \quad (\text{Ec. 2.3-20})$$

2.3.4 CALENTADOR SOLAR DE AGUA

Las primeras patentes de calentadores solares aparecieron en Estados Unidos hacia finales del siglo XIX. En México se han estado utilizando y desarrollando desde la década de los 40. En los lugares con buen clima y buena insolación, los calentadores solares pueden ahorrar una fracción considerable del combustible para uso doméstico.

Es otra forma de llamar a los colectores solares planos específicos para esta función.

a. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

La mayoría de las aplicaciones de la energía solar, particularmente las que proporcionan un servicio que se requiere en forma continua, es decir, no sólo cuando hay insolación, requieren al menos dos elementos que ya se han descrito: un **colector**, en donde se transforme la luz solar en el efecto deseado, y un **almacén**, en donde se pueda tener una "reserva" del efecto deseado, para cuando no hay insolación.

En el caso de los calentadores solares domésticos, las temperaturas requeridas son del orden de 40°C a 60°C. Esto implica que los colectores más adecuados, independientemente de otras ventajas que puedan tener, son los de placa plana. Dependiendo del diseño particular del calentador, puede requerir una o dos cubiertas transparentes. Una de las virtudes de este tipo de colector es que no sólo capta la radiación directa, sino también la difusa. Esto significa que un calentador solar bien dimensionado puede trabajar satisfactoriamente no sólo en días soleados, sino en días medio nublados, siempre que la irradiación total no caiga por debajo de ciertos límites y los usuarios no desperdicien el agua caliente.

b. CALENTADOR SOLAR AUTOCONTENIDO

Este es uno de los calentadores solares más simples que se pueden concebir (descartando, por supuesto, un garrafón o tina con agua directamente expuestos al Sol). El calentador autocontenido es simplemente un recipiente (una caja, un tambo, varios tambos pequeños, etc.) dispuesto de tal manera que presente su mayor área hacia la posición promedio del Sol. Esta cara se pinta de negro y hace las veces de colector solar.

El recipiente se llena con agua, que se calienta directamente por contacto con la cara expuesta al Sol. Por los lados y el fondo se aísla térmicamente para evitar las fugas de calor. La *Figura 2.3-3* muestra un corte esquemático de un calentador solar autocontenido.

El nombre de "autocontenido" viene de que en el mismo elemento físico del sistema se conjugan las funciones de colector y de termo almacén. Como puede verse, esto es algo así como exigir

funciones contrarias en un mismo elemento del sistema. Por un lado, la parte superior del recipiente debe hacer las veces de colector, es decir, funcionar como un elemento para la transferencia de calor, del Sol al agua. Por otro lado, como en el mismo recipiente se mantiene almacenada el agua caliente, debe hacer las veces de termo, que es la función opuesta a un colector.

Es por esto que en este tipo de calentadores solares se utilizan dos capas de vidrio (o del material transparente de la cubierta). Esta es una forma de lograr que durante el día entre la radiación solar hasta la placa negra, pero durante la noche pierda relativamente poco calor. Diversos estudios han demostrado que si se utiliza sólo una capa de vidrio (o ninguna), las pérdidas nocturnas son tan altas, que al amanecer casi se ha perdido la energía colectada el día anterior. Por otro lado, tres o más capas de vidrio dan como resultado demasiadas reflexiones y absorciones en los vidrios, de manera que, aunque la pérdida se ve efectivamente disminuida, lo que sufre más son las ganancias térmicas durante el día.

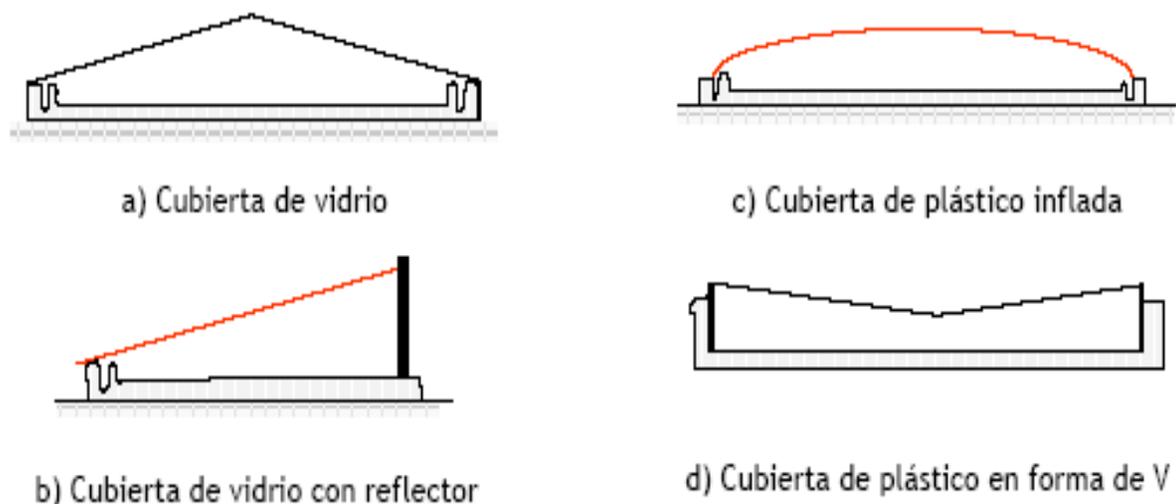


Figura 2.3-3 Diferentes formas de colectores solares planos autocontenidos

Las temperaturas dentro del colector pueden llegar a 70 grados centígrados. La eficiencia térmica de este tipo de calentadores es relativamente alta, del orden de 45%, si se evalúa únicamente para el período diurno. Esta eficiencia cae bastante si se toma en cuenta la pérdida nocturna.

c. CALENTADOR SOLAR POR CONVECCIÓN NATURAL

Un siguiente paso en la "evolución" de los calentadores solares consiste en separar físicamente el colector solar del tanque de almacenamiento. Con esto, cada elemento del sistema puede ser diseñado y construido para realizar eficientemente su función. En este esquema, entonces, se calienta el agua dentro de los tubos o placas de un colector plano, para luego transferirla al termo de almacenamiento. Existen básicamente dos técnicas para transferir el agua caliente del colector al termo: la convección natural y la convección forzada.

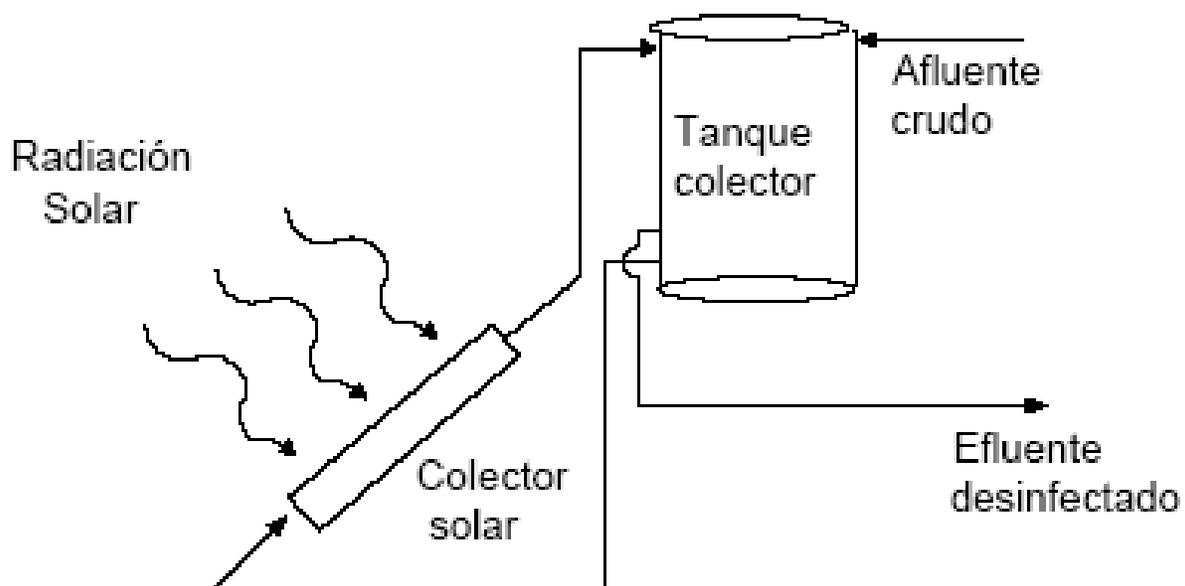


Figura 2.3-4: Esquema general de un colector solar plano por convección natural

En el calentador por convección natural, también llamado **termosifón**, la fuerza impulsora que mueve el agua desde el colector hacia el termo es de tipo hidrostático, un empuje asociado con el principio de Arquímedes. El agua contenida en el colector, a medida que se calienta, disminuye su densidad. Si existe un circuito cerrado y adecuadamente construido entre el colector y el termo, es posible aprovechar esta disminución de densidad para que el agua caliente fluya espontáneamente de la parte más alta del colector hacia la parte alta del termo. Al mismo tiempo, el agua de la parte baja del termo, que se encuentra a menor temperatura, fluye hacia la parte más baja del colector. El termo, pues, siempre debe encontrarse, en este esquema, a mayor altura que el colector.

Este sistema de convección natural tiene ventajas y desventajas. La primera ventaja, respecto del calentador autocontenido, consiste en que, al llegar la noche o disminuir significativamente la radiación solar, el proceso de convección natural se detiene. Por tanto, la energía térmica almacenada en el termo no tiende a perderse a través del colector, sino únicamente a través de su propio aislante que, suponemos, es un buen aislante. Así, la pérdida de temperatura durante la noche es mucho menor que en el calentador autocontenido.

La desventaja principal de este tipo de sistemas se encuentra, quizá, en los lugares con clima muy extremo, en donde las temperaturas ambientales puedan llegar a las temperaturas de congelación. En estos lugares no es recomendable el uso de calentadores por convección natural, porque la congelación nocturna del agua dentro de los colectores puede dar lugar a que se revienten sus tuberías, quedando dañado permanentemente.

Otra posible desventaja consiste en algo que ya señalamos: el termo debe estar a una altura mayor que la del colector. La fuente de alimentación, generalmente un tinaco, debe estar a mayor altura que el termo.

d. CALENTADOR SOLAR DE CONVECCIÓN FORZADA

Para los lugares donde los inconvenientes del calentador solar por convección natural son importantes, existe otra alternativa: utilizar convección forzada, es decir, emplear una pequeña bomba para hacer circular el agua entre el colector y el termo. Con esto se evita completamente la necesidad de que el termo esté a mayor altura que el colector. Podría incluso estar el colector en la azotea y el termo en un sótano. La congelación del agua en las tuberías, también puede eliminarse mediante un sistema de convección forzada, pero en este caso se requiere algún otro fluido de trabajo, o al menos agua con anticongelante, al igual que en los radiadores de automóvil. Debido a esto, no es posible utilizar la misma agua que se utiliza en el colector, y se requiere un intercambiador de calor, para transferir el calor del fluido de trabajo al agua.

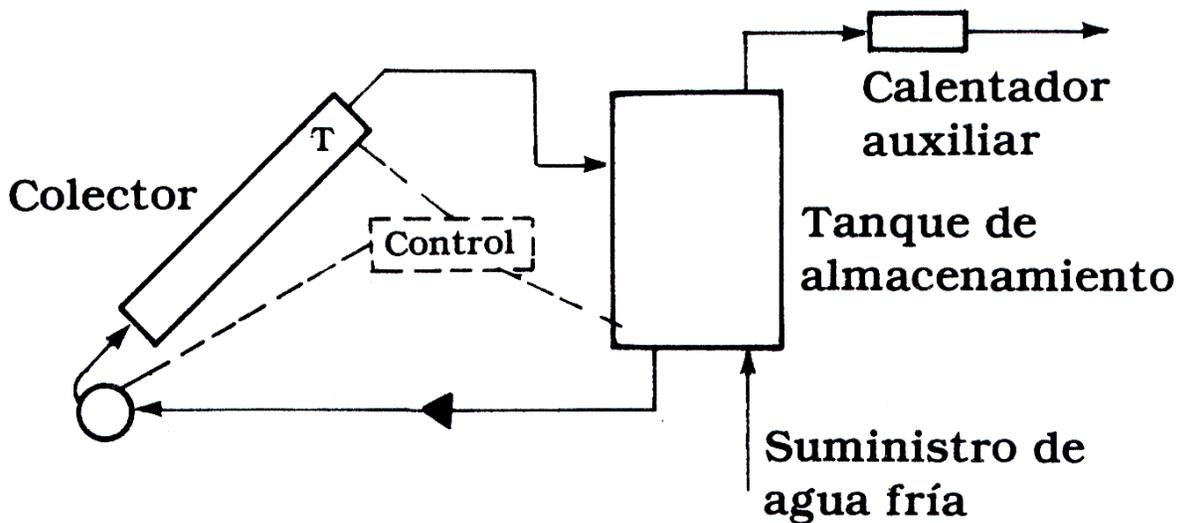


Figura 2.3-5: Colector solar plano por convección forzada

Otro elemento importante en un calentador por convección forzada, es un termostato diferencial o control diferencial de temperatura (**CDT**) para encender o apagar la bomba, según se requiera. Este termostato debe tener un sensor a la salida del colector y otro en el termo, para mandar la señal de encender la bomba sólo cuando el colector se encuentre a una temperatura suficientemente mayor que la del termo. De otro modo, el colector podría funcionar como enfriador.

2.3.5 PASTEURIZACIÓN SOLAR

Otra de las aplicaciones prácticas de la energía solar es la potabilización de agua. Mediante las diversas variantes de esta técnica es posible producir agua potable a partir de agua contaminada.

Como esto puede lograrse mediante tecnología relativamente simple, esta aplicación resulta especialmente útil para regiones alejadas de las comodidades de la civilización, como islas y regiones costeras poco comunicadas. Pero también pueden encontrarse aplicaciones técnica y económicamente factibles en otros lugares.

Dependiendo del grado de contaminación que contenga el agua, existen diversas tecnologías solares para su purificación. En general, los sistemas solares para la purificación de agua son

capaces de remover sólo cantidades relativamente pequeñas de contaminación, con excepción quizás, de los que se utilizan para purificar agua de mar. Los destiladores solares, pues, no son adecuados para purificar aguas negras ni residuos industriales. Son adecuados para potabilizar aguas superficiales (ríos, lagos), aguas subterráneas o agua de mar. Básicamente habría que considerar dos niveles de contaminación para los cuales son adecuados: 1) Agua con contaminación microbiana ligera y 2) Agua con contaminación de sales disueltas.

a. CALENTAMIENTO DE AGUA CON CONTAMINACIÓN MICROBIANA

Existe una diversidad de casos en los que el agua no contiene sales inadecuadas para su potabilidad, pero sí microorganismos patógenos o indeseables. Para este caso es posible eliminar la contaminación microbiana mediante un calentamiento en un calentador solar operando en condiciones adecuadas para ello. Un calentador, como los descritos anteriormente, destinado exclusivamente para la purificación de agua es dejar que alcance las máximas temperaturas que puede producir para eliminar los microorganismos. Para este fin no se requiere llegar a la temperatura de ebullición, sino que basta pasar de los 60°C, pero sostenerlos durante varios minutos.

3 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PASTEURIZADOR SOLAR

3.1.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Basados en una investigación bibliográfica preliminar sobre tipos de pasteurizadores solares y sus partes básicas constituyentes: serpentín, colector y base del pasteurizador, se eligen varios criterios a considerar en el diseño del equipo.

Una de las primeras consideraciones relacionadas al diseño del serpentín es elegir tubería de hierro galvanizado, en lugar de cobre o acero inoxidable, por su costo relativamente bajo y fácil acceso, además existe disponibilidad de los diferentes accesorios, lo anterior es una opción viable también por el hecho de que este tipo de material es el utilizado en la red de distribución nacional de agua potable; por otra parte, el diámetro de la tubería se define en media pulgada ($\frac{1}{2}$ "") para lograr un incremento de temperatura uniforme y de manera rápida en el fluido de trabajo. Ahora bien, es necesario tener un control de la evolución de la temperatura del agua al interior del serpentín, para lo cual se instalan termómetros análogos de flujo distribuidos de manera uniforme de tal modo que en cualquier momento se pueda monitorear y registrar datos de la temperatura del agua en la fase experimental. El tratamiento del agua en el pasteurizador está considerado hacerlo por lotes, para ello se instalan válvulas de globo a la entrada y salida del serpentín, que son manipuladas manualmente dependiendo de las necesidades de la prueba, es decir si se trata del ingreso de un lote de agua al serpentín para ser tratado o salida de agua ya pasteurizada. El ingreso del agua al serpentín se logra por la diferencia de altura existente entre el pasteurizador solar y el recipiente que contiene el agua de experimentación, esta situación se ilustra en la Figura 3.1-1 a.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta son las dimensiones del colector solar (placa), que son determinadas en parte por las dimensiones del serpentín. Se define un área de prueba cuadrada de aproximadamente 1m^2 para el colector solar (Ver Figura 3.1-1 c), y de acuerdo con los resultados de volumen de agua tratado por día y eficiencia del equipo que se obtengan en la fase

experimental, éste pueda ser ajustado o dimensionado por escalamiento técnico conforme a las necesidades de consumo de agua de la comunidad bajo estudio. El tipo de material seleccionado para la construcción de la placa es madera, ya que ésta es menos sensible en comparación con la metálica a los cambios drásticos de temperatura en el medio ambiente especialmente en época lluviosa; es decir, que si existe un descenso súbito en la temperatura ambiente, la placa desciende su temperatura superficial lentamente, dando la posibilidad para que las condiciones ambientales mejoren y así la temperatura de la placa vuelva a incrementarse. Para reducir las pérdidas de calor por convección en el fondo de la placa, se decide utilizar como aislante térmico fibra de vidrio de $\frac{1}{2}$ "x48"x72", el cual se ubica en medio de dos placas de madera de Plywood Banack BB que constituyen la placa o colector solar.

En la Figura 3.1-1 a, se ilustra como el serpentín está montado sobre la placa, asegurando su contacto para que exista la transferencia de calor por conducción de la placa al serpentín, y del serpentín al agua, esto implica que es determinante lograr que la placa alcance la temperatura máxima posible, para ello se pintan de negro la placa y el serpentín, para crear el efecto de un cuerpo negro y que de esta manera exista mayor absorción de la energía solar.

Por otra parte, la inclinación y orientación del equipo se definen para lograr una mayor incidencia de la energía solar. De acuerdo a investigaciones bibliográficas lo recomendado es que la posición de la placa forme un ángulo de 14° respecto a la horizontal y que el equipo se oriente en dirección al sur. Ya que la placa es plana, la inclinación se logra con la base del equipo mediante medidas que formen el ángulo recomendado, como se ilustra en la Figura 3.1-1 b; el material utilizado para la fabricación de la base fue madera de cedro, ya que es de las más resistentes a la exposición continua del sol, y para la protección y durabilidad de la madera se le aplica una capa de barniz para impermeabilizarla.

El pasteurizador solar es considerado diseñarlo con sola una capa de vidrio claro, transparente y con un espesor de 10mm.

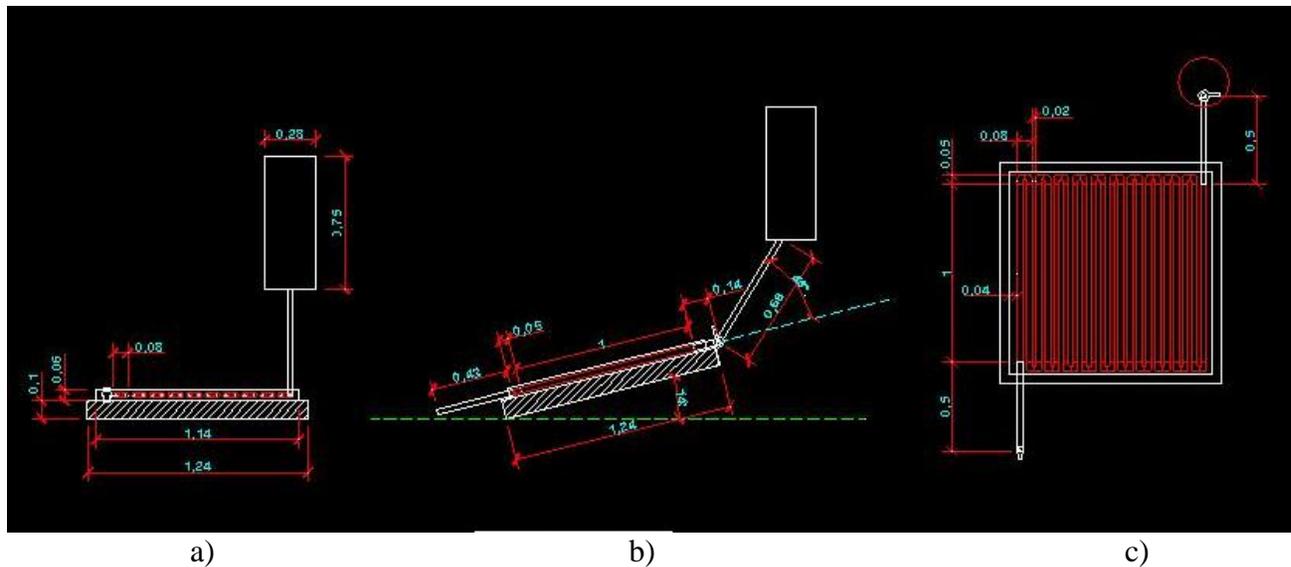


Figura 3.1-1: Diseño gráfico del equipo en AUTOCAD
 a) Vista frontal b) Vista lateral c) Vista aérea

3.1.2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El serpentín está construido con tubería y accesorios de hierro galvanizado de ½”, válvulas para el control de la entrada y salida de agua al serpentín, y además tiene instalados termómetros análogos de flujo para el monitoreo y registros de la temperatura del agua a lo largo del serpentín.

Las dimensiones del serpentín están determinadas por las dimensiones que tendrá el colector solar, en nuestro caso las longitudes de la tubería que establecimos determinan un colector solar con un área de aproximadamente 1m².

a. SERPENTÍN

En la Figura 3.1-2 se detallan las dimensiones y las cantidades de materiales que son utilizados para la construcción del serpentín del pasteurizador solar. Todos estos materiales son de hierro galvanizado y están disponibles fácilmente en cualquier ferretería. Las tuberías tienen rosca en ambos extremos ya que serán interconectadas mediante accesorios.

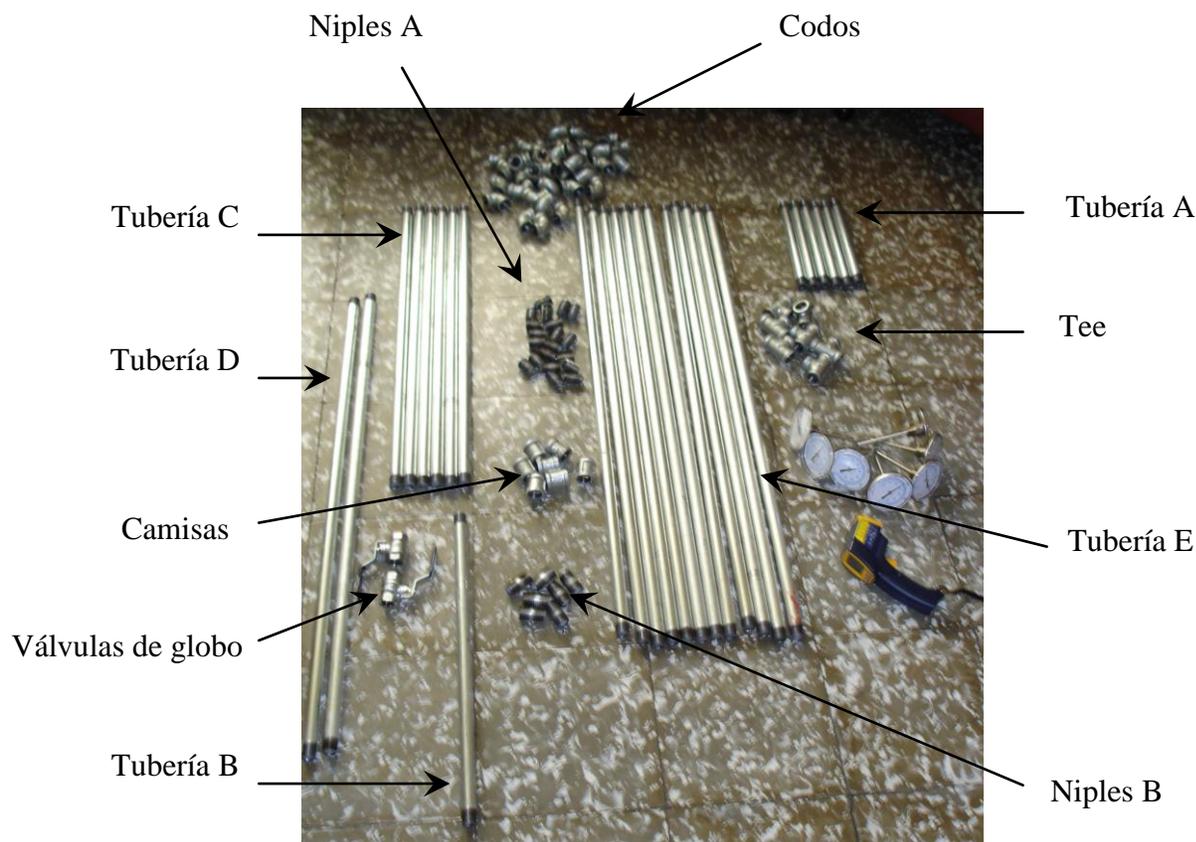


Figura 3.1-2. Materiales para construcción de serpentín.

Teflón. Tubería de hierro galvanizado de ½" doble niple: A – 7 Tuberías de 30 cm, B – 1 Tubería de 50 cm, C – 7 Tuberías de 70 cm, D – 2 Tuberías de 90 cm, E – 12 Tuberías de 1 m. Accesorios de hierro galvanizado de ½": 7 Uniones Tee, 7 Camisas, 38 Codos, 20 niples todo rosca A y 7 niples 1½" B. Herramientas: 2 Llaves Stilson

b. EQUIPOS DE MEDICIÓN

Para la etapa experimental es determinante monitorear y registrar datos de temperatura del agua en el serpentín, de la placa y el vidrio y también del ambiente, para ello se dispone de tres tipos diferentes de termómetros. Los primeros son termómetros análogos de flujo (termómetros blancos mostrados en la Figura 3.1-3 a) que están instalados directamente con el serpentín y son utilizados para monitorear la temperatura del agua al interior de la tubería. El segundo tipo es un termómetro infrarrojo de área (termómetro azul en Figura 3.1-3 a) que es utilizado para medir la temperatura de la placa y la del vidrio; éste termómetro tiene la particularidad de poderle ajustar

la emisividad para que logre medir la temperatura del vidrio. Y finalmente, el último tipo de termómetro es uno digital (ver Figura 3.1-3 b) que es utilizado para medir la temperatura ambiente.



a) b)

*Figura 3.1-3. a) 7 Termómetros análogos de flujo y 1 Termómetro Infrarrojo de área
b) 2 Termómetros digitales*

c. PLACA BASE DEL SERPENTÍN

Por el diseño del pasteurizador solar, en la placa del mismo se coloca el serpentín y la caja de vidrio que cubre el pasteurizador, lo que implica que la placa debe ser resistente para poder soportar el peso y además debe de tener pequeñas pérdidas de calor por convección y ser capaz de absorber la mayor cantidad de energía solar y convertirla en calor.

Para la placa, se utiliza un pliego de Plywood de Banack BB $\frac{3}{4}$ ", el cual es cortado a la mitad, formando dos partes y entre ellas se coloca una doble capa fibra de vidrio de $\frac{1}{2}$ "x48"x72" como aislante térmico; se unen las piezas mediante pernos y finalmente se le aplica un revestimiento con pintura "negro mate".

d. BASE DEL PASTEURIZADOR

La base debe ser resistente, tanto para soportar el peso de todo el colector y de la caja de vidrio, como también para soportar la exposición permanente al sol. La madera de cedro cumple muy bien las condiciones anteriores, por lo que se elige como material de construcción. Es necesario utilizar en total 2 varas de tabla de Cedro de 12", 6 varas de tabla de Cedro de 18" para la construcción, y también como protección adicional una capa de barniz.

3.1.3 CONSTRUCCIÓN DEL PASTEURIZADOR SOLAR

De todas las partes constituyentes del pasteurizador solar, mencionadas en la sección anterior, la que resulta un poco difícil de armar es el serpentín porque hay que ser cuidado en el ensamble de las partes para dar la orientación adecuada y en el roscado de las piezas para evitar fugas de agua. La placa es cuadrada y de fácil construcción. La base del pasteurizador se construye hasta el final cuando ya se tienen las medidas exactas la placa, para que ésta acople de manera perfecta. La caja de vidrio se coloca hasta el final y debe de ser construida por personal de una vidriería.

a. SERPENTÍN

Antes de iniciar con la construcción del serpentín es necesario verificar que se cuente con todo el material detallado en la Figura 3.1-2.

Es necesario aplicar una limpieza interna y externa a todas las tuberías y los accesorios de hierro galvanizado que se utilizan en la construcción del serpentín, para remover grasas y aceites que traen de fábrica para protegerlas. La limpieza puede realizarse con un desengrasante comercial disponible en supermercados. Luego de lavadas las piezas deben de secarse con trapos o bien exponiéndolas al sol de medio día durante un tiempo considerable.

El serpentín se arma mediante diferentes piezas con rosca, por lo que se utiliza teflón para evitar fugas, éste sellador es el indicado ya que las presiones que se manejan dentro de la tubería son bajas, por lo que solo restaría tener cuidado de aplicar la suficiente cantidad y de roscar muy bien las piezas utilizando llaves Stilson de 10”.

El proceso de armado inicia utilizando una tubería B, roscando en un extremo una válvula de globo y en el otro una conexión tipo “T” como se ilustra en la Figura 3.1-4.

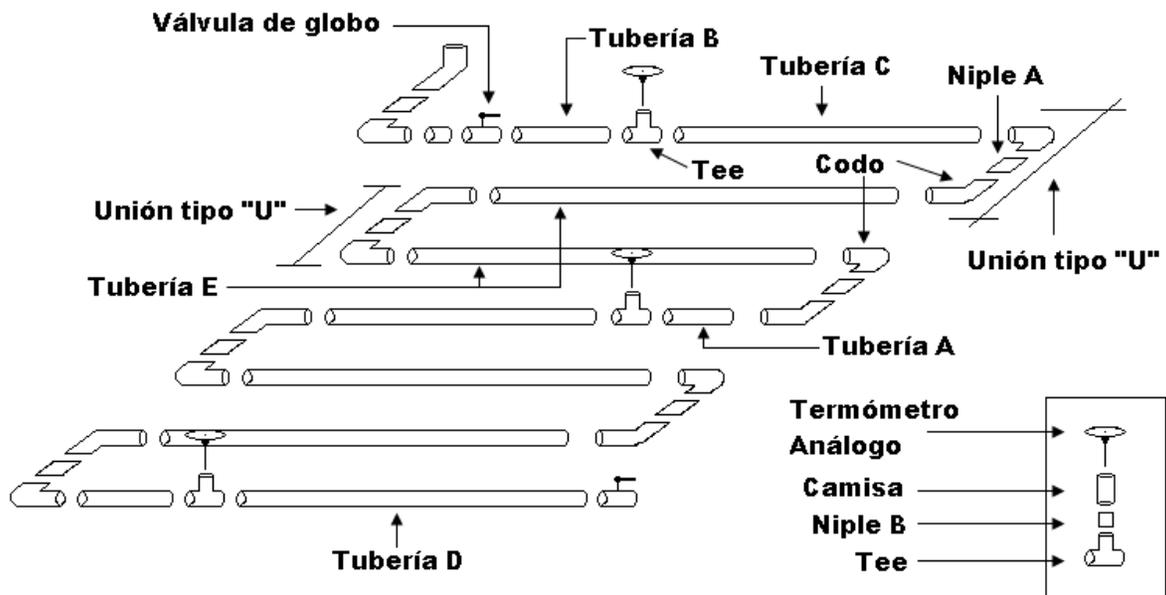


Figura 3.1-4. Secuencia de armado del serpentín

En el otro extremo de conexión tipo "T", se rosca una tubería C, y en el extremo restante de la tubería C enroscar una "U" que se forma con la secuencia: codo, unión A y otro codo y ésta se orienta de acuerdo a como se ilustra en la parte superior derecha de Figura 3.1-4.

En el otro extremo libre del codo ubicar una tubería E, a continuación enroscar una "U" y nuevamente una tubería E. En el extremo restante de la tubería E ubicar una "U" y luego una tubería A. El procedimiento anterior se debe repetir durante 5 veces, la variante que se utilizará de ahora en adelante con la tubería A y no con la B. El resultado final debe ser similar al mostrado en la Figura 3.1-5

En el extremo restante de conexión tipo "T" enroscar un lado de la tubería C, y en el lado restante de la tubería ubicar una la válvula de globo. Este lado es el sitio donde se tiene la salida del fluido de trabajo. Finalmente instalar en la parte superior de cada una de las tee ubicar una unión B seguida de una camisa y luego los Termómetros análogos como se ilustra en la parte inferior derecha de la Figura 3.1-4.

Asegurarse a enroscar bien todas las piezas, y si no hacer los ajustes necesarios. A medida de comprobación llenar el interior del serpentín con agua para identificar posibles puntos de fuga, si aparecen es necesario realizar un ajuste enroscando más la piezas, o bien si la fuga persiste desarmar, aplicar más teflón y nuevamente enroscar. Luego de lo anterior se debe de secar completamente el serpentín y luego aplicar un recubrimiento exterior con pintura negra mate y dejarlo secar durante 24 horas.

Al final del armado el serpentín debe ser similar al mostrado en la Figura 3.1-5



Figura 3.1-5. Serpentín armado

b. PASTEURIZADOR

De todas las partes constituyentes del pasteurizador, solamente la caja de vidrio que requiere un trabajo más especializado, por lo que se debe solicitar a una vidriería para que lo fabricara con las dimensiones que le especificamos: 113x118x15.5 cm y con un espesor de 10 mm.

La base del pasteurizador sostiene la placa que funciona como colector solar, éste a su vez sostiene al serpentín que conduce en su interior el agua y el serpentín es cubierto por la caja de vidrio cuya función es el permitir la entrada de radiación más no la salida.

c. BASE DEL SERPENTÍN

Antes de dimensionar la base del pasteurizador es necesario haber concluido la construcción y montaje del serpentín en el colector para que este ensamble perfectamente en la base como se ilustra en la Figura 3.1-6 b.

La base del pasteurizador debe contener al interior soportes laterales en donde se apoye la placa y un soporte central que le proporcione mayor firmeza a la estructura como se ilustra en la Figura 3.1-6 a.

El material utilizado para la construcción del pasteurizador es tabla de cedro, elegido por su resistencia. El pasteurizador solar es plano con base inclinada, para lograr este efecto la base inferior derecha mostrada en la Figura 3.1-6 b debe tener una altura de 31 cm, la superior mostrada en el lado izquierdo de la Figura 3.1-6 b debe de ser de 55 cm para formar el ángulo esperado de ángulo de 14° . La orientación del equipo se logra utilizando una brújula.



a)

b)

Figura 3.1-6: a) Vista superior b) Vista lateral de la base

La Figura 3.1-7 a) muestra el pasteurizador completamente terminado, en ella se puede identificar en el extremo superior izquierdo la válvula que permite el ingreso de agua al serpentín, y en el

extremo inferior derecho la salida del agua ya tratada. La inclinación de la placa en mostrada en la Figura 3.1-7 b.

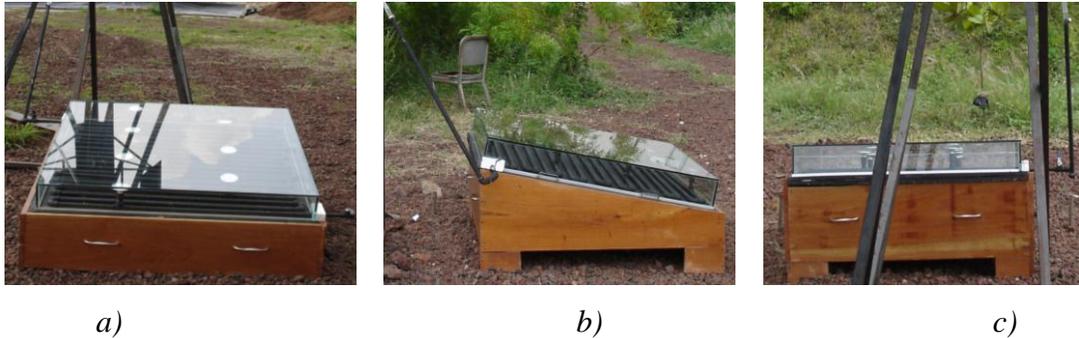


Figura 3.1-7: a) Pasteurizador completo; b) vista lateral, lateral c) vista trasera

3.2 ELECCIÓN DE LAS VARIABLES DE MEDICIÓN Y TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Luego de realizar un análisis de transferencia de calor para un colector solar plano (ver sección 2.3.3) se determina que el calor útil, las pérdidas de calor y la eficiencia el equipo son función de varias temperaturas involucradas en la fase experimental, por lo que se decide crear una base de datos con un monitoreo y registro de las misma a diferentes horas del día. Las temperaturas de interés son: la temperatura del agua (TL), de la placa negra base del serpentín (TP), del vidrio (TV), de la ambiente (TA) y las 7 temperaturas registradas por los termómetros análogos de flujo instalados en el serpentín (TL1 a TL7).

Los datos de temperatura que se recopilarán son organizados en una matriz con dos finalidades, una para poder realizar gráficas respecto al tiempo que faciliten el análisis de los mismos para establecer tendencias o comportamientos; y la otra para facilitar los cálculos matemáticos de balance de energía de acuerdo a las Ecuaciones presentadas en la sección 2.3.3, lo que nos permite conocer la cantidad de energía utilizada por el equipo a diferentes horas del día.

Por otra parte, el agua que esta siendo objeto de estudio se analiza microbiológicamente en dos tiempos, uno antes de ingresar al equipo, es decir, sin recibir ningún tipo de tratamiento; y otro

luego de ser tratada con el equipo, todo esto con el fin de establecer el porcentaje de reducción de la carga microbiológica en el agua original.

El porcentaje de reducción de la carga microbiológica es la variable respuesta, a un modelo polivalente lineal, que está influenciada por las condiciones de temperatura bajo las cuales operó el equipo. Pero es necesario determinar que variables son más determinantes para lograr el porcentaje de reducción, es decir evaluar la influenciabilidad de cada variable independiente preliminar en la variable respuesta para descartar las que no afecten; luego se evalúa un modelo para obtener los valores de los coeficientes mediante un paquete estadístico de computadora, posteriormente se revalora el modelo encontrado hasta ser ajustarlo.

3.3 MUESTREO DEL AGUA OBJETO DE EXPERIMENTACIÓN

3.3.1 COMUNIDAD DE MUESTREO

Para seleccionar la comunidad se toman en cuenta varios criterios, entre los cuales se mencionan que estuviera ubicada en una zona con bastante incidencia solar, no tuvieran acceso a agua potable mediante la red de distribución nacional, se abastecieran de agua mediante pozos y que estuviera relativamente cerca para poder ir a realizar los muestreos de agua de forma frecuente.

La comunidad BOCAPOZA está ubicada en el departamento de La libertad, municipio de La Libertad, a la altura del kilómetro 46, carretera del litoral. Pertenece a la jurisdicción del cantón Cangrejera. La Figura de la derecha muestra el portón de acceso principal.



La comunidad está compuesta por aproximadamente 31 familias que en su conjunto integran 147 habitantes.

La mayoría de los habitantes se dedican a actividades agropecuarias como el cultivo de hortalizas y corte de caña en época de zafra, para su supervivencia. Viven en condiciones modestas, con infraestructura habitacional constituida de paredes de adobe, techos de lámina y palmas, como puede observarse en la Figura 3.3-1 a y b



a)



b)

Figura 3.3-1: Comunidad BOCAPOZA, Construcciones típicas de la zona

El abastecimiento de agua lo hacen mediante 2 pozos, uno de los cuales es el preferido por la mayoría de los habitantes por tener agua menos salada en comparación con el otro. El agua es llevada a la superficie mediante bombeo y es utilizada en los oficios domésticos y también para consumo.

La disposición de las heces la hacen en letrinas de fosa, que han sido construidas con colaboración de organismos no gubernamentales.

3.3.2 MUESTREO DE AGUA DE POZO PARA ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Se realizaron dos tipos de muestreo, uno para caracterizar microbiológicamente el agua del pozo y otro para recolectar agua que sería destinada a ser tratada con el pasteurizador solar. Los análisis microbiológicos los realizaría un laboratorio certificado.

El procedimiento inicial para realizar el muestreo consistía en hacer un bombeo previo de un minuto de agua, luego, una limpieza interna y externa del grifo, como se muestra en la Figura de la derecha, para ello se utiliza un algodón con suficiente alcohol. Nuevamente se realiza un bombeo de agua y se deja correrla durante un minuto. El siguiente paso es esterilizar el grifo, utilizando gasa con alcohol poniéndolo en contacto con una llama directa durante un minuto.



Utilizar una bolsa estéril para tomar la muestra, teniendo el cuidado de no abrirla hasta el momento en que está fluyendo el agua, como se muestra en la Figura del lado izquierdo, cuando se tome la muestra es necesario dejar una cámara de aire al interior de la bolsa. Rotular debidamente la muestra y almacenarla en una hielera, y llevarla en un tiempo menor a 6 horas al laboratorio para sus respectivos análisis microbiológicos.

3.3.3 MUESTREO DE AGUA PARA TRATAMIENTO

El procedimiento es bastante similar al de la muestra del agua de pozo para análisis microbiológico, con la diferencia que el volumen de muestra a recolectar es mucho mayor. Para este tipo de muestreo también es necesario realizar los bombeos previos de agua, limpieza interna y externa del grifo y también la esterilización. El recipiente a utilizar para coleccionar el agua son garrafones de 5 galones.

Antes de proceder a llenarlos completamente es necesario realizar 3 preenjuagues para acondicionar los recipientes con el agua a almacenar.



Finalmente proceder a llenar los recipientes como se ilustra en la Figura de la derecha, y taparlos.

3.3.4 CALIDAD MICROBIOLÓGICA SEGÚN NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA PARA AGUA POTABLE¹¹

La norma salvadoreña obligatoria de agua potable fija valores máximos permisibles para la calidad microbiológica del agua, estos valores han sido determinados dependiendo el tipo de técnica utilizada para realizar los análisis microbiológicos como se muestra en la Tabla 3.3-1.

Para nuestro caso, todos los análisis microbiológicos del agua sin y con tratamiento se realizarán por el método de filtración por membrana, ya que es efectivo y de menor costo en comparación con el de tubos múltiples.

Tabla 3.3-1. Valores Máximos Admisibles para Calidad Microbiológica

PARAMETRO	VALOR MAXIMO ADMISIBLE		
	TECNICA		
	FILTRACIÓN POR MEMBRANAS	TUBOS MULTIPLES	PLACA VERTIDA
Bacterias coniformes totales	0 UFC / 100 ml	< 1.1 NMP / 100 ml	
Bacterias coniformes fecales	0 UFC / 100 ml	Negativo	
Escherichia coli	0 UFC / 100 ml	Negativo	
Conteo de bacterias heterótrofas, aerobias y mesófilas	100 UFC / 100 ml máx.		100 UFC / ml
Organismos patógenos	Ausencia		

FUENTE: NSO-13.07.01:99

Cuando en una muestra se presentan organismos coniformes totales fuera de la Norma, según la *Tabla 3.3-1*, se deben aplicar medidas correctivas y se deben tomar inmediatamente muestras diarias del mismo punto de muestreo y se les debe examinar hasta que los resultados que se obtengan, cuando menos en dos muestras consecutivas demuestren que el agua es de una calidad que reúne los requisitos exigidos.

¹¹ Basado en REFERENCIA 08

Un número mayor de 100 microorganismos por ml en el recuento total de bacterias heterotróficas, es señal de que deben tomarse medidas correctivas e indica la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación.

a. MUESTREO

El muestreo y el examen frecuentes son necesarios en el caso de los componentes microbiológicos. Se establece el número de muestras en relación a la población servida de acuerdo a los datos de la Tabla 3.3-2:

Tabla 3.3-2: Frecuencia del muestreo para Certificar La Calidad Bacteriana del Agua Potable

TAMAÑO DE POBLACIÓN (Habitantes)	NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS / MES
< 5000	1
5000 – 100000	1 Muestra / 5000 usuarios
> 100000	1 / Muestra / 10000 usuarios más 10 muestras adicionales

FUENTE: NSO-13.07.01:99

El tipo de recipiente es determinante en los análisis microbiológicos, ya que si no se utiliza el adecuado puede generarse una contaminación cruzada con la muestra. La Tabla 3.3-3 recomienda el material del recipiente para cuando se trate de recolectar muestras con fines de realizarles análisis microbiológicos.

Tabla 3.3-3: Recipientes para muestreo y preservación de muestras

PARAMETROS	RECIPIENTES	PRESERVANTES	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO Recomendado / obligado	VOLUMEN MÍNIMO DE MUESTRA
Pruebas Microbiológicas	Polietileno- vidrio	Enfriar a 4°C	No exceder de 6 horas	200

FUENTE: NSO-13.07.01:99

3.4 PROCESO EXPERIMENTAL

El proceso experimental está orientado a definir cuales son los parámetros óptimos de operación del equipo y si este es realmente efectivo para pasteurizar el agua. Para definirlo nos planteamos varias preguntas, y de acuerdo a la respuesta que sugiriéramos así sería la metodología a emplear en el proceso experimental.

- a. De acuerdo a mediciones y registros propios ¿Cómo varía la temperatura del ambiente en el transcurso del día?
- b. Influido por la variación de la temperatura en el día, ¿Cuáles serían las temperaturas mínimas y máximas que podría alcanzar el agua al interior del equipo?
- c. ¿Cuanto tiempo se tarda el agua para alcanzar la temperatura óptima para realizar la desinfección?
- d. ¿Es efectivo el equipo para desinfectar a una temperatura y tiempo de exposición establecidos?

Tomando en cuenta lo anterior se establecieron dos etapas para el proceso experimental, la primera enfocada a responder las primeras tres preguntas y la segunda enfocada en la última pregunta.

3.4.1 MONTAJE DEL EQUIPO PARA LA EXPERIMENTACIÓN

El montaje del equipo consta de varias etapas, lo primero es orientar el pasteurizador en dirección al sur con la ayuda de una brújula, luego ubicar en una base de una altura aproximada de dos metros el recipiente plástico que contendrá el agua a tratar, ésta agua es conducida mediante una manguera al interior del serpentín, en donde se abre una válvula para permitir el ingreso del agua, cuando el serpentín esté completamente inundado se cierra la válvula. Finalmente aplicar una limpieza al vidrio, el sistema armado debe verse como se ilustra en la Figura 3.4.2.

Condiciones que deben cumplirse:

- a. **RECIPIENTE PLÁSTICO.** Debe de ser un volumen de 5 galones y contener una válvula cerca del fondo para que sea fácil el dispensado del agua que ingresará al pasteurizador.
- b. **MANGUERA DE CONDUCCIÓN.** Esta manguera deber de ser conectada en un extremo a la válvula del recipiente y el otro en la tubería de ingreso de agua al equipo. Sujetar en ambos puntos la manguera con abrazaderas.
- c. **INUNDACIÓN DEL SERPENTÍN DEL EQUIPO.** Abrir la válvulas 1 y 2 del pasteurizador y luego abrir la válvula del recipiente plástico (ver Figura 3.4-1), dejar correr el agua durante 1 minuto; luego cerrar la válvula 2 del pasteurizador, esperar a que el nivel del agua llegue a la mitad de la longitud de la manguera, en ese momento volver a abrir la válvula 2 durante 30 segundos y cerrarla nuevamente. Finalmente esperar a que llegue nuevamente el nivel del agua a la mitad de la longitud de la manguera, y por último cerrar la válvula 1 del pasteurizador y la válvula del recipiente plástico.

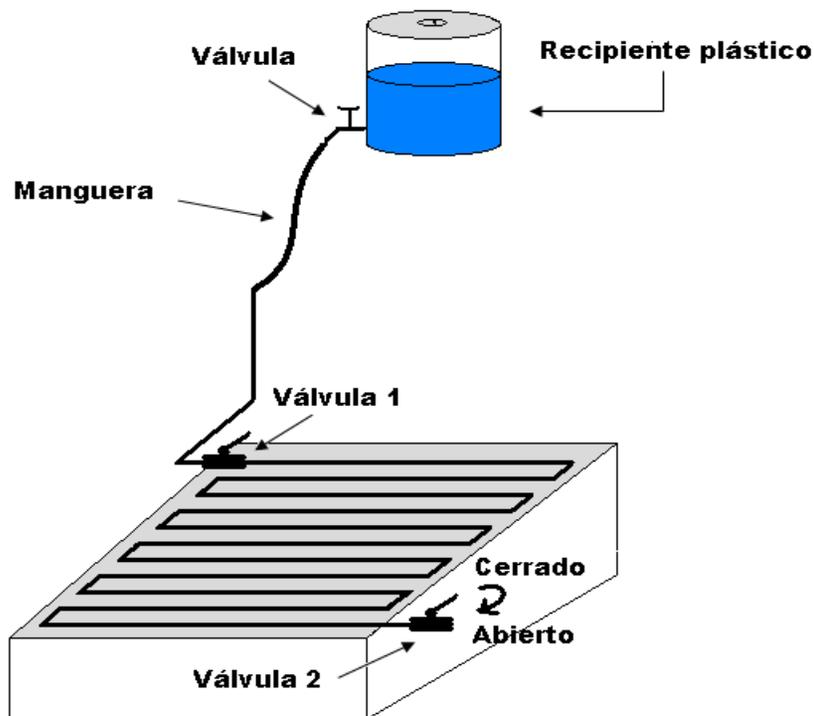


Figura 3.4-1: Aspecto final del Pasteurizador Solar montado

- d. **LIMPIEZA DEL VIDRIO.** Aplicar un líquido limpiador de vidrio y frotar el vidrio con un trapo hasta lograr que esté totalmente limpio.



Figura 3.4-2: Pasteurizador Solar Montado Antes de Comenzar la Etapa Experimental

3.4.2 ETAPA EXPERIMENTAL 1: CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DEL EQUIPO.

Esta etapa está orientada a responder las primeras 3 preguntas de la sección 3.4, para lo cual se emplea una metodología en donde se recopilan datos de temperatura a diferentes horas del día que son utilizados para realizar análisis de transferencia de calor, gráficos de temperatura en función de la hora y del día para poder determinar temperaturas máxima y mínimas de operación del equipo.

Según nuestra metodología se define como período de experimentación para esta etapa los días del 03 al 14 de mayo en el horario de 10:00 a.m. a 4:00 p.m. Las variables que serán necesarias monitorear y registrar serán: la temperatura del agua en todos los puntos del serpentín, la de la placa y la del medio ambiente con una frecuencia de fijada en intervalos de 30 minutos.

El inicio de la prueba es cuando el serpentín del equipo esté completamente lleno, en ese momento hacer las anotaciones iniciales de temperatura del ambiente, placa y la del agua de trabajo. Dejar el pasteurizador expuesto al sol y estar pendiente de hacer las anotaciones cada 30 minutos y de cubrir el equipo en caso del inicio de lluvia. Al terminar las mediciones diarias,

abrir las válvulas 1 y 2 (ver Figura 3.4-1) del pasteurizador para drenar el agua al interior del serpentín.

3.4.3 ETAPA EXPERIMENTAL 2: PRUEBAS EXPERIMENTALES DE PASTEURIZACIÓN EFECTIVA

Esta etapa esta orientada a determinar la eficiencia del equipo en la reducción de la carga microbiológica, fijando temperatura de pasteurización y tiempos de retención del agua.

La metodología en esta parte consistió en primer lugar en definir como período de experimentación el comprendido del 15 al 29 de mayo. Además para esta etapa se fijan dos condiciones especiales de operación: 1) Que el agua al interior del serpentín esté por lo menos a 70°C y 2) Que se mantenga está condición durante 45 minutos, sin que exista un descenso de la temperatura.

El inicio de la prueba consiste en llenar el interior del serpentín como se ha indicado anteriormente y anotar las condiciones iniciales. Hacer monitoreo y registro de los parámetros: temperatura del agua en todos los puntos, de la placa y del ambiente, cada 30 minutos. Al llegar a la temperatura deseada, cumplir con el tiempo de residencia fijado. Tomar una muestra de agua, teniendo en cuenta los pasos indicados en la sección 3.3.2, y luego para enviarla al laboratorio para su respectivo análisis microbiológico.

3.4.4 CONDICIONES CLIMATICAS EN LA ETAPA DE EXPERIMENTACIÓN

Para ilustrar las condiciones climáticas imperantes en nuestro período de estudio (mayo) se presenta en la Tabla 3.4-1 las condiciones climáticas promedio para San Salvador. Esta información es proporcionada por el SNET.

Tabla 3.4-1: Condiciones Climáticas Promedio para San Salvador en el mes de mayo de 2006

CODIGO	ESTACIONES	TEMPERATURA PROMEDIO	TEMPERATURA MAXIMA	TEMPERATURA MINIMA	HUMEDAD RELATIVA %	Lluvia acumulada (mm)
S-10	Aerop. Ilopango	24.6°C	30.5°C	19°C	84	180.5

FUENTE: SNET

4 DATOS EXPERIMENTALES E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS¹²

4.1 DATOS EXPERIMENTALES

En este apartado se presentan los datos obtenidos al finalizar la fase experimental, la cual duró entre el 03 de mayo de 2006 y el 29 de mayo de 2006. Se tienen dos tipos de datos: 1) los datos a asociados a las variables de medición, y 2) las caracterizaciones microbiológicas del agua objeto de experimentación antes y después del tratamiento.

Se obtuvieron 30 lotes de variables de medición, 20 caracterizaciones microbiológicas del agua objeto de experimentación (3 antes y 17 después del tratamiento). Debido a la repetitividad de la presentación de cada uno de los 30 lotes de variables de medición, se tomará un lote como ejemplo en la presentación de resultados en el apartado siguiente, mientras que los demás se disponen en el Anexo 02.

4.1.1 VARIABLES DE MEDICIÓN

Como se definió en la sección 3.2, las variables de medición son una temperatura de la placa negra base del serpiente (TP), del vidrio (TV), de la ambiente (TA) y siete del agua (TL); todas en una matriz respecto a la hora del día en intervalos de treinta minutos. (Ver Tabla 4.1-1)

Cada lote de variables de medición fue para un volumen constante de agua de 4 litros y se nombró con la simbología DD-MM-AA-LNN, donde: DD es el número del día, MM es el mes en letras, AA es el número del año y LNN es el número del lote tratado en el día, si se trataron más de un lote en un mismo día; correspondiendo L01 al primero, L02 al segundo y así consecutivamente.

¹² Ver Anexo 01 para Glosario de símbolos

Tabla 4.1-1: Matriz Completa de Variables de Medición en función de la hora del día

21-may-2006-L01	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00
TL01 (°C)	40	47	58	64	66
TL02 (°C)	40	48	60	70	74
TL03 (°C)	42	48	63	70	76
TL04 (°C)	44	50	62	71	76
TL05 (°C)	42	49	60	70	74
TL06 (°C)	45	50	60	70	72
TL07 (°C)	45	50	60	68	68
TP (°C)	44.1	43.1	50.3	59.3	53.1
TV (°C)	41	37.9	40.5	49.4	51.2
TA (°C)	30.3	29	30.8	31.1	31.5

FUENTE: Propia

Para la presentación correcta de datos, se calcula el valor promedio de TL esgrimiendo la

Ecuación: $\frac{\sum TL_i}{7}$ y se obtiene una matriz de TL, TP, TV y TA en relación de la hora del día,

como se puede ver en la Figura 4.1-1. Con dicha matriz, se pueden graficar las curvas de comportamiento de las diferentes temperaturas en función de la hora del día para cada lote, y se comienzan a observar comportamientos cartesianos de las variables, como en la Figura 4.1-1

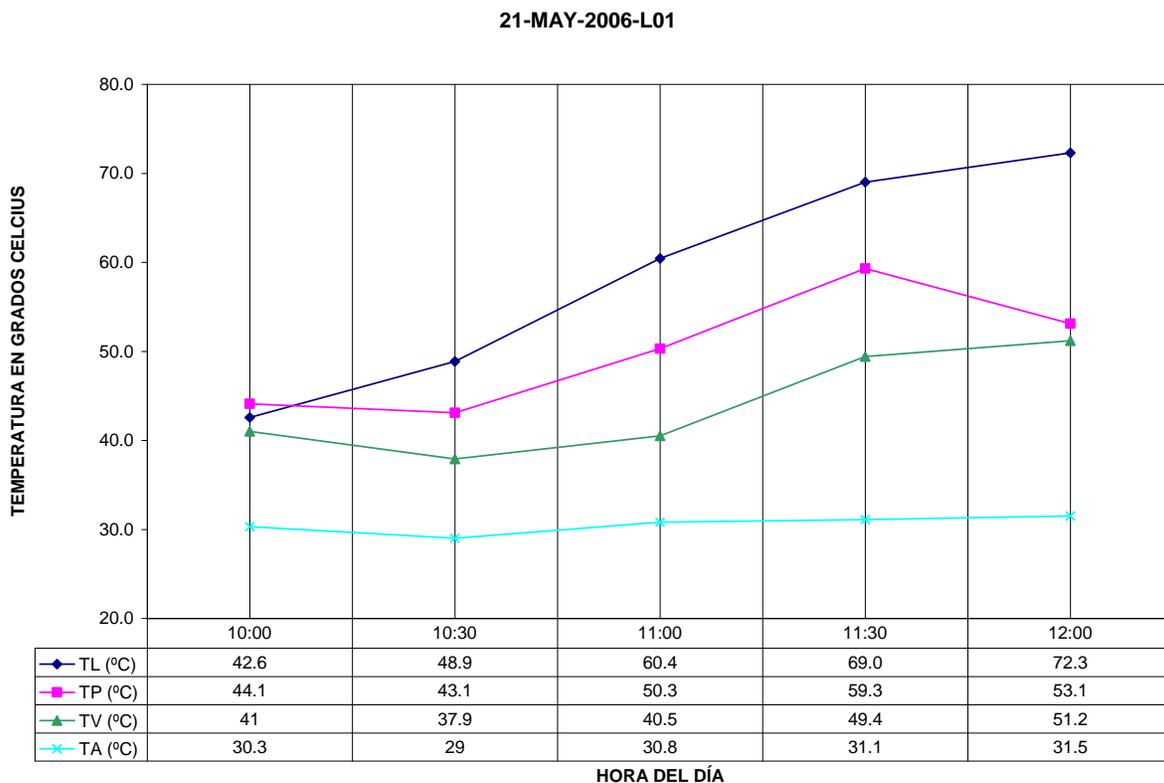


Figura 4.1-1: Curvas y Tabla de Comportamiento de las Diferentes Temperaturas en Función de la Hora del Día

Así como en la Figura 4.1-1, se observa en todas las gráficas (Ver Anexo 02) que las temperaturas crecen erráticamente hasta aproximadamente las 14:00 horas, posteriormente TL y TP decrecen bastante erráticamente, mientras que TV y TA decrecen con una pendiente pequeña.

4.1.2 CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL AGUA OBJETO DE EXPERIMENTACIÓN

Para la *caracterización previa al tratamiento*, se tomaron muestras de agua del pozo in situ según el procedimiento descrito en la sección 3.3.2 y se transportaron a un laboratorio certificado en un lapso menor a seis horas (Muestra 1 y 2 de la Tabla 4.1-2).

El agua recolectada como objeto de experimentación, que se pasteuriza en el equipo, es almacenada a temperatura ambiente en recipientes tapados. Este almacenaje sirve para simular las condiciones en las que las familias de la Comunidad Bocapoza mantienen el agua para consumo guardada en cántaros dentro de sus casas por un lapso de 2 a 3 días. Para tomar en cuenta esta situación en el análisis de resultados, se tomó también una muestra del agua después de 5 días almacenada (Muestra 3 de la Tabla 4.1-2) que se trasladó también a un laboratorio certificado.

El laboratorio que nos proporcionó los servicios de Conteo Microbiano fue el Centro de Control de Calidad Industrial (CCCI). El método de análisis utilizado fue filtración por membrana (Ver Anexo 03), dando como resultado:

*Tabla 4.1-2: Resultados de Análisis Microbiológicos
Realizados al Agua Objeto de Experimentación Antes del Tratamiento*

PARÁMETROS ANALIZADOS	MUESTRA 1 02-MAY-2006	MUESTRA 2 23-MAY-2006	MUESTRA 3 29-MAY-2006	NSO-13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesófilas UFC/ml	300	700	800	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	6	29	70	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	0	0	0
Escherichia Coli UFC/100ml	0	0	0	0
Organismos Patógenos	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

FUENTE: Centro de Control de Calidad Industrial (CCCI)

Para la *caracterización póstuma al tratamiento*, se tomaron muestras de agua pasteurizada durante la etapa experimental in situ aplicando el procedimiento descrito en la sección 3.3.2 y se

transportaron al laboratorio CCCI en un lapso menor a seis horas (Ver Anexo 04). Los resultados obtenidos se describen en la Tabla 4.1-3:

Tabla 4.1-3: Resultados de Análisis Microbiológicos Realizados al Agua Objeto de Experimentación Después del Tratamiento

PARÁMETROS ANALIZADOS	07 may L1	08 may L1	11 may L1	12 may L1	15 may L1	15 may L2	15 may L3	19 may L1	21 may L1	22 may L1	27 may L1	27 may L2	28 may L1	28 may L2	29 may L1	29 may L2	29 may L3	NSO-13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesófilas UFC/ml	2	20	40	10	900	700	600	30	700	600	7	900	400	1000	500	13	11	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	0	0	12	8	5	400	4	7	29	5	0	6	3	60	8	4	4	0

FUENTE: Centro de Control de Calidad Industrial (CCCI)

Los parámetros “Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml”, “Escherichia Coli UFC/100ml” y “Organismos Patógenos” no son tomados en cuenta en la Tabla 4.1-3 debido a que en todas las muestras no hubo presencia alguna de ellos; condiciones congruentes con la Tabla 4.1-2, pues la ausencia de éstos se cuantificaba desde antes del tratamiento.

Tomando como referencia los Límites Máximos Permisibles (LMP) cuantificados en la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable (NSO 13.07.01:04) y resaltados en amarillo en las Tablas 4.1-2 y 4.1-3, se destacan en azul turquesa los valores de los parámetros en los días que el agua tratada tiene ambos valores debajo de los LMP de la norma, se dejan en fondo blanco los días que se encuentra “bajo norma” el parámetro “Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesófilas UFC/ml” únicamente, se destacan de color canela los días en los cuales los valores se cuantificaron encima de los LMP de la norma. Finalmente, cabe mencionar el lote 02 del 15 de mayo de 2006, resaltado con verde claro, día muy particular, debido a que el parámetro “Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml” está muy por encima de los valores medidos originalmente para el agua sin tratamiento (Ver Tabla 4.1-2), por lo que ese día no se tomará en cuenta para los análisis de resultados, ya que la muestra de ese lote pudo haber sido contaminada al tomarse, transportarse ó analizarse.

Para analizar y entender la Tabla 4.1-3, hay que tomar muy en cuenta la Tabla 4.1-2, puesto que para condiciones constantes de tratamiento (pasteurización manteniendo temperatura mínima del agua de 65°C por un tiempo mínimo de 30 minutos) se obtuvieron valores de parámetros variables en las condiciones del agua antes del tratamiento, como se puede observar en la Tabla 4.1-2. El análisis de esta variante se hace en la Sección 4.2.2

Con esta sección se cumple el objetivo específico Caracterizar microbiológicamente la fuente de agua para consumo humano de una comunidad específica para ser utilizada como objeto de experimentación.

4.2 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS POST-TRATAMIENTO

Los resultados se pueden analizar de dos maneras, respecto a la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable y respecto a las condiciones del agua antes de la pasteurización. En el primero, se realiza un análisis absoluto sobre el cumplimiento o no de los límites establecidos por la norma; mientras que en el segundo, se estima un análisis relativo en función de un porcentaje de reducción de carga microbiana para cada parámetro y, cada día se referencia a las condiciones iniciales del agua más apropiadas descritas en la Tabla 4.1-2. No se puede hacer únicamente respecto al agua recién sacada del pozo ó al agua guardada por 5 días, pues los porcentajes se comportan en tendencia demasiado aleatoria y errática para explicar dichas variables respuestas en función de las variables de caracterización del equipo.

4.2.1 COMPARACIÓN RESPECTO A LA NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA PARA AGUA POTABLE

Para ambos parámetros se hizo una resta entre el Límite Máximo Permisible por la Norma Salvadoreña Obligatoria y el valor cuantificado en cada análisis, $diferencia = LMP.NSO - VALOR_i$, manteniendo la misma simbología de colores que la Tabla 4.1-3. Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 4.2-1: Comparación Respecto a la NSO–13.07.01:04 de los Resultados de los Análisis Microbiológicos Realizados al Agua Objeto de Experimentación Después del Tratamiento

PARÁMETROS ANALIZADOS	07 may L1	08 may L1	11 may L1	12 may L1	15 may L1	15 may L3	19 may L1	21 may L1	22 may L1	27 may L1	27 may L2	28 may L1	28 may L2	29 may L1	29 may L2	29 may L3	NSO–13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesófilas UFC/ml	98	80	60	90	-800	-500	70	-600	-500	93	-800	-300	-900	-400	87	89	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	0	0	-12	-8	-5	-4	-7	-29	-5	0	-6	-3	-60	-8	-4	-4	0

FUENTE: Propia

En el caso del “Conteo de Bacterias Heterótrofas y Aerobias Mesófilas”, diferencias superiores a cero inclusive se consideran dentro de los límites establecidos por la norma, mientras que las diferencias negativas se consideran con carga microbiana fuera de límite y es señal de que deben tomarse medidas correctivas e indica la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación.

Para el análisis del parámetro “Bacterias Coliformes Totales”, únicamente se consideran las diferencias iguales a cero dentro de los límites de la norma, debido a que el valor máximo permisible es cero, y todas las diferencias negativas se consideran fuera de norma (se hace la misma observación que para los valores fuera de norma del parámetro anterior)

Finalmente tenemos, tres lotes completamente dentro de norma (lote 01 del 7, 8 y 27 de mayo), ocho lotes completamente fuera de norma (lote 01 del 15, 21, 22, 28 y 29 de mayo; lote 02 del 27 y 28 de mayo; lote 03 del 15 de mayo) y cinco lotes con el “Conteo de Bacterias Heterótrofas y Aerobias Mesófilas” dentro de norma y el conteo de “Bacterias Coliformes Totales” fuera de norma (lote 01 del 11, 12 y 19 de mayo; lote 02 y 03 del 29 de mayo)

4.2.2 COMPARACIÓN RESPECTO A LAS CONDICIONES INICIALES DEL AGUA OBJETO DE EXPERIMENTACIÓN

Para cada día y parámetro, se calcula el porcentaje de reducción de carga microbiana mediante la ecuación:

$$\% \text{REDUCCIÓN} = \frac{(\text{parámetro}_{\text{pre-tratamiento}} - \text{parámetro}_{\text{post-tratamiento}}) * 100}{\text{parámetro}_{\text{pre-tratamiento}}}$$

Es importante la selección correcta del parámetro pre-tratamiento que establece la referencia del porcentaje, pues debe referirse a las condiciones más representativas de carga microbiana previa a la pasteurización, ya que si todos se remiten sólo a una de las tres muestras de la Tabla 4.1-2, las reducciones tienen un comportamiento estadístico demasiado aleatorio y un comportamiento químico ilógico, pues el porcentaje de un parámetro es alto y de otro es bajo para condiciones iguales ó similares.

Es hasta esta sección donde se manifiesta la importancia de tener varias referencias previas al tratamiento, pues una muestra de agua se trataba en cinco días aproximadamente, y los resultados de tratar agua con carga microbiana relativamente baja ó relativamente alta son absolutamente diferentes, pero la comparación relativa puede dar mejores explicaciones del trabajo del pasteurizador.

Entonces, se toman como referencia para el parámetro pre-tratamiento la muestra 1 (M1) y la muestra 3 (M3) de la Tabla 4.1-2 respecto a los parámetros post-tratamiento de la Tabla 4.1-3. Definiéndose %CBHAM y %BCT como porcentajes de reducción en el conteo de “Bacterias Heterótrofas y Aerobias Mesófilas” y “Bacterias Coliformes Totales” respectivamente, los resultados que se obtienen son los siguientes:

Tabla 4.2-2: Porcentaje de Reducción de Carga Microbiana del Agua Objeto de Experimentación Después del Tratamiento¹³

	TL (°C)	t (min)	%CBHAM	%BCT	REFERENCIA
07-may-2006-L01	70.4	150.0	99.33	100.00	M1
08-may-2006-L01	80.0	180.0	93.33	100.00	M1
11-may-2006-L01	69.1	180.0	95.00	82.86	M3
12-may-2006-L01	83.3	240.0	98.75	88.57	M3
15-may-2006-L01	68.6*	30.0*	0.00*	16.67*	M1
15-may-2006-L03	66.9	60.0	25.00	94.29	M1
19-may-2006-L01	71.3	30.0	96.25	90.00	M3
21-may-2006-L01	72.3	30.0	12.50	58.57	M3
22-may-2006-L01	74.9	30.0	25.00	92.86	M3
27-may-2006-L01	81.3	60.0	97.67	100.00	M1
27-may-2006-L02	60.0*	0.0*	0.00*	0.00*	M1
28-may-2006-L01	69.4	30.0	50.00	95.71	M3
28-may-2006-L02	60.7*	0.0*	0.00*	14.29*	M3
29-may-2006-L01	83.9	60.0	37.50	88.57	M3
29-may-2006-L02	76.3	60.0	98.38	94.29	M3
29-may-2006-L03	70.9	90.0	98.63	94.29	M3

FUENTE: Propia

Como se observa en la Tabla 4.2-2, hay condiciones óptimas previas y póstumas al tratamiento para que la pasteurización sea más efectiva: Si se pasteuriza agua recién sacada del pozo manteniendo por 60 minutos una temperatura del agua de 70°C (valores en azul turquesa), se puede asegurar que el agua obtenida cumple la calidad de agua potable que exige la NSO13.07.01:04. Si no se llega a una temperatura de pasteurización mínima de 65°C, la reducción de carga microbiana es mínima (valores con * de la Tabla anterior)

También se observa un comportamiento particular, pues el conteo de “Bacterias Coliformes Totales” comienza a reducirse a menor temperatura, y a la vez, es el más resistente a disminuirse hasta el límite de la norma.

¹³ El tiempo se refiere al de exposición que tuvo el agua a una temperatura superior de 65°C

El %CBHAM tiene una reducción promedio del 58%, sin tomar en cuenta los valores * (porque no se llegaron a condiciones de pasteurización) la reducción promedio es del 71%. De igual manera, para %BCT, se tienen promedios del 76% total y 91% sin valores *.

Si tomamos los porcentajes promedio sin los valores * respecto a la referencia de la muestra 3 de la Tabla 4.1-2, tenemos que para las BHAM se reducen $800 \times 0.71 = 571$ UFC/ml, y el valor máximo que se cuantificó para el agua recién sacada del pozo es 700 UFC/ml (Tabla 4.1-2 Muestra 2), se dejarían en el agua 129 UFC/ml, valor cercano al límite de la norma (100 UFC/ml). Con poco tiempo más de exposición solar se llegaría a los límites de la norma.

Haciendo un análisis similar, se reducen $70 \times 0.91 = 64$ UFC/ml de BCT, siendo el máximo valor cuantificado 29 UFC/ml según la Muestra 2 de la Tabla 4.1-2. Para este parámetro, se llega al valor límite de la norma si se pasteurizara agua recién sacada del pozo.

Con esta sección quedan resueltos los objetivos específicos: Establecer el porcentaje de reducción de contaminación microbiológica del Pasteurizador Solar para el agua objeto de experimentación, y Contrastar la calidad del agua tratada con la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable.

4.3 ETAPA EXPERIMENTAL 1: CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DEL EQUIPO¹⁴

La primera caracterización del pasteurizador consiste en determinar las variables de diseño mínimas, promedios y máximas (Temperatura del agua, placa negra, vidrio y coeficientes de transferencia de calor) para condiciones específicas ambientales en que se desarrolló la fase experimental.

Debido a la repetitividad del tratamiento matemático de los 30 lotes de variables de medición, se tomará un lote como ejemplo en la presentación de resultados, mientras que los demás se disponen del Anexo 05.

¹⁴ Los análisis desde la sección 4.3.2 hasta la sección 4.3.5 se realizan únicamente para los días correspondientes a la Primera Etapa Experimental (03 al 14 de mayo y el 18 de mayo)

4.3.1 TRATAMIENTO MATEMÁTICO DE LOS DATOS EXPERIMENTALES¹⁵

Primero, se cambian las horas de la Tabla 4.1-1 por intervalos de tiempo, donde se coloca el tiempo cero a la primera medición y consecutivamente se colocan los minutos acumulados hasta la última medición, así:

Tabla 4.3-1: Matriz Completa de Variables de Medición en función del tiempo transcurrido

21-may-2006-L01	0	30	60	90	120
TL01 (°C)	40	47	58	64	66
TL02 (°C)	40	48	60	70	74
TL03 (°C)	42	48	63	70	76
TL04 (°C)	44	50	62	71	76
TL05 (°C)	42	49	60	70	74
TL06 (°C)	45	50	60	70	72
TL07 (°C)	45	50	60	68	68
TP (°C)	44.1	43.1	50.3	59.3	53.1
TV (°C)	41	37.9	40.5	49.4	51.2
TA (°C)	30.3	29	30.8	31.1	31.5

FUENTE: Propia

Al igual que para la Figura 4.1-1, se calcula el valor promedio de TL esgrimiendo la Ecuación:

$$\frac{\sum TL_i}{7}$$

y se obtiene una matriz de TL, TP, TV y TA en función del tiempo transcurrido:

Tabla 4.3-2: Matriz Resumida de Variables de Medición en función del tiempo transcurrido

21-may-2006-L01	0	30	60	90	120
TL (°C)	42.6	48.9	60.4	69.0	72.3
TP (°C)	44.1	43.1	50.3	59.3	53.1
TV (°C)	41	37.9	40.5	49.4	51.2
TA (°C)	30.3	29	30.8	31.1	31.5

FUENTE: Propia

¹⁵ Los cálculos se realizan para todos los días de la fase experimental (03 al 29 de mayo)

Para el cálculo del Calor Útil, se necesita un cambio de temperatura de líquido respecto a un cambio de tiempo, se calcula el cambio de temperatura de líquido $\Delta TL = TL_{i+1} - TL_i$ y el cambio de tiempo $\Delta t = t_{i+1} - t_i$ para cada pareja de columnas consecutivas. Al hacer esto tenemos n-1 cambios para n temperaturas puntuales por fila, por lo que se procede a calcular un promedio de cada temperatura (agua, placa y vidrio) para cada pareja de celdas consecutivas $T = \frac{T_{i+1} + T_i}{2}$ y así tener una matriz pareja de n-1 columnas. No se dejan los valores de TL, TP y TV con una columna de más debido a que se utilizarán posteriormente los valores puntuales para calcular resultados que se compararán con el Calor Útil, por lo que se necesitan el mismo número de columnas de valores. La nueva Tabla que se obtiene es:

Tabla 4.3-3: Matriz de Variables de Medición en función del cambio del tiempo transcurrido

21-may-2006-L01	30.0	30.0	30.0	30.0
TL (°C)	45.7	54.6	64.7	70.6
TP (°C)	43.6	46.7	54.8	56.2
TV (°C)	39.5	39.2	45.0	50.3
TA (°C)	29.7	29.9	31.0	31.3
ΔTL (°C)	6.3	11.6	8.6	3.3

FUENTE: Propia

Luego se procede a calcular el Calor Útil mediante la Ecuación 2.3-18:

$$Qu = \rho_L V_L C_{pL} \frac{T_{L,2} - T_{L,1}}{t_2 - t_1}, \text{ donde } \rho_L \text{ y } C_{pL} \text{ se evalúan para el agua a TL de la Tabla A.2.11 de}$$

la Referencia 07 (ver Anexo 06) y VL tiene un valor constante de 4 litros. Como se han tomado dos horas consecutivas para los cálculos, se toma la segunda para referenciar los datos.

Los resultados que se obtienen son:

Tabla 4.3-4: Matriz de Cálculo del Calor Útil en función de la hora del día

21-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30	12:00
TL (°C)	45.7	54.6	64.7	70.6
ρ_L (Kg/m ³)	992.96	987.41	981.11	977.44
CpL (KJ/Kg°C)	4.173	4.180	4.188	4.192
Δt (min)	30.0	30.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	6.3	11.6	8.6	3.3
QU (W)	57.88	106.13	78.26	29.92

FUENTE: Propia

Después se calculan los coeficientes individuales de transferencia de calor por convección y radiación para posteriormente calcular el Calor Perdido.

Primero se analiza el proceso convectivo entre la placa y el vidrio. Se calcula la temperatura de película según la Tabla 2.3-1 para el proceso entre placas donde la inferior está más caliente que

la superior $T_{f,pv} = \frac{T_v + T_p}{2}$ en °C. Se evalúa a $T_{f,pv}$ los valores $\frac{\rho^2 g \beta}{\mu^2}$, Pr y k para el aire de la

Tabla A.3.3 de la Referencia 07 (ver Anexo 07). Se calcula Gr por la Ecuación 2.3-16:

$Gr = \delta^3 (T_{mayor} - T_{menor}) \frac{\rho^2 g \beta}{\mu^2}$, donde δ , según la Tabla 2.3-1, es la distancia entre placas, valor

constante medido del pasteurizador igual a 0.155 m; T_{mayor} es igual a T_p y T_{menor} equivale a T_v . Se calcula el producto GrPr, y se avalúan los valores de las constantes a y m de la Ecuación

2.3-15: $h_c = \frac{k}{\delta} a (Gr Pr)^m$ en la Tabla 2.3-1 y finalmente se calcula $h_{c,pv}$. Para el coeficiente de

radiación, se aplica la Ecuación 2.3-13: $h_{r,pv} = \frac{\sigma (T_p + T_v) (T_p^2 + T_v^2)}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_v} - 1}$ donde $\sigma = 5.676 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$

según la Referencia 07, $\epsilon_p = 0.965$ y $\epsilon_v = 0.9$ según la Referencia 09 y T_p y T_v deben ocuparse en escala absoluta (Kelvin) $T_K = T_{°C} + 273$.

Después se analiza el proceso entre el vidrio y el ambiente. Para el proceso convectivo, superficie superior de placa calentada al ambiente, la temperatura de película se calcula como

$T_{f,va} = \frac{T_v + T_a}{2}$ en °C, δ es la media aritmética de los lados del colector, valor constante medido

del pasteurizador igual a 1.157 m; luego el procedimiento es igual al anterior, refiriéndose la evaluación de las constantes a y m a la misma Tabla 2.3-1 para el nuevo proceso y obtener $h_{c,va}$.

Para el coeficiente de radiación, se ocupa la Ecuación 2.3-14: $h_{r,va} = \epsilon_v (T_v + T_a) (T_v^2 + T_a^2)$ con los mismos valores constantes del proceso anterior y las temperaturas en escala absoluta.

Después de realizar todos los cálculos, obtenemos matrices como la Tabla 4.3-4:

Tabla 4.3-5: Matriz de Cálculo de los Coeficientes Individuales de Transferencia de Calor por Convección y Radiación en función de la hora del día

21-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30	12:00
TP (°C)	43.6	46.7	54.8	56.2
TV (°C)	39.5	39.2	45.0	50.3
TA (°C)	29.7	29.9	31.0	31.3
Tf,pv (°C)	41.5	43.0	49.9	53.3
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	107000000.0	106000000.0	97000000.0	93000000.0
Gr	1653586.7	2960480.6	3557976.4	2043290.2
Pr	0.705	0.704	0.704	0.703
GrPr	1165778.6	2084178.4	2504815.4	1436433.0
a	0.061	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.243	1.508	1.603	1.332
hr,pv (W/m ² °C)	6.16596	6.25071	6.67120	6.88146
Tf,va (°C)	34.6	34.6	38.0	40.8
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	116000000.0	116000000.0	112000000.0	108000000.0
Gr	1760695044.0	1670863664.2	2428544888.2	3178172264.4
Pr	0.705	0.705	0.705	0.705
GrPr	1241290006.0	1177958883.2	1712124146.2	2240611446.4
a	0.140	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	3.901	3.834	4.343	4.750
hr,va (W/m ² °C)	5.95439	5.95424	6.15552	6.32884

FUENTE: Propia

Habiendo calculado los coeficientes individuales, se procede a la deducción del coeficiente global de pérdidas de calor. Se calcula R1 por la Ecuación 2.3-10:

$$R_1 = \frac{1}{k_m \left(\frac{1}{l_m} + \frac{MP}{l' A_c} \right) + k_{fv} \left(\frac{1}{l_{fv}} + \frac{MP}{l' A_c} \right)} \quad \text{donde } k_m = 0.11 \frac{w}{m^\circ C} \text{ y } k_{fv} = 0.05 \frac{w}{m^\circ C} \text{ según la}$$

Referencia 09; P = 4.63 m, M = 0.045 m, l' = 0.043 m y Ac = 1.338024 m², lm = 0.034 m y lfv = 0.011 m, todos medidos directamente del pasteurizador. Después se calcula R2 mediante la

$$\text{Ecuación 2.3-11: } R_2 = \frac{1}{h_{c,pv} + h_{r,pv}} \text{ y R3 con la Ecuación 2.3-12: } R_3 = \frac{1}{h_{c,va} + h_{r,va}}, \text{ sustituyendo}$$

los valores de la Tabla 4.3-4. Luego se calcula el coeficiente de pérdidas por el fondo y los lados

mediante la Ecuación 2.3-9: $U_{FL} = \frac{1}{R_1}$ y el coeficiente de pérdidas por la parte superior mediante

la Ecuación 2.3-8: $U_S = \frac{1}{R_2 + R_3}$. Finalmente se calcula el coeficiente global de pérdidas

ocupando la Ecuación 2.3-7: $U_L = U_S + U_{FL}$. De acuerdo a la Ecuación 2.3-5:

$Ql = U_L A_c (T_p - T_a)$, ya se poseen todos los valores para el cálculo del calor perdido. Los resultados obtenidos para el día ejemplo son:

Tabla 4.3-6: Matriz de Cálculo del Calor Perdido en función de la hora del día

21-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30	12:00
TP (°C)	43.6	46.7	54.8	56.2
TA (°C)	29.7	29.9	31.0	31.3
R1 (m ² C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² C)	1.24258	1.50810	1.60341	1.33213
hr,pv (W/m ² C)	6.16596	6.25071	6.67120	6.88146
R2 (m ² C/W)	0.13498	0.12889	0.12085	0.12175
hc,va (W/m ² C)	3.90128	3.83377	4.34271	4.75012
hr,va (W/m ² C)	5.95439	5.95424	6.15552	6.32884
R3 (m ² C/W)	0.10146	0.10217	0.09525	0.09026
US (W/m ² C)	4.22933	4.32804	4.62737	4.71675
UL (W/m ² C)	12.58949	12.68819	12.98752	13.07690
QL (W)	234.99	285.22	414.46	435.68

FUENTE: Propia

Como ya se calcularon el Calor Útil y el Calor Perdido, se puede calcular el Calor Total Absorbido por el colector mediante la Ecuación 2.3-1: $Q_{abs} = Qu + Ql$ y la eficiencia térmica

por el despeje de la Ecuación 2.3-20: $\frac{1}{\eta} = \frac{Ql}{Qu} + 1$.

También se puede calcular, como variable de las condiciones ambientales de la fase experimental, la Energía Solar Incidente (H_T); despejándola de la Ecuación 2.3-2:

$Q_{abs} = H_T A_c (\tau \alpha)$ donde $(\tau \alpha) = \frac{\tau \alpha}{1 - (1 - \alpha) \rho_d}$ (Ec. 2.3-3), donde $\tau = \epsilon_v = 0.9$ y $\alpha = \epsilon_p = 0.965$

según la Referencia 09, y de acuerdo con la sección 2.3.3, $\rho_d = 0.16$. Los resultados finales de esta sección se presentan como en la Tabla 4.3-7:

Tabla 4.3-7: Matriz de Cálculo del Calor Absorbido y la Eficiencia Térmica en función de la hora del día

21-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30	12:00
QU (W)	57.88	106.13	78.26	29.92
QL (W)	234.99	285.22	414.46	435.68
QABS (W)	292.87	391.35	492.72	465.6
% η térmica	19.76	27.12	15.88	6.43
H _T (W/m ²)	250.61	334.88	421.63	398.42

FUENTE: Propia

Con la Tabla anterior, se pueden graficar las curvas de comportamiento de los diferentes Calores y la Eficiencia en función de la hora del día para cada lote, y se comienzan a observar comportamientos cartesianos de las variables, como en la Figura 4.3-1:

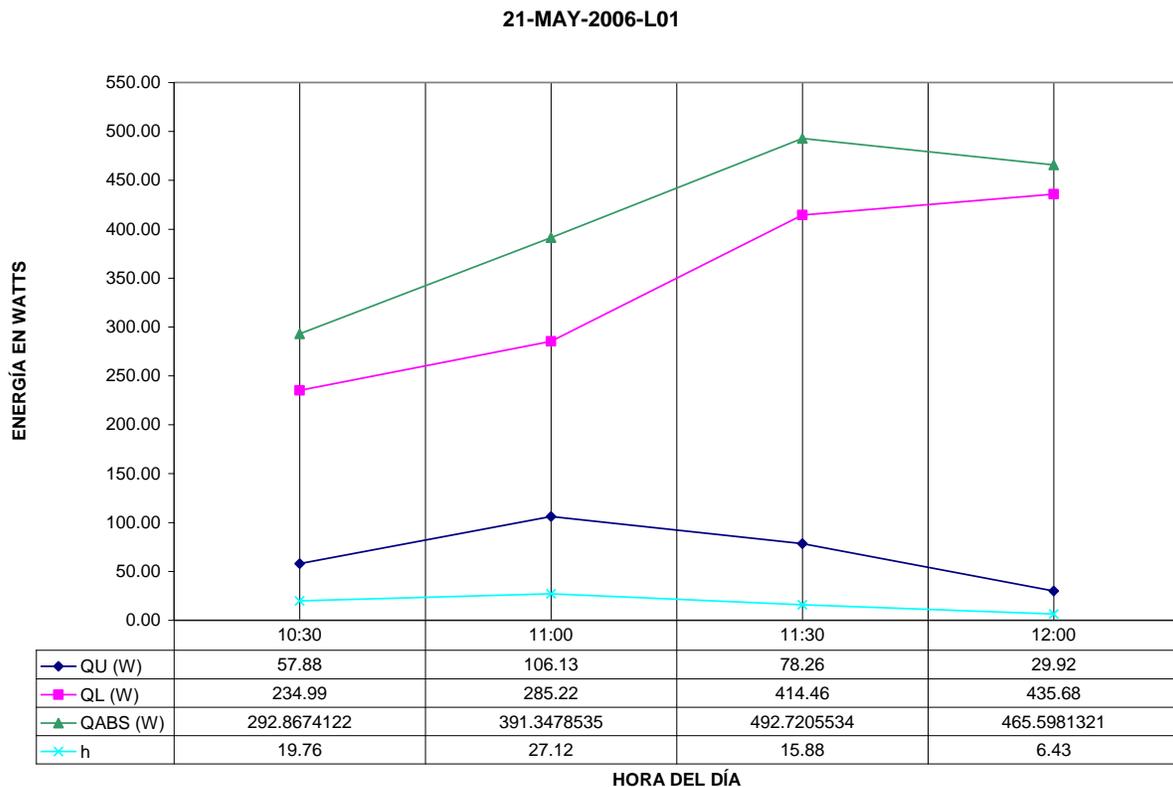


Figura 4.3-1: Curvas y Tabla de Comportamiento de los Diferentes Calores y la Eficiencia Térmica en Función de la Hora del Día

Como se observa en las Figuras relacionadas (ver Anexo 05), el Calor Perdido y el Calor Absorbido crecen hasta aproximadamente las 13:00 horas, se mantienen relativamente constantes hasta las 14:00 horas, luego decrecen hasta el final del día. Los Calores Útiles negativos representan las horas del día en que la temperatura del agua empezaba a decrecer. Todas las eficiencias se encuentran entre 0% y 50%, las negativas ocurren con los Calores Útiles negativos, expresando este signo que el Calor Sensible absorbido por el agua empezaba a perderse al Colector Solar del Pasteurizador.

4.3.2 CONDICIONES AMBIENTALES EN LA PRIMERA ETAPA EXPERIMENTAL

Las condiciones ambientales están definidas por la Temperatura Ambiental y la Energía Solar Incidente captada por el colector, ya que ambas no dependen de las condiciones experimentales de la toma de datos, sino de las condiciones Medioambientales, como la presencia de nubes, viento, presión, lluvia, etc.

a. TEMPERATURA AMBIENTAL

La Temperatura Ambiental tomada en esta etapa de la fase experimental es bajo sol. Los valores se seleccionan de la Tablas del Anexo 05 para los días correspondientes a la Primera Etapa Experimental y se presentan en la Tabla 4.3-8:

Tabla 4.3-8: Matriz de Temperatura Ambiental en función de la hora para los días de la Primera Etapa Experimental

		10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TA (°C)	03-may-2006-L01				37.0			34.0	34.0			32.0	
	04-may-2006-L01						32.4		33.7		33.4		32.3
	06-may-2006-L01		32.5	31.9	31.7	32.8	32.3	30.8		30.6	31.0	31.6	31.0
	07-may-2006-L01	30.8	29.8	29.5	30.2	31.2	31.9	32.4	32.9	32.6			30.8
	08-may-2006-L01			33.0		32.0	33.3	33.2	32.4	32.8	32.7	31.1	30.0
	09-may-2006-L01	27.4	28.2			28.6	29.6	30.6	30.8	30.5	29.3		
	11-may-2006-L01		29.6	31.4	31.6	30.7	31.7	31.6	31.2	30.3	30.3	30.3	29.2
	12-may-2006-L01			29.6	31.4	33.1	34.4	33.8	33.1	33.0	31.9	31.5	31.8
	14-may-2006-L01				30.0	31.3	30.0	30.7	30.9	29.9	30.2	29.4	28.2
	18-may-2006-L01			26.5	27.5	27.5		27.1	26.8		27.8	29.2	29.6

FUENTE: Propia

Como uno de los objetivos específicos del trabajo de graduación está relacionado con los valores máximos, mínimos y promedios, se procede a seleccionar los valores máximo y mínimo de temperatura ambiental para cada hora, luego se calcula el valor promedio para cada hora

mediante la expresión $T_{A\text{prom}} = \frac{\sum_{j=1}^n T_{A j}}{n}$ y se grafican las tres curvas en función de la hora del día, obteniendo la Figura 4.3-2:

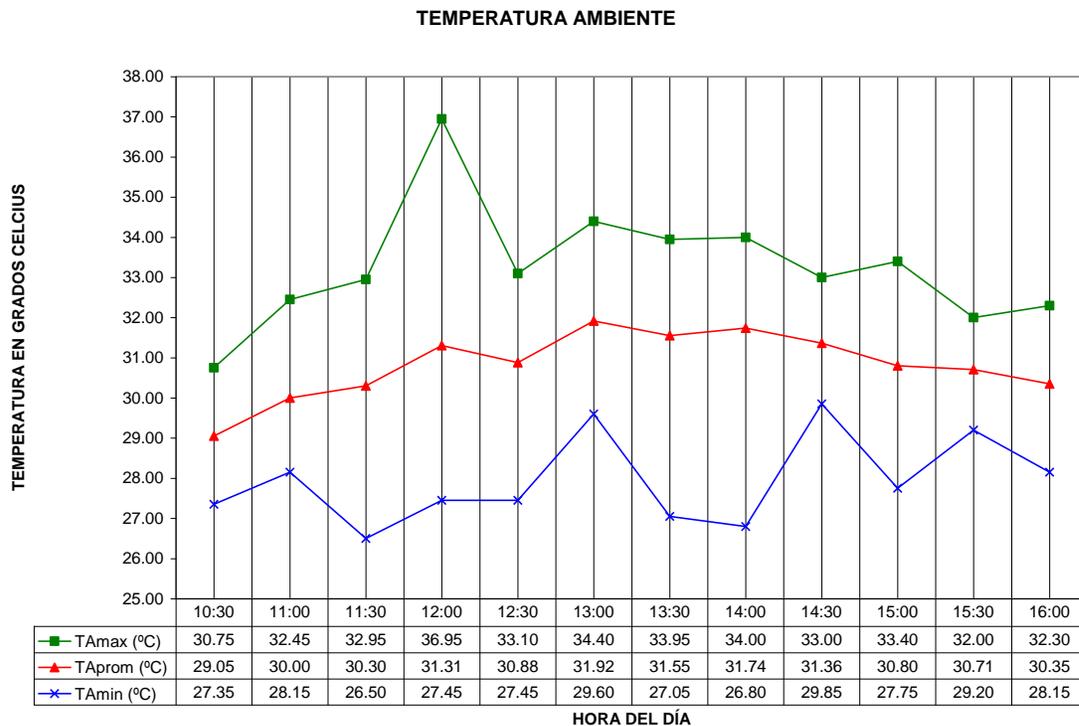


Figura 4.3-2: Curvas y Tabla de Comportamiento de la Temperatura Ambiente en Función de la Hora para los días de la Primera Etapa Experimental

Como se puede observar, la temperatura ambiental promedio oscila entre 29°C y 31°C, temperaturas normales en el mes de Mayo, por ser la transición entre la época seca y la lluviosa; lo cual se manifiesta con cielos poco nublados, gran radiación solar, viento helado (lo que mantiene T_A baja) y chubascos aislados al final del mes después de las 15:00 horas.

La temperatura ambiental máxima oscila entre 31°C y 34°C, mientras que la mínima se ubica erráticamente entre 26°C y 29°C. Temperaturas igualmente normales en esta época del año. Los picos que ocurren a diferentes horas del día se explican en función de la presencia de nubes, pues la sombra hace decaer enormemente la temperatura; y la ausencia del viento helado, ya que la ausencia de viento crece enormemente la temperatura.

b. ENERGÍA SOLAR INCIDENTE

Con los valores calculados de la Energía solar Incidente en la Tabla 4.3-6, se seleccionan los días correspondientes a la Primera Etapa Experimental y se presentan los resultados en la Tabla 4.3-9:

Tabla 4.3-9: Matriz de Energía Solar Incidente en función de la hora para los días de la Primera Etapa Experimental

		10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
H _T (W/m ²)	03-may-2006-L01				638.08			649.81	560.33			541.20	
	04-may-2006-L01						658.08		678.83		505.77		337.44
	06-may-2006-L01		409.26	330.87	311.75	363.78	354.49	262.69		190.99	173.09	187.85	143.76
	07-may-2006-L01	350.59	203.97	144.89	133.97	300.36	411.38	410.24	425.03	320.49			213.39
	08-may-2006-L01			591.73		455.39	576.59	437.78	454.98	565.25	478.29	332.14	193.07
	09-may-2006-L01	159.34	182.43			165.84	264.69	319.22	303.69	231.27	160.23		
	11-may-2006-L01		176.43	366.17	363.52	394.56	467.48	312.22	298.01	241.82	199.75	224.07	167.31
	12-may-2006-L01			480.26	611.78	647.43	708.27	627.03	576.91	464.51	434.17	385.59	363.49
	14-may-2006-L01				203.54	206.09	215.47	298.58	313.83	330.06	275.90	246.61	229.81
	18-may-2006-L01			163.88	157.20	147.91		155.16	167.66		103.93	166.89	201.95

FUENTE: Propia

De igual manera que para la Temperatura Ambiental, se hace una gráfica de las curvas de comportamiento de H_T máximo, promedio y mínimo en función de la hora del día:

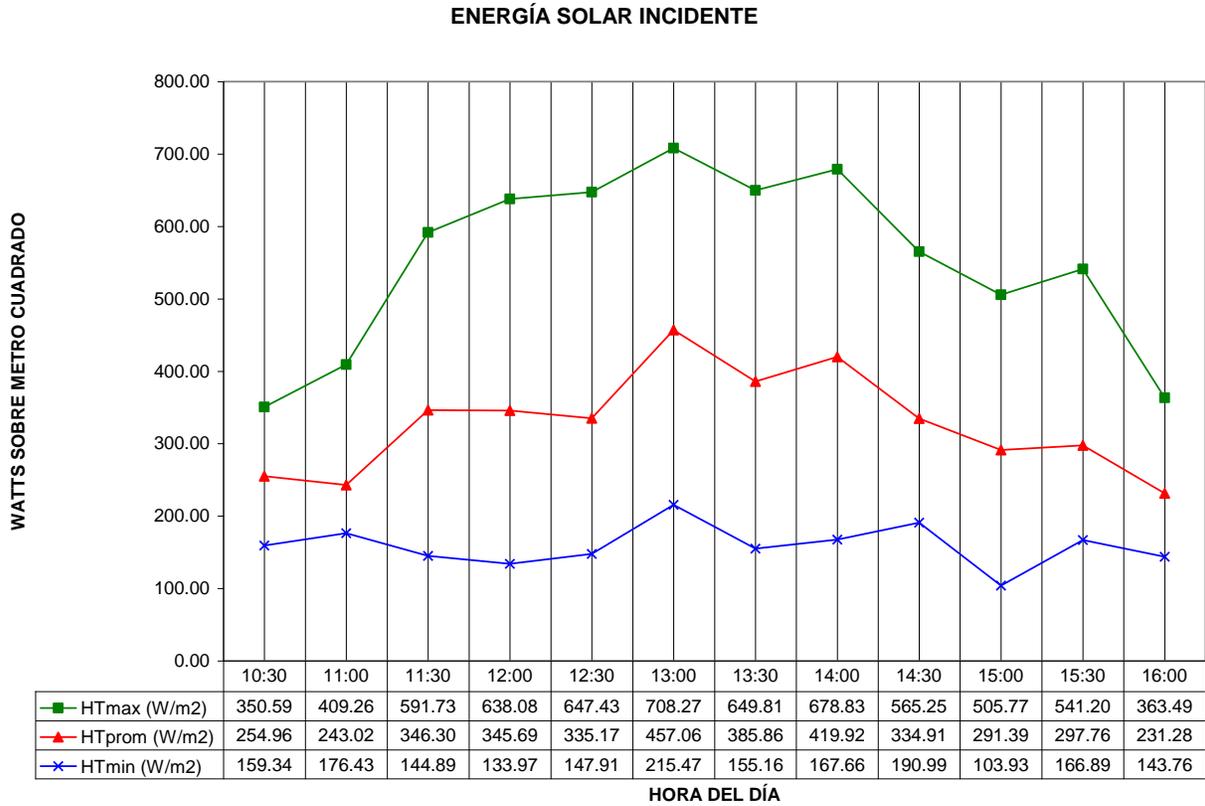


Figura 4.3-3: Curvas y Tabla de Comportamiento de la Energía Solar Incidente en Función de la Hora para los días de la Primera Etapa Experimental

Como se puede observar, H_T promedio oscila entre $250 \frac{w}{m^2}$ y $450 \frac{w}{m^2}$ en comportamiento normal (parábola abierta hacia abajo o tipo campana) con un pseudo vértice a las 13:00 horas (momento del día de máxima irradiación).

H_T máximo oscila entre $350 \frac{w}{m^2}$ y $700 \frac{w}{m^2}$ en un comportamiento similar a H_T promedio, mientras que la mínima se ubica homogéneamente entre $100 \frac{w}{m^2}$ y $215 \frac{w}{m^2}$. La curva H_T mínimo posee el valor mas bajo a las 15:00 horas, lo que se podría explicar por un día en que la tarde se nubló bruscamente.

4.3.3 TEMPERATURAS MÍNIMAS, MEDIAS Y MÁXIMAS ALCANZADAS POR EL PASTEURIZADOR

Las Temperaturas del Agua, de la Placa y del Vidrio se seleccionan de la Tablas del Anexo 05 para los días correspondientes a la Primera Etapa Experimental y se presentan en las Tablas: 4.3-9, 10 y 11 respectivamente.

De igual manera que para la Temperatura Ambiental, se hace una gráfica de las curvas de comportamiento de los valores máximos, promedios y mínimos en función de la hora del día para cada temperatura, generándose las Figuras 4.3-4, 5 y 6.

a. TEMPERATURA DEL AGUA

Tabla 4.3-10: Matriz de Temperatura del Agua en función de la hora para los días de la Primera Etapa Experimental

		10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TL (°C)	03-may-2006-L01				73.6			83.6	84.6			80.8	
	04-may-2006-L01						73.9		94.6		90.3		79.0
	06-may-2006-L01		45.6	54.4	62.2	67.2	69.3	68.9		65.2	62.6	64.8	66.5
	07-may-2006-L01	45.1	53.1	53.2	52.7	55.2	60.4	65.7	69.5	69.5			65.7
	08-may-2006-L01			52.5		61.3	67.1	73.8	76.4	78.8	79.3	75.4	67.5
	09-may-2006-L01	29.6	34.2			37.6	42.3	48.7	53.4	55.4	54.6		
	11-may-2006-L01		32.1	43.8	55.3	60.5	65.6	68.0	67.7	67.6	64.8	63.1	62.3
	12-may-2006-L01			45.9	62.4	71.9	78.9	83.1	81.9	78.4	76.4	75.7	73.1
	14-may-2006-L01				40.4	46.3	50.0	55.0	61.7	66.3	68.1	67.5	65.5
	18-may-2006-L01			34.9	43.6	48.1		48.5	48.1		45.7	45.9	52.2

FUENTE: Propia

En el caso particular de la Figura 4.3-4, se traza una línea horizontal en TL = 65°C, señalando la temperatura límite mínima de pasteurización.

TEMPERATURA DEL LÍQUIDO

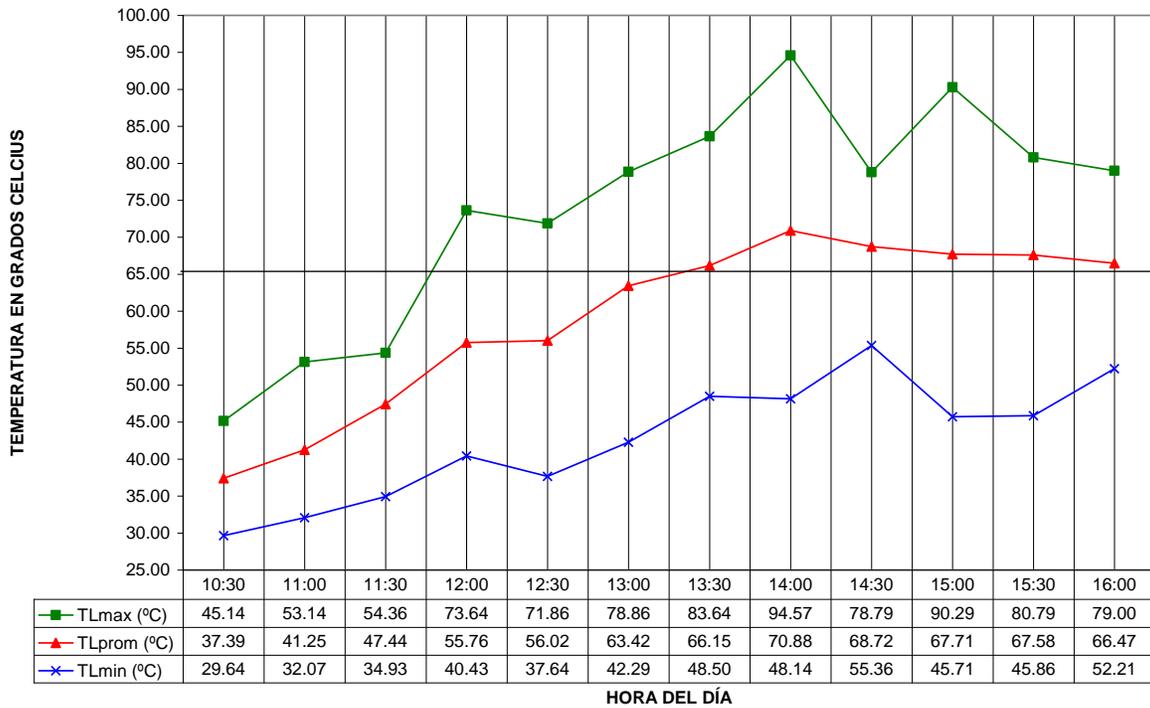


Figura 4.3-4: Curvas y Tabla de Comportamiento de la Temperatura del Agua en Función de la Hora para los días de la Primera Etapa Experimental

Como se puede observar, la Temperatura del Agua promedio oscila entre 37°C y 70°C, en crecimiento homogéneo hasta las 14:00 horas. Luego TL promedio disminuye lentamente hasta el final de las lecturas. Se alcanza la temperatura mínima de pasteurización (65°C) entre las 13:00 y las 13:30 horas, y se mantiene hasta el final de las lecturas; aunque se puede estimar que lecturas después de las 16:00 comenzarían a indicar TL promedio debajo de 65°C.

TL máxima oscila entre 45°C y 95°C en crecimiento homogéneo hasta las 14:00 horas, luego hay un descenso errático; mientras que TL mínima se ubica entre 30°C y 55°C en crecimiento homogéneo hasta las 14:30 horas, luego hay un descenso brusco seguido por un nuevo crecimiento al final de las mediciones. Este último comportamiento se debe a la absorción de

calor residual que queda entre la placa y el vidrio, pero dicha absorción no mantendrá por mucho tiempo el crecimiento aparente.

TL máxima alcanza la temperatura mínima de pasteurización entre las 11:00 y las 11:30 horas (horas que coinciden con la extracción final del primer lote en la Segunda Fase Experimental), mientras que TL mínimo nunca la alcanza. Se comienza a deducir que un día completo nublado no alcanza las condiciones mínimas para la pasteurización, pero si se alcanzan las condiciones optimas de crecimiento microbiano, por ello es que algunas muestras salen muy contaminadas después del tratamiento (valores con * de la Tabla 4.2-2)

b. TEMPERATURA DE LA PLACA NEGRA BASE DEL PASTEURIZADOR

Tabla 4.3-11: Matriz de Temperatura de la Placa Negra en función de la hora para los días de la Primera Etapa Experimental

		10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TP (°C)	03-may-2006-L01				75.0			75.0	72.0			68.0	
	04-may-2006-L01						71.5		77.0		68.5		58.5
	06-may-2006-L01		55.8	49.8	49.4	55.5	55.6	49.6		45.3	43.0	42.5	41.5
	07-may-2006-L01	46.7	43.5	40.1	39.8	49.0	56.9	57.0	60.3	55.1			46.5
	08-may-2006-L01			63.6		62.0	65.8	60.8	61.2	68.4	64.8	56.6	48.2
	09-may-2006-L01	36.1	38.7			39.9	44.3	49.2	49.7	46.2	41.6		
	11-may-2006-L01		38.2	48.1	52.5	55.5	59.1	53.8	50.6	48.1	46.0	45.7	41.8
	12-may-2006-L01			52.0	64.6	72.5	75.6	74.4	71.5	65.9	60.1	58.6	57.6
	14-may-2006-L01				40.9	42.6	44.0	46.8	49.6	50.2	49.3	46.8	45.8
	18-may-2006-L01			41.3	43.4	42.5		41.5	39.5		37.7	43.9	53.9

FUENTE: Propia

TEMPERATURA DE LA PALCA NEGRA

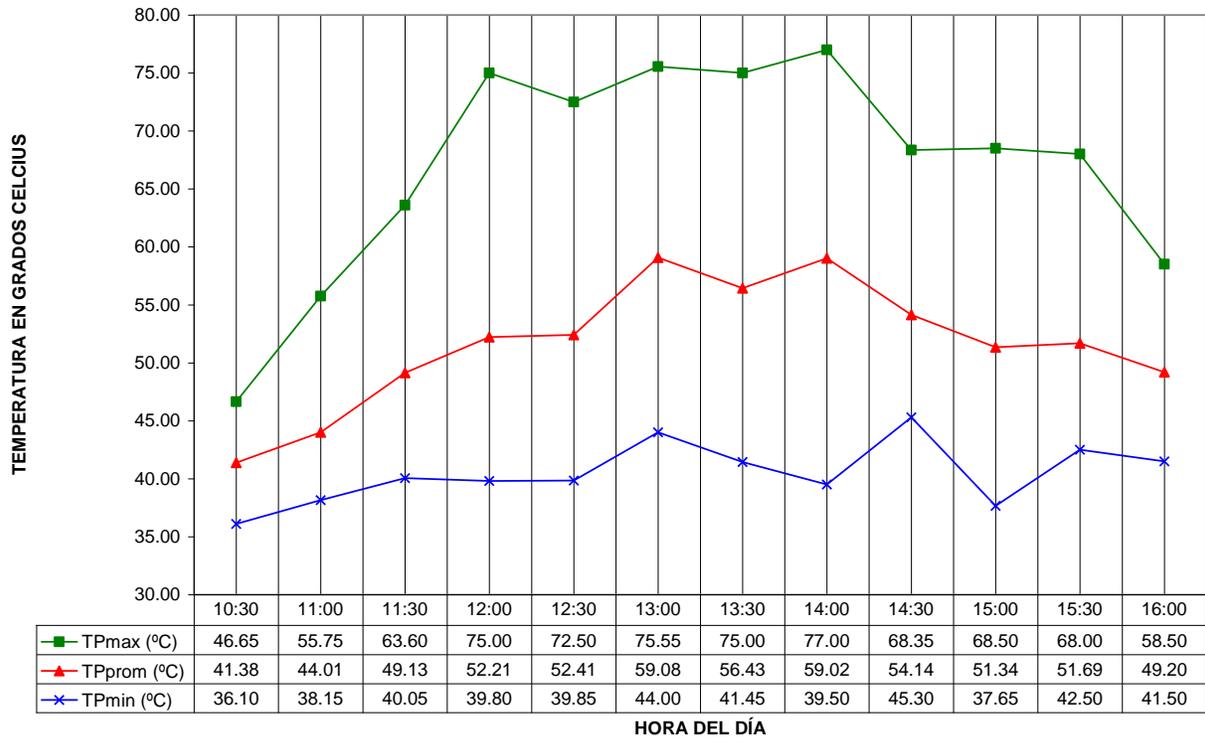


Figura 4.3-5: Curvas y Tabla de Comportamiento de la Temperatura de la Placa Negra en Función de la Hora para los días de la Primera Etapa Experimental

Como se puede observar, la Temperatura de la Placa promedio oscila entre 41°C y 59°C en comportamiento normal (parábola abierta hacia abajo o tipo campana) con un pseudo vértice entre las 13:00 y 14:00 horas. TP máxima oscila entre 45°C y 77°C en comportamiento parabólico errático, con un pseudo vértice sostenido entre las 12:00 y 14:00 horas; mientras que TP mínima se ubica homogéneamente entre 35°C y 45°C .

c. TEMPERATURA SUPERIOR DEL VIDRIO DEL COLECTOR

Tabla 4.3-12: Matriz de Temperatura del Vidrio en función de la hora para los días de la Primera Etapa Experimental

		10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TV (°C)	03-may-2006-L01				48.0			54.0	54.5			52.0	
	04-may-2006-L01						54.8		60.4		53.5		45.8
	06-may-2006-L01		38.9	39.8	42.9	45.3	46.4	46.1		42.9	40.5	41.5	42.0
	07-may-2006-L01	41.9	41.3	38.8	37.7	40.1	43.0	44.6	46.3	45.2			42.5
	08-may-2006-L01			44.3		46.1	48.1	50.3	51.7	54.2	53.8	49.6	43.2
	09-may-2006-L01	30.1	31.1			33.5	36.2	39.2	41.3	40.5	39.6		
	11-may-2006-L01		29.9	37.0	43.0	45.5	48.3	49.3	49.2	47.5	45.1	44.5	42.4
	12-may-2006-L01			39.9	46.5	52.2	55.6	54.5	55.1	53.8	49.3	46.4	45.3
	14-may-2006-L01				37.5	39.2	39.7	43.3	47.0	46.9	47.0	45.9	44.0
	18-may-2006-L01			32.3	35.0	36.8		38.6	38.3		36.9	37.8	40.1

FUENTE: Propia

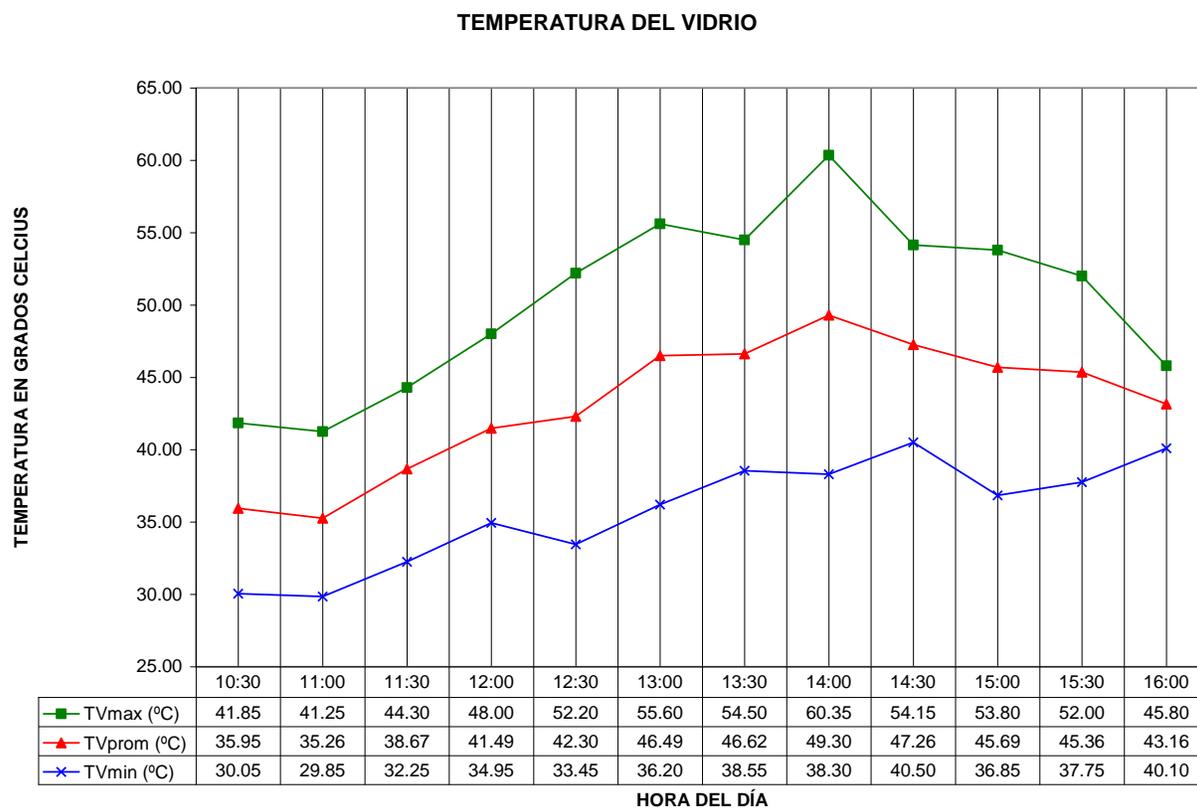


Figura 4.3-6: Curvas y Tabla de Comportamiento de la Temperatura del Vidrio en Función de la Hora para los días de la Primera Etapa Experimental

La Temperatura del Vidrio promedio oscila ente 35°C y 50°C en crecimiento homogéneo hasta 14:00 horas. Luego TV promedio disminuye lentamente hasta el final de las lecturas. TV máxima oscila ente 41°C y 60°C en crecimiento homogéneo hasta 14:00 horas, después disminuye bruscamente. TV mínima tiene un pequeño crecimiento errático de 30°C a 40°C.

En las últimas medidas, se observa una tendencia a unirse las curvas de máximo, mínimo y promedio.

Con esta sección queda cumplido el objetivo específico: Determinar la temperatura máxima y promedio del agua en el Pasteurizador Solar

4.3.4 EFICIENCIA PORCENTUAL TÉRMICA

Las Eficiencias (en porcentajes) se seleccionan de la Tablas del Anexo 05 para los días correspondientes a la Primera Etapa Experimental y se presentan en la Tabla 4.3-13:

Tabla 4.3-13: Matriz de Eficiencia Térmica en función de la hora para los días de la Primera Etapa Experimental

		10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
η térmica	03-may-2006-L01				8.97			2.10	-4.74			-1.98	
	04-may-2006-L01						8.01		0.00		-6.54		-16.16
	06-may-2006-L01		16.50	21.35	16.85	7.05	1.89	-5.09		-11.39	1.29	17.23	-3.88
	07-may-2006-L01	34.04	3.30	-3.87	-1.68	13.81	9.51	10.88	3.41	-4.52			-6.96
	08-may-2006-L01			22.19		0.74	14.50	4.82	4.15	3.34	-2.32	-15.05	-37.53
	09-may-2006-L01	23.43	19.19			3.85	20.42	14.79	8.87	1.45	-9.80		
	11-may-2006-L01		33.95	34.12	15.42	6.52	11.69	-5.71	4.49	-6.45	-13.97	0.50	-8.01
	12-may-2006-L01			31.40	17.72	6.19	9.71	-0.35	-2.88	-8.36	2.05	-5.19	-5.81
	14-may-2006-L01				23.28	21.84	6.26	21.77	12.82	9.46	-1.21	-2.26	-11.17
	18-may-2006-L01			51.66	33.66	12.16		-3.99	4.02		-21.66	28.32	26.12

FUENTE: Propia

De igual manera que para la Sección 4.3.3, se hace una gráfica de las curvas de comportamiento de las eficiencias máximas, promedios y mínimas en función de la hora del día; generándose la Figura 4.3-7:

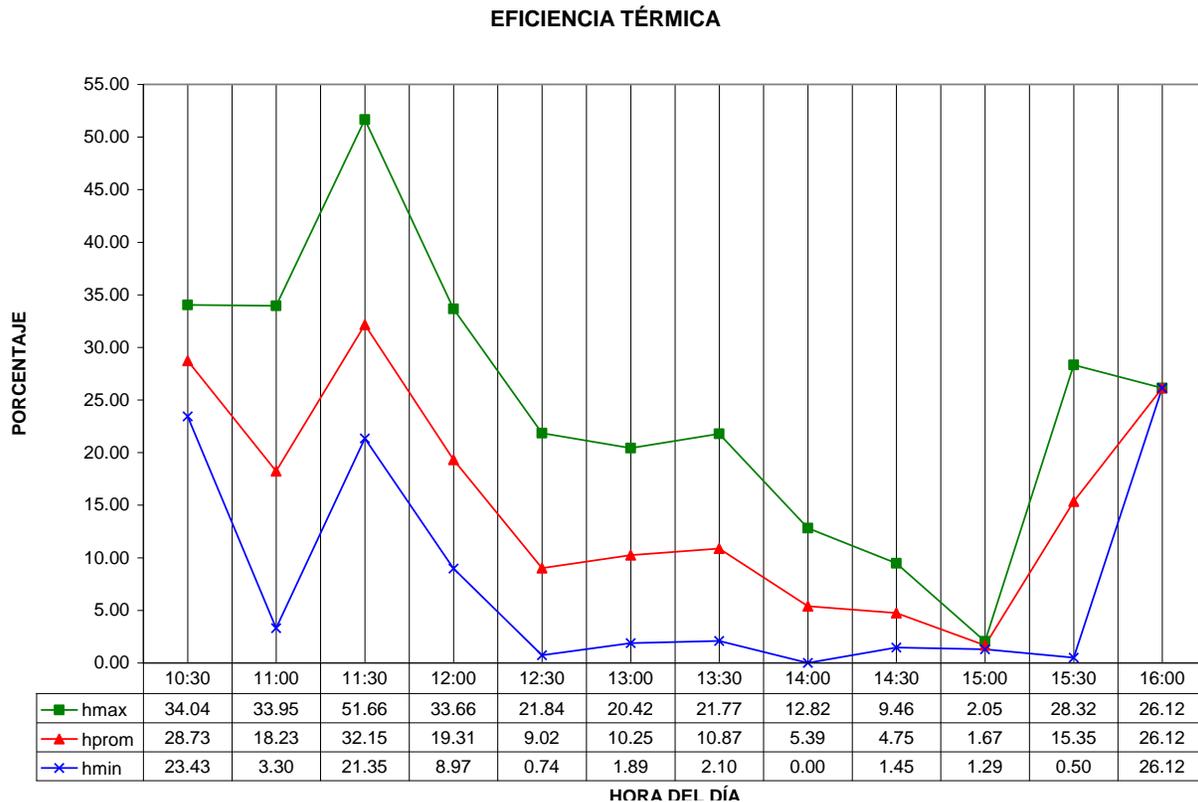


Figura 4.3-7: Curvas y Tabla de Comportamiento de la Eficiencia Térmica en Función de la Hora para los días de la Primera Etapa Experimental

Como se puede observar, la Eficiencia Porcentual promedio decrece del 32% al 1.7% entre las 11:30 y las 15:00 horas respectivamente; antes de las 11:30, las eficiencias son menores pero no tanto como la mínima, y después de las 15:00, las eficiencias son mayores, pero no tanto como la máxima.

$\% \eta$ máximo tiene el mismo comportamiento que el promedio, entre los valores 51.7% y 2%; la mínima también posee el mismo comportamiento que la promedio, entre los valores 21.4% y 1.3%.

Particularmente, η máximo, promedio y mínimo tienden al mismo valor a las 15:00 horas (mínimo valor). Las tendencias anteriores reflejan un mejor comportamiento térmico del pasteurizador en la mañana que en la tarde.

4.3.5 COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR PÉRDIDO

Los Coeficientes Globales de Calor Perdido se seleccionan de la Tablas del Anexo 05 para los días correspondientes a la Primera Etapa Experimental y se presentan en la Tabla 4.3-14:

Tabla 4.3-14: Matriz de Coeficiente Total de Pérdidas en función de la hora para los días de la Primera Etapa Experimental

		10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
UL (W/m ² °C)	03-may-2006-L01				13.33			13.54	13.49		13.39		
	04-may-2006-L01						13.50		13.69		13.41		13.07
	06-may-2006-L01		12.81	12.73	12.79	12.98	13.01	12.82		12.64	12.44	12.46	12.42
	07-may-2006-L01	12.70	12.57	12.40	12.39	12.74	12.98	13.01	13.11	12.97			12.70
	08-may-2006-L01			13.12		13.14	13.25	13.18	13.23	13.42	13.34	13.09	12.78
	09-may-2006-L01	12.18	12.26			12.38	12.56	12.74	12.79	12.68	12.49		
	11-may-2006-L01		11.90	12.62	12.88	13.02	13.13	12.98	12.81	12.67	12.62	12.64	12.48
	12-may-2006-L01			12.85	13.22	13.46	13.57	13.54	13.50	13.36	13.17	13.10	13.05
	14-may-2006-L01				12.46	12.51	12.60	12.71	12.81	12.86	12.80	12.66	12.68
	18-may-2006-L01			12.03	12.15	12.20		12.25	12.22		12.14	12.22	12.41

FUENTE: Propia

De igual manera que para la Sección 4.3.3, se hace una gráfica de las curvas de comportamiento de los Coeficientes Globales de Calor Perdido máximos, promedios y mínimos en función de la hora del día; generándose la Figura 4.3-8:

COEFICIENTE TOTAL DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA

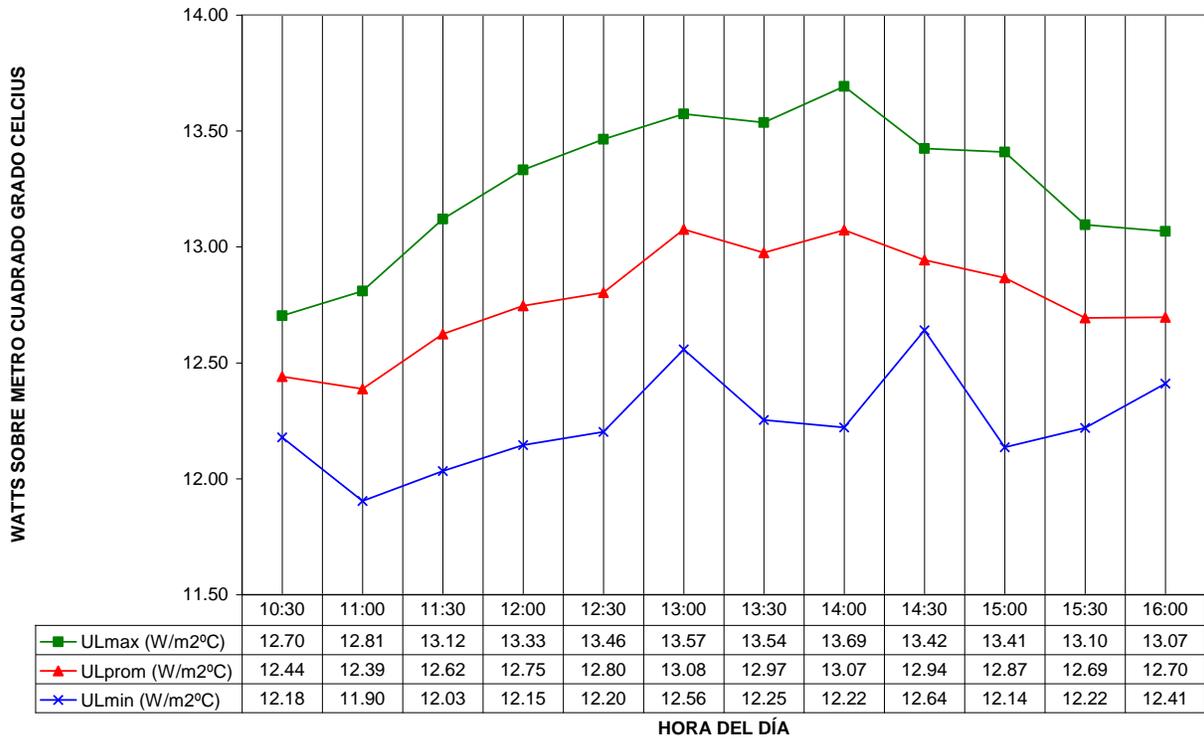


Figura 4.3-8: Curvas y Tabla de Comportamiento del Coeficiente Total de Pérdidas en Función de la Hora para los días de la Primera Etapa Experimental

Como se puede observar, UL promedio varía muy poco entre $12.4 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ y $13.1 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ en crecimiento hasta las 13:00-14:00 horas; luego disminuye hasta el final de las lecturas. UL máximo varía entre $12.7 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ y $13.7 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ de igual manera que el promedio; UL mínimo varía entre $11.9 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ y $12.7 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ erráticamente.

Puede considerarse entonces, que UL es aproximadamente constante para todo el día, con un valor oscilante entre $12.4 \pm 0.5 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ y $13.1 \pm 0.5 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$.

4.3.6 RESUMEN DE RESULTADOS DE LA ETAPA EXPERIMENTAL 1

A continuación se presenta un cuadro resumen de los valores y tendencias obtenidos de las secciones 4.3.2 a la 4.3.5

Tabla 4.3-15: Matriz Resumen de los Resultados de la Etapa Experimental 1

Parámetro	Valores			Observación
	Promedio	Mínimo	Máximo	
Ambiente	1 (29 – 31)°C	2 (26 – 29)°C	3 (31 – 34)°C	Datos para el mes de mayo, transición de época seca y lluviosa.
E° Solar Incidente	1 (250 – 450)	2 (100 – 215)	3 (350 – 700)	Unidades: w/m^2 . Se considera condición ambiental junto con la temperatura anterior.
Agua	1 (37 – 70)°C	2 (30 – 55)°C	3 (45 – 95)°C	Aumento homogéneo hasta las 14:00 horas y luego disminuye lentamente hasta las 16:00 horas.
Placa	1 (41 – 59)°C	2 (35 – 45)°C	3 (45 – 77)°C	Comportamiento de Parábola abierta hacia abajo con seudo vértice entre las 13:00 y 14:00 horas.
Vidrio	1 (35 – 50)°C	2 (30 – 40)°C	3 (41 – 60)°C	Aumento homogéneo hasta las 14:00 horas.
Eficiencia Porcentual	1 (32 – 1.7)%	2 (21.4 – 1.3)%	3 (51.7 – 2.0)%	Decrece de 11:30 a 15:00 hr.
CGTCP ¹	1 (12.4 – 13.1)	2 (11.9 – 12.7)	3 (12.7 – 13.7)	Unidades: $w/m^2 \text{ } ^\circ C$.

¹ Coeficiente Global de Transferencia de Calor Perdido

4.4 ETAPA EXPERIMENTAL 2: PRUEBAS EXPERIMENTALES DE PASTEURIZACIÓN EFECTIVA¹⁶

La segunda caracterización del equipo consiste en determinar condiciones óptimas para la pasteurización, las cuales son: número de lotes por día, temperatura del agua y tiempo de residencia por lote. Los valores anteriores no pueden determinarse desligadamente de los

¹⁶ Los análisis desde la sección 4.4 se realizan únicamente para los días correspondientes a la Segunda Etapa Experimental (15 al 29 de mayo)

porcentajes de reducción de carga microbiana (presentados en la Tabla 4.2-2). Entonces, tenemos:

Tabla 4.4-1: Matriz de Resultados para la Segunda Etapa Experimental¹⁷

	TL (°C)	t (min)	%CBHAM	%BCT	t _{res} (min)	Lotes tratados por día
15-may-2006-L01	68.6	30	0.00	16.67	120	3
15-may-2006-L02	70.6	30	N/D	N/D	70	
15-may-2006-L03	66.9	60	25.00	94.29	105	
17-may-2006-L01	75.6	30	N/D	N/D	110	4
17-may-2006-L02	80.6	50	N/D	N/D	50	
17-may-2006-L03	77.6	30	N/D	N/D	45	
17-may-2006-L04	70.6	75	N/D	N/D	75	
18-may-2006-L01	55.6	0	N/D	N/D	300	1
19-may-2006-L01	71.3	30	96.25	90.00	120	1
21-may-2006-L01	72.3	30	12.50	58.57	120	2
21-may-2006-L02	59.3	0	N/D	N/D	60	
22-may-2006-L01	74.9	30	25.00	92.86	60	1
25-may-2006-L01	58.9	0	N/D	N/D	120	1
27-may-2006-L01	81.3	60	97.67	100.00	60	2
27-may-2006-L02	60.0	0	0.00	0.00	120	
28-may-2006-L01	69.4	30	50.00	95.71	90	2
28-may-2006-L02	60.7	0	0.00	14.29	135	
29-may-2006-L01	83.9	60	37.50	88.57	120	3
29-may-2006-L02	76.3	60	98.38	94.29	90	
29-may-2006-L03	70.9	90	98.63	94.29	120	

FUENTE: Propia

La simbología de colores utilizada en la Tabla 4.4-1 es la siguiente: Resaltados en amarillo están los lotes para los días que no se disponen (N/D) los porcentajes de reducción de carga microbiana; se destacan en azul turquesa los lotes que el agua tratada tiene ambos valores debajo de los LMP de la NSO; se dejan en fondo blanco los días que se encuentra “bajo norma” el parámetro “Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesófilas UFC/ml” (BHAM) únicamente; se dejan de color canela los días en los cuales los valores se cuantificaron sobre los LMP de la NSO;

¹⁷ El tiempo “t” se refiere al de exposición que tuvo el agua a una temperatura superior de 65°C, mientras que “t_{res}” se refiere al total que se mantuvo el lote de agua en el pasteurizador.

resaltado con verde claro el día que el parámetro “Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml” (BCT) está muy por encima de los valores medidos originalmente para el agua sin tratamiento.

4.4.1 NÚMERO ÓPTIMO DE LOTES TRATADOS POR DÍA

De acuerdo a la Tabla 4.4-1, 1 lote tratado por día es el mínimo y la moda (valor que más se repite). El promedio y el máximo de lotes tratados por día son 2 y 4 respectivamente.

La mayoría de los días con un solo lote tratado corresponden a condiciones climáticas no apropiadas a la pasteurización, condiciones recurrentes desde finales de la época de transición seca-lluviosa hasta principios de la transición lluviosa-seca (hay que tomar en cuenta que la segunda etapa experimental coincidió con el fin de la primera transición y el inicio de la época lluviosa).

Durante las épocas de transición y la lluviosa, se pueden tratar 1 o 2 lotes por día, dependiendo de condiciones climáticas como la presencia de nubes sin amenazas de lluvia; con seguridad no se puede tratar ningún lote si existen condiciones nubladas con amenazas de lluvia o lluvia misma.

En la época seca, se pueden pasteurizar de 2 a 4 lotes en un día, siempre y cuando se coloque el primer lote muy temprano (dado que la Pasteurización es más eficiente durante la mañana llegando a un máximo al mediodía) y las condiciones climáticas sean de nubladas a despejadas. Colocar un lote después de las 14:00 horas es de dudoso resultado, pues se pasteurizara únicamente bajo las mejores condiciones ambientales hasta los límites mínimos de temperatura del agua y tiempo de residencia.

Hay que aclarar que la situación climática es condición necesaria pero no determinante para establecer el momento de sacar un lote de agua del pasteurizador, puesto que el límite de la temperatura óptima del agua pasteurizada y el tiempo en que el agua se mantiene sobre dicha temperatura son las condiciones necesarias para determinar el ciclo completo de un lote; ya que, sí y solo sí se cumplen las dos anteriores, se debe cambiar el lote de agua del pasteurizador. Esto

quiere decir que el numero de lotes a tratar propuestos en los últimos párrafos no son valores estrictos que deben cumplirse siempre en esas condiciones climáticas, también dependen de los otros dos factores a analizar en las secciones 4.4.2 y 4.4.3

4.4.2 TEMPERATURA ÓPTIMA DEL AGUA PARA PASTEURIZACION¹⁸

De acuerdo a la Tabla 4.4-1, 70.6°C es la TL moda (valor que más se repite) y mínima. TL promedio es 74.9°C y TL máxima es 81.3°C.

A la razón de los valores anteriores, se considera 70°C como la temperatura mínima y 75°C como la temperatura óptima de pasteurización del agua. Cualquier temperatura sobre 70°C sostenida por un tiempo a analizar en la sección 4.4.3, garantiza que el agua obtenida cumple con los LMP de la NSO.

4.4.3 TIEMPO DE RESIDENCIA ÓPTIMO PARA CADA LOTE

Deben de analizarse dos tiempos, el Tiempo de Residencia “ t_{res} ” como tal (tiempo total que permanece un lote de agua dentro del pasteurizador) y el Tiempo de Pasteurización Efectiva “ t ” (tiempo de exposición que tuvo el agua a una temperatura superior de 65°C), ambos valores de la Tabla 4.4-1

a. TIEMPO DE RESIDENCIA

De acuerdo a la Tabla 4.4-1, 120 minutos es el t_{res} moda (valor que más se repite) y máximo. t_{res} promedio es 98 minutos y t_{res} mínimo es 60 minutos.

Por lo tanto, se considera 60 minutos como el tiempo mínimo y 100 minutos como el tiempo óptimo de residencia en el pasteurizador. Cualquier tiempo de residencia superior a 100 minutos garantiza que el agua obtenida cumple con los LMP de la NSO.

¹⁸ Para las secciones 4.4.2 y 4.4.3 se toman en cuenta sólo los valores blancos y azul turquesa, debido a que esos son los valores que tienen mejores porcentajes de reducción de carga microbiana en ambos parámetros

b. TIEMPO EFECTIVO DE PASTEURIZACIÓN

De acuerdo a la Tabla 4.4-1, 30 minutos es el t moda (valor que más se repite) y mínimo; t promedio es 60 minutos y t máximo es 90 minutos.

En consecuencia, se considera 30 minutos como el tiempo mínimo y 60 minutos como el tiempo óptimo de Pasteurización efectiva, o sea tiempo de exposición que debe tener el agua a una temperatura superior que la mínima establecida en la sección 4.4.2. Cualquier tiempo efectivo de pasteurización superior a 60 minutos garantiza que el agua obtenida cumple con los LMP de la NSO.

4.5 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS EXPERIMENTALES¹⁹

El tratamiento estadístico consiste en la búsqueda un modelo estadístico que explique y/o prediga el comportamiento entre los datos experimentales como variables independientes y los porcentajes de reducción de carga microbiana como variables dependientes o respuesta.

Las variables independientes serán: Temperatura Máxima alcanzada por el Agua (TL), la Placa Negra (TP), el Vidrio del Colector (TV), la Ambiente (TA) y el Tiempo Efectivo de Pasteurización (t). Las variables dependientes son: Porcentaje de Reducción del Conteo de Bacterias Heterótrofas Anaerobias Mesófilas (%CBHAM) y Porcentaje de Reducción del Conteo de Bacterias Coliformes Totales (%BCT)

Se ordena una matriz para todos los días que se posee el conteo de carga microbiológica, y se obtiene la Tabla 4.5-1:

¹⁹ Todos los cálculos y diagramas de esta sección se realizaron en el Programa Estadístico para Computadoras: Statistical Product and Service Solution 13.0 para Windows (SPSS 13.0). La corrida del Software se dispone en el Anexo 08

Tabla 4.5-1: Matriz de Variables Dependientes e Independientes para el Análisis Estadístico

	INDEPENDIENTES					DEPENDIENTES	
	TL (°C)	TP (°C)	TV (°C)	TA (°C)	t (min)	%CBHAM	%BCT
07-may-2006-L01	70.4	63.2	47.4	33.1	150.0	99.33	100.00
08-may-2006-L01	80.0	67.4	55.4	32.9	180.0	93.33	100.00
11-may-2006-L01	69.1	56.8	49.7	31.4	180.0	95.00	82.86
12-may-2006-L01	83.3	75.5	55.6	34.4	240.0	98.75	88.57
15-may-2006-L01	68.6	59.6	49.7	33.0	30.0	0.00	16.67
15-may-2006-L03	66.9	46.4	44.6	30.0	60.0	25.00	94.29
19-may-2006-L01	71.3	51.4	50.0	31.0	30.0	96.25	90.00
21-may-2006-L01	72.3	53.1	51.2	31.5	30.0	12.50	58.57
22-may-2006-L01	74.9	61.3	48.3	31.6	30.0	25.00	92.86
27-may-2006-L01	81.3	56.7	53.8	34.9	60.0	97.67	100.00
27-may-2006-L02	60.0	49.7	41.9	30.5	0.0	0.00	0.00
28-may-2006-L01	69.4	57.7	48.8	30.4	30.0	50.00	95.71
28-may-2006-L02	60.7	52.8	44.0	30.6	0.0	0.00	14.29
29-may-2006-L01	83.9	68.5	57.7	32.9	60.0	37.50	88.57
29-may-2006-L02	76.3	57.1	52.6	31.0	60.0	98.38	94.29
29-may-2006-L03	70.9	55.2	46.5	33.0	90.0	98.63	94.29

FUENTE: Propia

Se utiliza la misma simbología de colores que para la Tabla 4.4-1. Para comenzar el análisis, se debe examinar la relación cartesiana entre cada variable dependiente e independiente por separado. Para ello, se grafica la Tabla 4.5-1 en una Matriz Bilateral de Dispersión, y obtenemos:

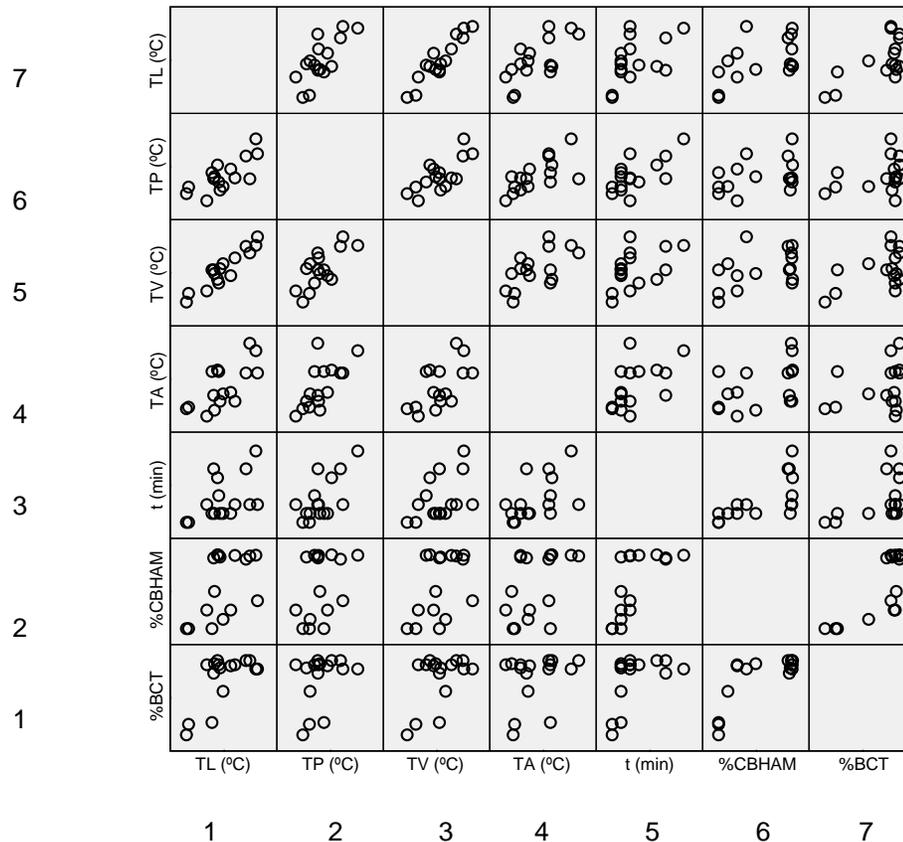


Figura 4.5-1: Matriz Bilateral de Dispersión para los valores de la Tabla 4.5-1

La matriz bilateral Manifiesta una relación aparentemente lineal entre TL, TP y TV (cuadrantes 2,1 y 3,1) y una relación no lineal entre %CBHAM y %BCT (cuadrante 6,1)

Ahora bien, para las variables definidas, interesa considerar los 10 cuadrantes del producto cartesiano $\{1, 2, 3, 4, 5\} \times \{1, 2\}$. Todos los cuadrantes presentan dos grupos de datos, uno muy unido en la parte superior y otro muy disperso en la parte inferior. Esto podría significar que no existe relación estadística obvia entre los datos obtenidos, talvez en los cuadrantes: $(1, 2) = (TL, \%CBHAM)$ y $(5, 2) = (t, \%CBHAM)$.

Para asegurar las observaciones anteriores, se deben de hacer los cálculos de las correlaciones bilaterales, o sea, calcular la correlación de Pearson y los valores de significancia bilaterales. Se obtiene una Tabla que cuantifica estadísticamente la matriz bilateral de dispersión:

Tabla 4.5-2: Matriz de Correlaciones Bilaterales de la Figura 4.5-1

		TL (°C)	TP (°C)	TV (°C)	TA (°C)	t (min)	%CBHAM	%BCT
TL (°C)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N							
TP (°C)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	.744** .001 16						
TV (°C)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	.935** .000 16	.734** .001 16					
TA (°C)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	.698** .003 16	.680** .004 16	.617* .011 16				
t (min)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	.500* .049 16	.672** .004 16	.467 .068 16	.531* .034 16			
%CBHAM	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	.531* .034 16	.361 .170 16	.452 .079 16	.465 .070 16	.679** .004 16		
%BCT	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	.658** .006 16	.333 .207 16	.502* .048 16	.287 .281 16	.486 .056 16	.747** .001 16	

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Asumiendo un nivel de confianza del 95%, se aceptan las correlaciones de Pearson con un nivel de significancia inferior a 0.05 (5% de error). Entonces, existe una posible dependencia de %CBHAM versus TL y t; mientras que para %BCT, la dependencia es respecto a TL y TV.

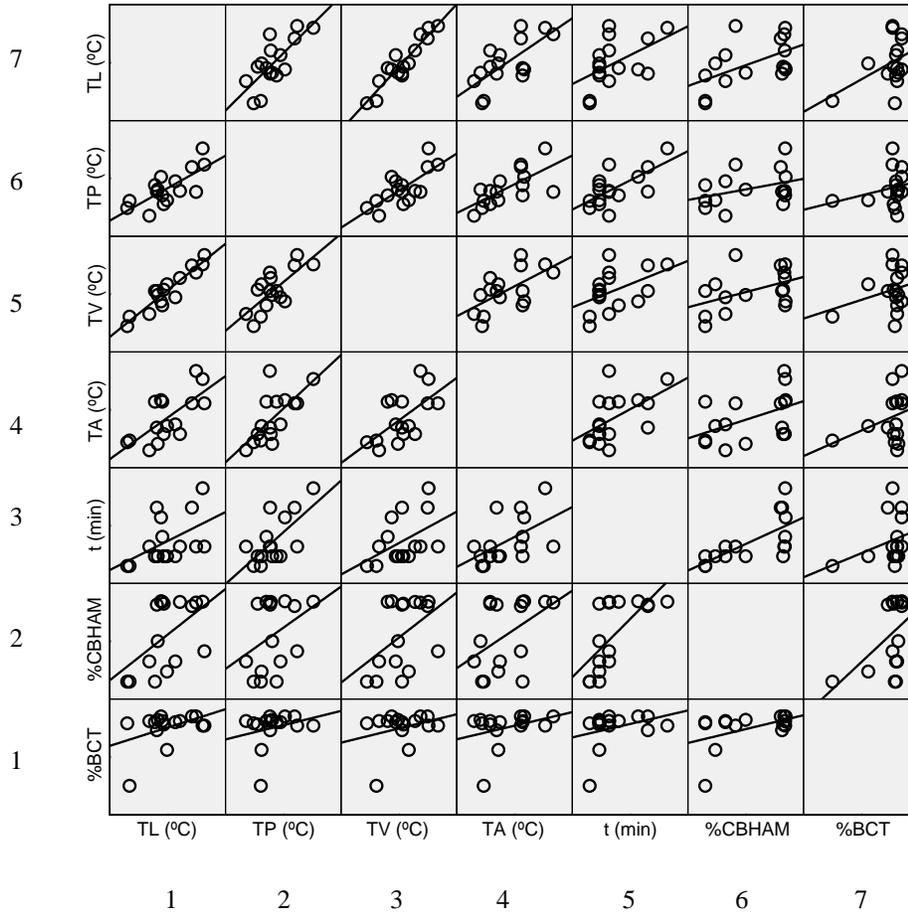


Figura 4.5-2: Matriz Bilateral de Dispersión con la representación de las Correlaciones

Conociendo que $\%CBHAM = \%CBHAM(TL, t)$ y $\%BCT = \%BCT(TL, TV)$, se procede a ha calcular los coeficientes de correlación para cada variable respuesta por separado.

Asumiendo el modelo $\% CBHAM = \beta_1 TL + \beta_2 t + \beta_0$, se desarrolla a continuación:

Tabla 4.5-3: Resumen del Modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.714 ^a	.510	.435	*****

a. Variables predictoras: (Constante), t (min), TL (°C)

b. Variable dependiente: %CBHAM

La Tabla 4.5 indica que el modelo explica el 71% de los datos experimentales obtenidos, el 29% está fuera del modelo por errores o variables no tomadas en cuenta.

Tabla 4.5-4: Análisis de Variabilidad Predictoria^b

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	13848.636	2	6924.318	6.779	.010 ^a
	Residual	13279.326	13	1021.487		
	Total	27127.962	15			

a. Variables predictoras: (Constante), t (min), TL (°C)

b. Variable dependiente: %CBHAM

La Tabla anterior indica que las predicciones del modelo poseen una significancia global de 0.01, la cual es inferior a 0.05 y se acepta como posible modelo predictivo.

Tabla 4.5-5: Coeficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-77.179	91.993		-0.839	.417
	TL (°C)	1.519	1.329	.256	1.142	.274
	t (min)	.327	.133	.551	2.461	.029

a. Variable dependiente: %CBHAM

La Tabla anterior indica los valores de los coeficientes, pero únicamente β_2 posee una significancia inferior a 0.05, por lo que el nivel predictivo del modelo se pone en duda, no así su grado explicativo.

Se deben analizar los modelos lineales por separado de las dos variables independientes respecto a la dependiente (Ver Anexo 08); ya que la Tabla 4.5-2 indica que la significancia por separado es posiblemente menor a 0.05, y la Tabla 4.5-5 señala una reducción de significancia para β_1 ; lo que se podría explicar en la existencia de correlación entre variables independientes no tomada en cuenta en el modelo, lo que convertiría a t en una posible Variable de Confusión (reduce significancia a TL en el modelo conjunto)

Asumiendo el modelo $\%BCT = \beta_1 TL + \beta_2 TV + \beta_0$, se desarrolla a continuación:

Tabla 4.5-6: Resumen del Modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.733 ^a	.537	.466	24.876

a. Variables predictoras: (Constante), TV (°C), TL (°C)

b. Variable dependiente: %BCT

La Tabla 4.5 indica que el modelo explica el 73% de los datos experimentales obtenidos, el 27% está fuera del modelo por errores o variables no tomadas en cuenta.

Tabla 4.5-7: Análisis de Variabilidad Predictoria^b

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	9325.547	2	4662.773	7.535	.007 ^a
	Residual	8044.734	13	618.826		
	Total	17370.281	15			

a. Variables predictoras: (Constante), TV (°C), TL (°C)

b. Variable dependiente: %BCT

La Tabla anterior indica que las predicciones del modelo poseen una significancia global de 0.007, la cual es inferior a 0.05 y se acepta como posible modelo predictivo.

Tabla 4.5-8: Coeficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-96.636	72.593		-1.331	.206
	TL (°C)	7.148	2.526	1.505	2.830	.014
	TV (°C)	-6.935	4.073	-.906	-1.703	.112

a. Variable dependiente: %BCT

La Tabla anterior indica los valores de los coeficientes, pero únicamente β_1 posee una significancia inferior a 0.05, por lo que el nivel predictivo del modelo se pone en duda, no así su grado explicativo.

Se deben analizar los modelos lineales por separado de las dos variables independientes respecto a la dependiente (Ver Anexo 08); ya que la Tabla 4.5-2 indica que la significancia por separado es posiblemente menor a 0.05, y la Tabla 4.5-8 señala una reducción de significancia para β_2 ; lo que se podría explicar en la existencia de correlación entre variables independientes no tomada en cuenta en el modelo, lo que convertiría a TL en una posible Variable de Confusión (reduce significancia a TV en el modelo conjunto)

Finalmente, los modelos explicativos que se obtienen son:

$$\%CBHAM = 1.519TL + 0.327t - 77.179 \text{ (Ec. 4.5-1)}$$

$$\%BCT = 7.148TL - 6.935TV - 96.636 \text{ (Ec. 4.5-2)}$$

5 OBSERVACIONES

1. El Pasteurizador Solar esta diseñado con el fin de ser útil en la desinfección de agua en comunidades que no son abastecidas a través de la red nacional de distribución, y que dichas aguas poseen una contaminación microbiológica ligera.
2. El equipo resulta viable puesto que sus materiales son accesibles por su disponibilidad y costo relativamente bajo (\$882.14), su construcción no es complicada, requiere de pasos sencillos para su operación y poco mantenimiento de uso.
3. La Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua Potable, establece valores máximos permitidos de cinco parámetros microbiológicos y a su vez tres métodos de análisis. El método utilizado por El Centro de Control de Calidad Industrial (CCCI) para analizar las muestras con y sin tratamiento es Filtración por Membranas, por ser económico, práctico y muy verosímil.
4. Comúnmente, los pozos no poseen BACTERIAS COLIFORMES y carga microbiana baja de BACTERIAS HETERÓTROFAS ANAEROBIAS MESÓFILAS. La contaminación de COLIFORMES se debe comúnmente a los recipientes y/o al medio de extracción.
5. El conteo de “BACTERIAS COLIFORMES TOTALES” comienza a disminuir a menor temperatura, y a la vez, es el más resistente a reducirse hasta el límite de la norma.
6. El agua proveniente de ríos, pilas y pipas son el principal contribuyente a la incidencia de enfermedades gastrointestinales.
7. Por restricciones de carácter económico los análisis microbiológicos del agua de pozo en la etapa de caracterización fueron tres, y de acuerdo a los resultados obtenidos se estableció una caracterización aproximada.
8. ANDA valida agua hasta con 1.1 Coliformes Fecales por 100 cm³ de agua, cuando la Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua Potable establece cero coliformes fecales como Límite Máximo Permisible. Seria conveniente en futuras investigaciones, analizar la reducción de carga microbiana respecto a la calidad del agua transportada en la Red de Acueductos y Alcantarillados.

6 CONCLUSIONES

1. La selección de la tubería del serpentín se hizo de acuerdo al cumplimiento de tres consideraciones técnicas: 1) material con una alta conductividad térmica, 2) diámetro que permita calentar totalmente el fluido en su interior, y 3) aceptación para el transporte de agua potable.
2. El dimensionamiento del área del colector, en un metro cuadrado, determina el volumen de agua a tratar en el equipo, y fue definido de acuerdo a un criterio de Planta Piloto, para que en una etapa posterior, los resultados obtenidos sirvan de referencia para realizar un escalamiento técnico en el equipo y pueda suplir las necesidades de consumo de agua de una familia o una comunidad.
3. El pasteurizador solar permite estudiar las variables experimentales mediante monitoreo y registro de las temperaturas del agua en los siete puntos al interior del serpentín, la de la placa, la del vidrio y la ambiental. Estas son evaluadas entre sí, para identificar la influenciabilidad entre ellas y decidir cuáles son las determinantes en la reducción del porcentaje de contaminación microbiana.
4. De Acuerdo a los cinco parámetros cuantificados en la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable, el agua objeto de experimentación posee únicamente los valores BACTERIAS HETERÓTROFAS ANAEROBIAS MESÓFILAS y BACTERIAS COLIFORMES TOTALES fuera de los Límites Máximos Permisibles.
5. El Porcentaje de Reducción del CONTEO DE BACTERIAS HETERÓTROFAS ANAEROBIAS MESÓFILAS tiene una reducción promedio del 71%; el Porcentaje de Reducción del CONTEO BACTERIAS COLIFORMES TOTALES tiene un promedio del 91%, ambos valores tomando en cuenta en las referencias el crecimiento de la carga microbiana por el almacenamiento a temperatura ambiente.

6. Conforme a los resultados de la Fase Experimental, la TEMPERATURA DEL AGUA promedio alcanza la temperatura del agua mínima asumida de pasteurización (65°C) entre las 13:00 y las 13:30 horas, y se mantiene sobre los 65°C hasta el final de las lecturas. La TEMPERATURA DEL AGUA máxima alcanza la temperatura mínima de pasteurización entre las 11:00 y las 11:30 horas (horas que coinciden con la extracción final del primer lote en la Segunda Fase Experimental), mientras que la TEMPERATURA DEL AGUA mínimo nunca la alcanza.
7. Tomando en cuenta los resultados de la Fase Experimental, existe un mejor comportamiento térmico del pasteurizador en la mañana que en la tarde; por lo tanto, la Pasteurización es más eficiente durante la mañana llegando a un máximo al mediodía.
8. De acuerdo a los resultados de la Fase Experimental, puede considerarse que el COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR PERDIDO es aproximadamente constante para todo el día, con un valor oscilante entre $12.4 \pm 0.5 \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ y $13.1 \pm 0.5 \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.
9. Durante las épocas de transición y la lluviosa, se pueden tratar 1 o 2 lotes por día, dependiendo de condiciones climáticas. Es importante aclarar que no se puede tratar ningún lote si existen condiciones nubladas con amenazas de lluvia o lluvia misma.
10. En la época seca, se pueden pasteurizar de 2 a 4 lotes en un día, siempre y cuando se coloque el primer lote muy temprano y las condiciones climáticas sean de nubladas a despejadas. Colocar un lote después de las 14:00 horas es de dudoso resultado, pues se pasteurizara únicamente bajo las mejores condiciones ambientales hasta los límites mínimos de temperatura del agua y tiempo de residencia.
11. La temperatura mínima de agua para pasteurización es 70°C, y 75°C como la temperatura óptima; el tiempo mínimo de pasteurización efectiva es 30 minutos, y 60 minutos como el tiempo óptimo. Por consiguiente, cualquier temperatura sobre 70°C sostenida por un tiempo

superior a 60 minutos, garantiza que el agua obtenida cumple con los Límites Máximos Permisibles de la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable.

12. Asumiendo un nivel de confianza del 95%, o sea, con significancia inferior a 0.05 (5% de error), se puede asegurar que existe una dependencia del Porcentaje de Reducción del CONTEO DE BACTERIAS HETERÓTROFAS ANAEROBIAS MESÓFILAS respecto a TEMPERATURA DEL AGUA y el TIEMPO EFECTIVO DE PASTEURIZACIÓN; mientras que para el Porcentaje de Reducción del CONTEO BACTERIAS COLIFORMES TOTALES, la dependencia es respecto a TEMPERATURA DEL AGUA y La TEMPERATURA DEL VIDRIO;
13. La fuerte disminución de caudales de ríos, el alto nivel de contaminación de la mayor parte de las fuentes de agua dulce son las causas principales de una baja disponibilidad de agua en el país, cuyo impacto se ve reflejado directamente en la salud, e indirectamente en el desarrollo socioeconómico de los sectores más vulnerables.

7 RECOMENDACIONES

1. Utilizar un material más liviano en la base del pasteurizador para facilitar su traslado de un lugar a otro. El vidrio del colector debe de ser templado para que resista variaciones súbitas de temperatura y el contacto con agua cuando este caliente.
2. En la implementación, se recomienda la construcción del serpentín únicamente con tres termómetros de monitoreo del agua; ubicados al inicio, centro y al final del serpentín interno al colector, pues son los puntos críticos donde se leen los valores respectivamente bajo, medio y alto del gradiente de temperatura del agua que se obtiene en el proceso de pasteurización. Se puede tomar la lectura del primero como límite para comenzar a tomar el Tiempo de Pasteurización Efectivo formulado en las conclusiones.
3. Tomando en cuenta las recomendaciones 1 y 2, se pueden reducir los costos del equipo por más de \$200
4. El equipo resulta muy útil y efectivo al tratar aguas con carga microbiológica ligera, por lo que se recomienda que el agua que se tratara no exceda de veinticuatro horas de haber sido extraída del pozo; ya que, de lo contrario, en el agua almacenada sin tratamiento a temperatura ambiente se estimula el crecimiento microbiológico, requiriendo que los parámetros de operación en el pasteurizador sean mayores a lo establecido en las conclusiones. Además el agua tratada debe consumirse en un periodo menor a veinticuatro horas.
5. Es necesario realizar más análisis microbiológicos periódicos al pozo en lapsos de 1 a 3 meses; posteriormente a tener establecida la caracterización anterior, se recomienda realizar por lo menos un análisis mensual al pozo.
6. En la etapa de pruebas de pasteurización del agua, es necesario realizar aproximadamente cincuenta corridas de análisis microbiológicos para aumentar la base datos, y con ello, al hacer la evaluación del método estadístico, se disponga de más información que asegure una mejor explicación del fenómeno.

7. Para el modelo del Porcentaje de Reducción del CONTEO DE BACTERIAS HETERÓTROFAS ANAEROBIAS MESÓFILAS, se deben analizar los modelos lineales por separado de las dos variables independientes respecto a la dependiente (Ver Anexo 08); ya que la Tabla 4.5-2 indica que la significancia por separado es posiblemente menor a 0.05, y la Tabla 4.5-5 señala una reducción de significancia para β_1 ; lo que se podría explicar en la existencia de correlación entre variables independientes no tomada en cuenta en el modelo, lo que convertiría a t en una posible Variable de Confusión (reduce significancia a TL en el modelo conjunto)

8. Para el modelo Porcentaje de Reducción del CONTEO BACTERIAS COLIFORMES TOTALES, se deben analizar los modelos lineales por separado de las dos variables independientes respecto a la dependiente (Ver Anexo 08); ya que la Tabla 4.5-2 indica que la significancia por separado es posiblemente menor a 0.05, y la Tabla 4.5-8 señala una reducción de significancia para β_2 ; lo que se podría explicar en la existencia de correlación entre variables independientes no tomada en cuenta en el modelo, lo que convertiría a TL en una posible Variable de Confusión (reduce significancia a TV en el modelo conjunto)

9. Hay que aclarar que la situación climática es condición necesaria pero no determinante para acordar el momento de extraer un lote de agua del pasteurizador, puesto que el límite de la temperatura mínima y óptima del agua pasteurizada (70°C y 75°C respectivamente) y el tiempo mínimo y óptimo efectivo de pasteurización (30 min y 60 min respectivamente) son las condiciones necesarias para determinar el ciclo completo de un lote; ya que, sí y solo sí se cumplen las dos anteriores, se debe cambiar el lote de agua del pasteurizador. Esto quiere decir que el número de lotes a tratar propuestos en las conclusiones no son valores estrictos que deben cumplirse siempre en esas condiciones climáticas.

8 REFERENCIAS

Todas las páginas Web fueron revisadas en Agosto 2005.

REFERENCIA 01: <http://e-mag.posgrado.unsam.edu.ar>

REFERENCIA 02: <http://www.recyt.org/files/PremioMercosul/PremioIntegracao/TrabalhoIntegracao07.pdf>

REFERENCIA 03: MANRIQUE, José A. “Energía Solar. Fundamentos y Aplicaciones Fototérmicas” Ed. Harla, 1984

REFERENCIA 04: http://www.aidisar.org/pajdaganadores_2002.htm

REFERENCIA 05: www.aquamarket.com

REFERENCIA 06: Guión de clase “Diseño de Sistemas de Tratamiento para Aguas Residuales” (DSR115) Ciclo II/2004

REFERENCIA 07: GEANKOPLIS, Cristie J. “Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias” Ed. Continental, México, 1998. Pág. 286-291

REFERENCIA 08: Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua Potable NSO13.07.01:99

REFERENCIA 09: PERRY, R. H. [et.al] “Perry’s Chemical Engineering Handbook” 6ª Ed., Mc Graw Hill, New York, 1984.

REFERENCIA 10: HERNÁNDEZ, Carla; ORTEZ, Claudia “Descontaminación por el método de adsorción en agua de pozo y agua lluvia destinada al consumo humano en comunidades rurales ubicadas al sur del departamento de La Libertad” Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Química, 2006.

REFERENCIA 11: GARCÍA, Eduardo; RAMÍREZ, Juan “Recuperación de grasas residuales de Tenerías y su uso Industrial” Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Química, 2006.

REFERENCIA 12: QUINTANILLA, Carlos; PICHINTE, Rosendo “Acondicionamiento térmico de agua con circulación natural, usando un colector solar de placa plana” Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Escuela de Física, 1991.

REFERENCIA 13: SOSA, William “Destiladores solares de una caída. Comparación de eficiencias en función del ángulo de inclinación de la cubierta” Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Física, 1995.

REFERENCIA 14: CONTRERAS, Claudia; LÓPEZ, Sara “Exenciones de renta para pequeña inversión renovable” La Prensa Gráfica, 16 de Febrero de 2006

REFERENCIA 15: CANTÓ, Carola “SNET prevé inicio de las lluvias en abril” El Diario de Hoy, 22 de Febrero de 2006

REFERENCIA 16: CÁCERES, Mirilla “Otra muerte por diarrea y cuatro menores graves” Diario De Hoy, 7 de Marzo de 2006

REFERENCIA 17: VELÁSQUEZ, E.; CÁCERES, Y. “Escasea suero oral. Nahuizalco, en alerta, y sin ayuda” Diario De Hoy, 7 de Marzo de 2006

REFERENCIA 18: ROSALES, Metzi [et.al] “Agua que no has de beber” Enfoques, La Prensa Gráfica, 11 de Junio 2006

9 ANEXOS

9.1 ANEXO 01: GLOSARIO DE SIMBOLOS

G_{sc}: Constante del flujo de energía proveniente del Sol. Tiene el valor de **1353 W m⁻²**

G_{on}: Flujo total de radiación extraterrestre (W m⁻²)

n: Número de día del año

ρ: Densidad (Kg/ m³)

m: Masa (Kg)

V: Volumen (m³)

C_p: Capacidad calorífica (J/Kg°C)

ΔT: Cambio de temperatura (°C)

ΔU: Cambio de energía interna (J)

Q_s: Calor sensible (J)

Q_{abs}: Calor total incidente absorbido por el colector (W)

Q_u: Calor útil que finalmente se transfiere al fluido de trabajo (W)

Q_l: Pérdidas de calor hacia los alrededores por radiación, convección y conducción (W)

dU/dt: Rapidez del cambio de energía interna almacenada en el colector (W)

H_T: Energía solar incidente (W/m²)

A_c: Área efectiva del colector (m²)

(τ α): Producto de la transmitancia (τ) del vidrio y la absorbancia (α) de la placa colectora

dT/dt: Rapidez de cambio de temperatura del agua con respecto al tiempo (°C/s)

U_L: Coeficiente global de pérdidas de calor por radiación, convección y conducción (W/m²°C)

T_p: Temperatura media de la placa de absorción (°C)

T_a: Temperatura del aire ambiente (°C)

ρ_d: Reflectancia difusa. Para 1, 2, 3 y 4 cubiertas, los valores de **ρ_d** son 0.16, 0.24, 0.29 y 0.32, respectivamente

R_{eq}: Resistencia térmica equivalente (m²°C/W)

U_S: Coeficiente total de transferencia de calor para la parte superior del colector (W/m²°C)

U_{FL}: Coeficiente de pérdida de calor por conducción por el fondo y lados (W/m²°C)

R_I: Resistencia térmica por conducción en el fondo y los lados del colector (m²°C/W)

R₂: Resistencia térmica de convección y radiación entre la placa receptora y la cubierta (m²°C/W)

R₃: Resistencia térmica por convección y radiación entre la cubierta y el ambiente (m²°C/W)

k_a: es la conductividad térmica del aislante (W/m°C)

l y **l'**: los espesores del aislante por el fondo y lados respectivamente (m)

P: el perímetro del colector (m)

M: la altura del mismo (m)

h_{c,pc} : Coeficiente por convección entre la placa receptora y la cubierta (W/m²°C)

h_{r,pc} : Coeficiente por radiación entre la placa receptora y la cubierta (W/m²°C)

h_{c,ca} : Coeficiente por convección entre la cubierta y el medio ambiente (W/m²°C)

h_{r,ca} : Coeficiente por radiación entre la cubierta y el medio ambiente (W/m²°C)

σ: Constante de radiación de Stefan-Boltzmann (5.6697 x 10⁻⁸ W/m² K⁴)

ε_p y **ε_c**: Emisividades de la placa receptora y la cubierta de vidrio respectivamente

k: Conductividad térmica del aire (W/m°C)

δ: Longitud característica de la transferencia de calor (m)

Gr: Número de Grashof

Pr: Número de Prandtl

β: Coeficiente volumétrico de expansión del aire (K⁻¹)

μ: Viscosidad del aire (Pa.s) (Kg/m.s)

T_f: Temperatura de película (°C)

t₁: Tiempo inicial (min)

t₁: Tiempo final (min)

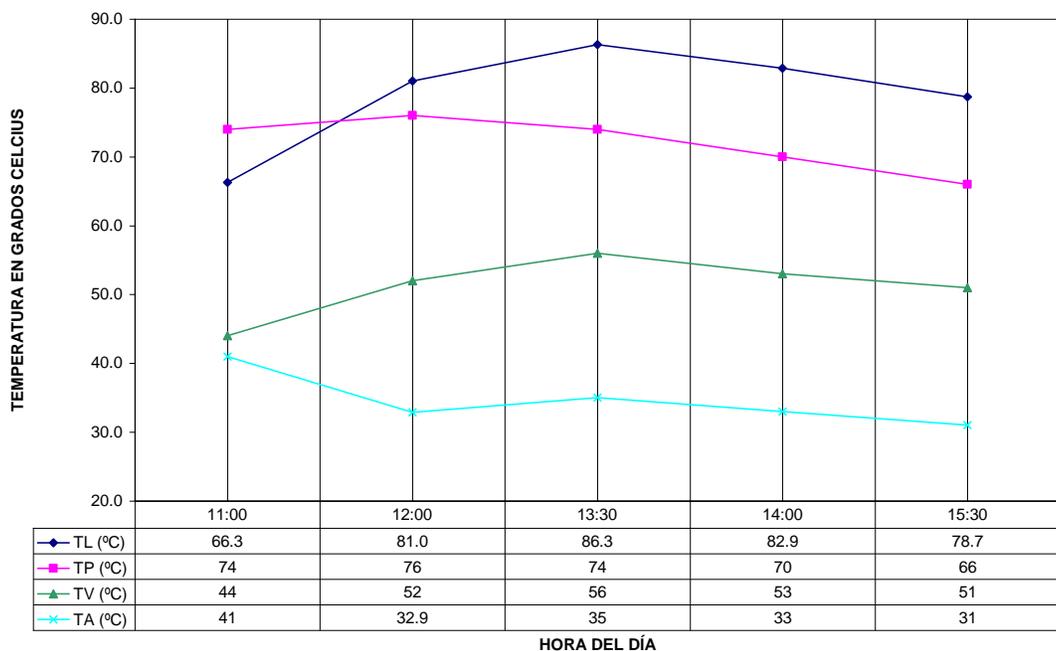
T_{L,1}: Temperatura del agua en el tiempo **t₁** (°C)

T_{L,2}: Temperatura del agua en el tiempo **t₂** (°C)

9.2 ANEXO 02: TABLAS Y GRÁFICOS DE LOS DATOS EXPERIMENTALES

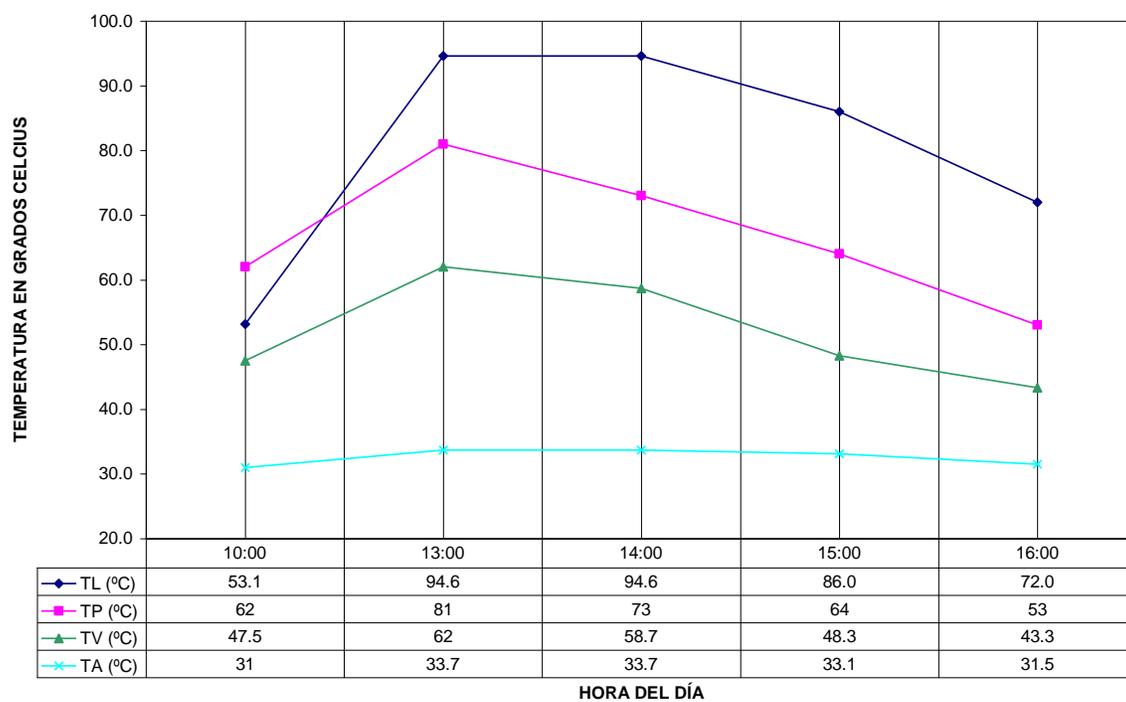
03-may-2006-L01	11:00	12:00	13:30	14:00	15:30
TL01 (°C)	49	68	72	68	66
TL02 (°C)	53	78	86	83	80
TL03 (°C)	69	87	93	88	84
TL04 (°C)	69	84	89	86	80
TL05 (°C)	74	86	92	87	83
TL06 (°C)	74	84	88	86	80
TL07 (°C)	76	80	84	82	78
TP (°C)	74	76	74	70	66
TV (°C)	44	52	56	53	51
TA (°C)	41	32.9	35	33	31

03-MAY-2006-L01



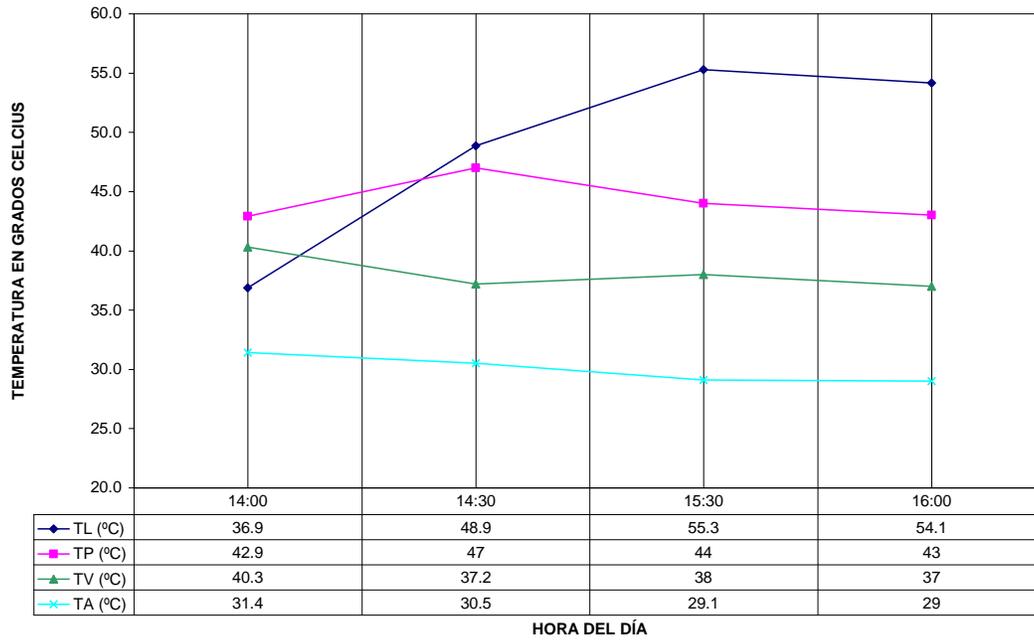
04-may-2006-L01	10:00	13:00	14:00	15:00	16:00
TL01 (°C)	38	88	90	80	66
TL02 (°C)	40	98	98	88	74
TL03 (°C)	54	100	100	92	78
TL04 (°C)	46	100	100	90	76
TL05 (°C)	58	98	96	90	74
TL06 (°C)	66	94	94	84	70
TL07 (°C)	70	84	84	78	66
TP (°C)	62	81	73	64	53
TV (°C)	47.5	62	58.7	48.3	43.3
TA (°C)	31	33.7	33.7	33.1	31.5

04-MAY-2006-L01



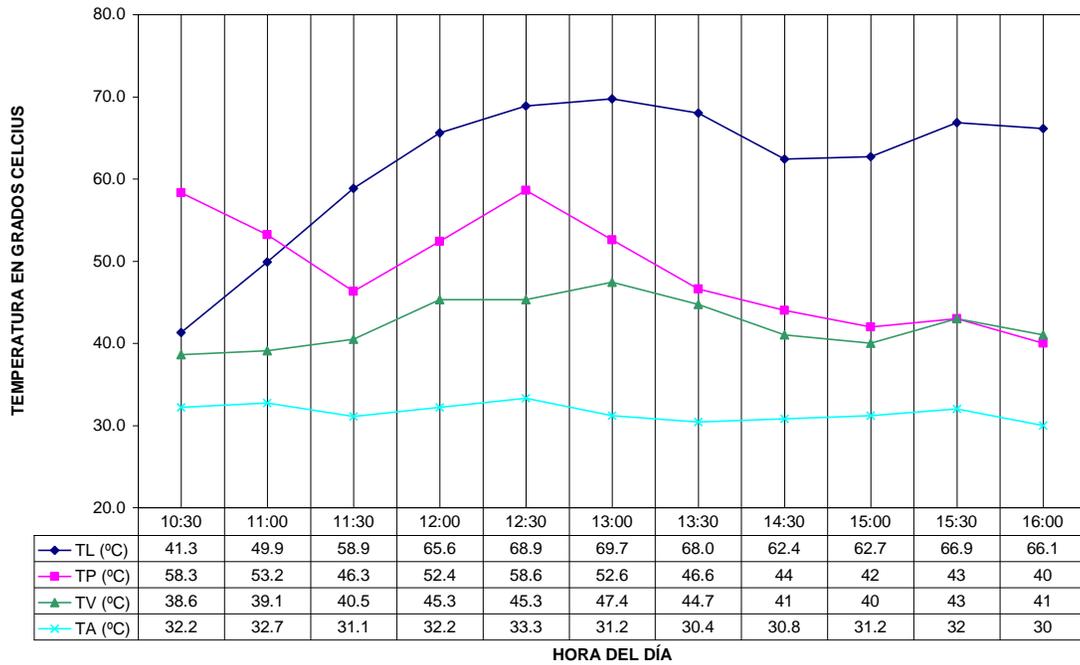
05-may-2006-L01	14:00	14:30	15:30	16:00
TL01 (°C)	32	46	51	50
TL02 (°C)	32	48	56	56
TL03 (°C)	36	48	56	56
TL04 (°C)	36	50	58	57
TL05 (°C)	40	50	56	54
TL06 (°C)	40	50	56	54
TL07 (°C)	42	50	54	52
TP (°C)	42.9	47	44	43
TV (°C)	40.3	37.2	38	37
TA (°C)	31.4	30.5	29.1	29

05-MAY-2006-L01



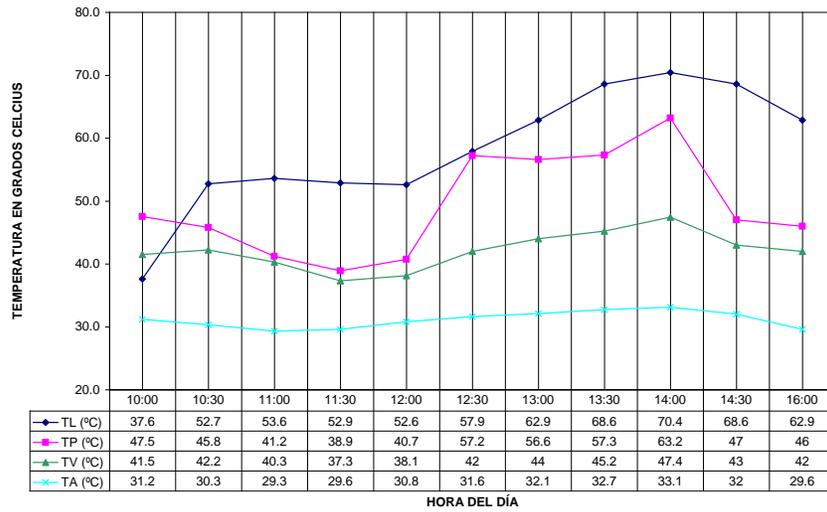
06-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:30	15:00	15:30	16:00
TL01 (°C)	40	49	58	62	65	66	62	58	58	60	60
TL02 (°C)	41	50	60	67	70	72	70	64	64	68	68
TL03 (°C)	41	50	60	68	73	73	72	66	67	70	70
TL04 (°C)	42	50	60	69	72	73	72	66	66	70	70
TL05 (°C)	41	50	60	66	70	71	70	64	64	70	69
TL06 (°C)	42	50	58	65	68	69	68	61	62	68	66
TL07 (°C)	42	50	56	62	64	64	62	58	58	62	60
TP (°C)	58.3	53.2	46.3	52.4	58.6	52.6	46.6	44	42	43	40
TV (°C)	38.6	39.1	40.5	45.3	45.3	47.4	44.7	41	40	43	41
TA (°C)	32.2	32.7	31.1	32.2	33.3	31.2	30.4	30.8	31.2	32	30

06-MAY-2006-L01



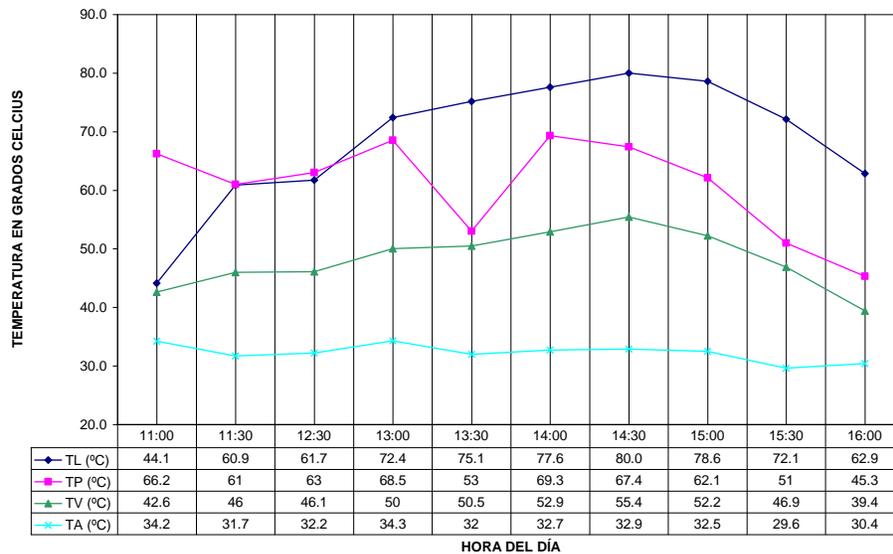
07-may-2006-L01	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	16:00
TL01 (°C)	36	52	52	50	50	54	60	64	65	66	56
TL02 (°C)	36	52	55	54	54	60	64	70	72	70	64
TL03 (°C)	38	53	54	54	54	60	66	72	74	72	66
TL04 (°C)	38	53	54	54	55	60	66	72	74	72	67
TL05 (°C)	37	52	54	54	53	59	64	70	72	70	66
TL06 (°C)	38	53	54	53	52	58	62	68	70	68	63
TL07 (°C)	40	54	52	51	50	54	58	64	66	62	58
TP (°C)	47.5	45.8	41.2	38.9	40.7	57.2	56.6	57.3	63.2	47	46
TV (°C)	41.5	42.2	40.3	37.3	38.1	42	44	45.2	47.4	43	42
TA (°C)	31.2	30.3	29.3	29.6	30.8	31.6	32.1	32.7	33.1	32	29.6

07-MAY-2006-L01



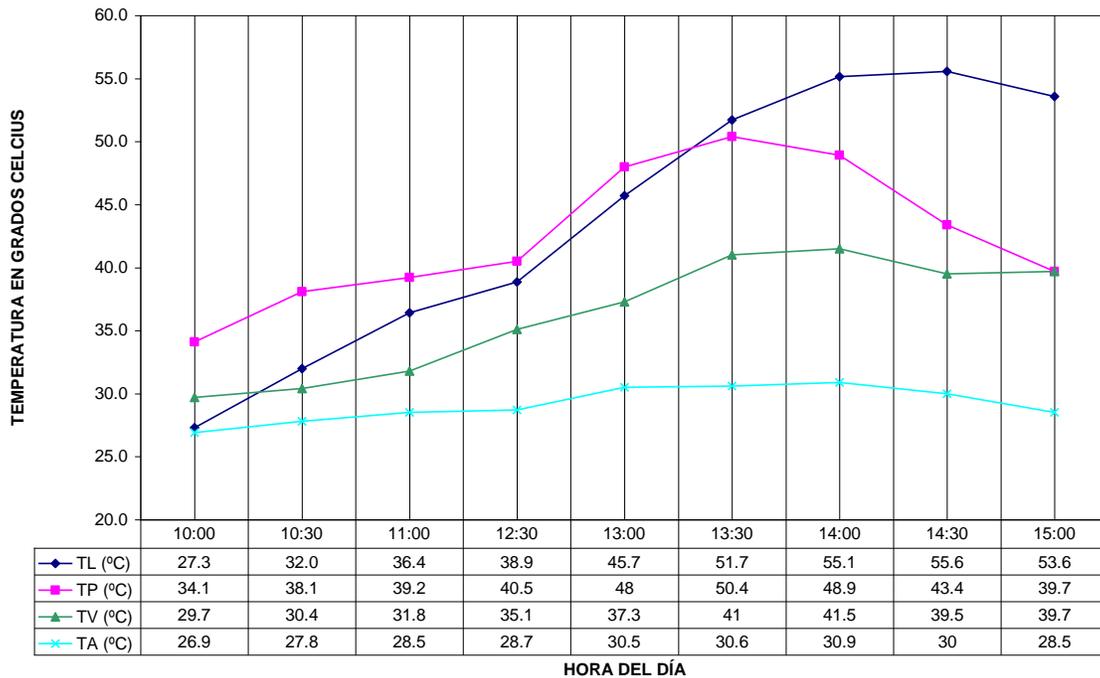
08-may-2006-L01	11:00	11:30	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TL01 (°C)	40	58	58	68	69	70	72	71	65	58
TL02 (°C)	42	60	63	74	77	80	82	81	75	64
TL03 (°C)	42	61	63	75	80	82	85	84	77	67
TL04 (°C)	43	61	64	76	79	82	85	83	76	66
TL05 (°C)	45	61	62	74	76	79	82	80	75	65
TL06 (°C)	47	62	62	72	75	78	80	79	71	62
TL07 (°C)	50	63	60	68	70	72	74	72	66	58
TP (°C)	66.2	61	63	68.5	53	69.3	67.4	62.1	51	45.3
TV (°C)	42.6	46	46.1	50	50.5	52.9	55.4	52.2	46.9	39.4
TA (°C)	34.2	31.7	32.2	34.3	32	32.7	32.9	32.5	29.6	30.4

08-MAY-2006-L01



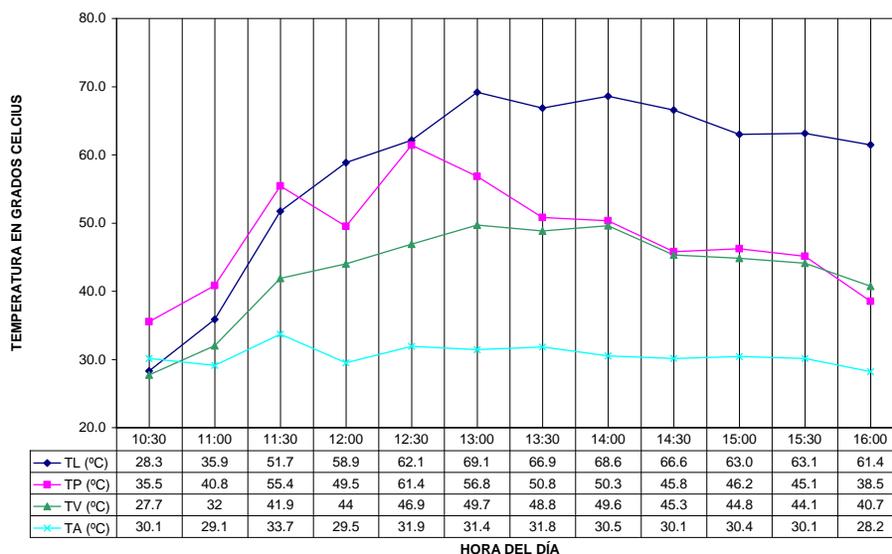
09-may-2006-L01	10:00	10:30	11:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
TL01 (°C)	26	31	35	38	44	45	52	52	50
TL02 (°C)	27	32	36	39	46	54	56	58	55
TL03 (°C)	26	31	35	39	46	53	56	57	56
TL04 (°C)	28	32	37	41	47	54	58	58	56
TL05 (°C)	28	32	36	39	46	53	56	57	55
TL06 (°C)	27	32	38	38	46	52	55	55	53
TL07 (°C)	29	34	38	38	45	51	53	52	50
TP (°C)	34.1	38.1	39.2	40.5	48	50.4	48.9	43.4	39.7
TV (°C)	29.7	30.4	31.8	35.1	37.3	41	41.5	39.5	39.7
TA (°C)	26.9	27.8	28.5	28.7	30.5	30.6	30.9	30	28.5

09-MAY-2006-L01



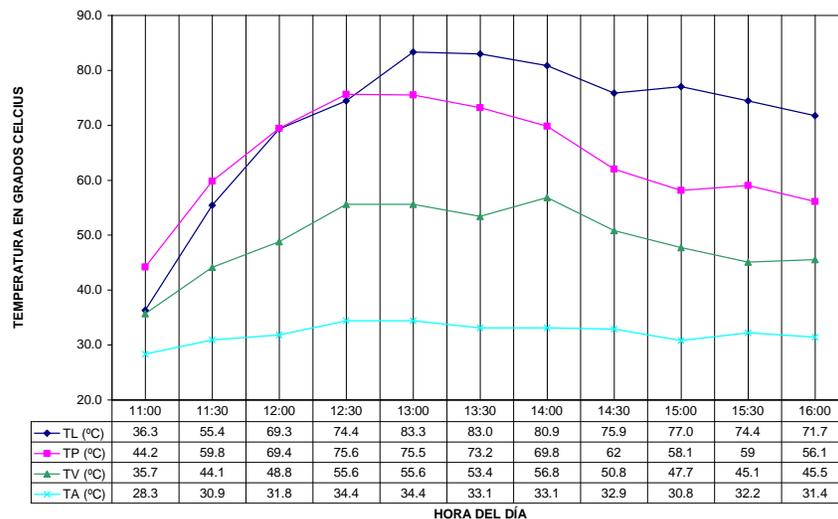
11-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TL01 (°C)	28	36	50	56	58	65	62	62	60	58	58	56
TL02 (°C)	28	36	52	60	64	71	70	70	70	65	64	64
TL03 (°C)	27	35	52	60	64	72	70	72	70	68	68	66
TL04 (°C)	28	36	54	60	65	72	70	72	70	66	68	64
TL05 (°C)	28	35	51	58	62	70	68	70	68	64	64	64
TL06 (°C)	29	36	52	60	62	69	66	70	68	62	62	60
TL07 (°C)	30	37	51	58	60	65	62	64	60	58	58	56
TP (°C)	35.5	40.8	55.4	49.5	61.4	56.8	50.8	50.3	45.8	46.2	45.1	38.5
TV (°C)	27.7	32	41.9	44	46.9	49.7	48.8	49.6	45.3	44.8	44.1	40.7
TA (°C)	30.1	29.1	33.7	29.5	31.9	31.4	31.8	30.5	30.1	30.4	30.1	28.2

11-MAY-2006-L01



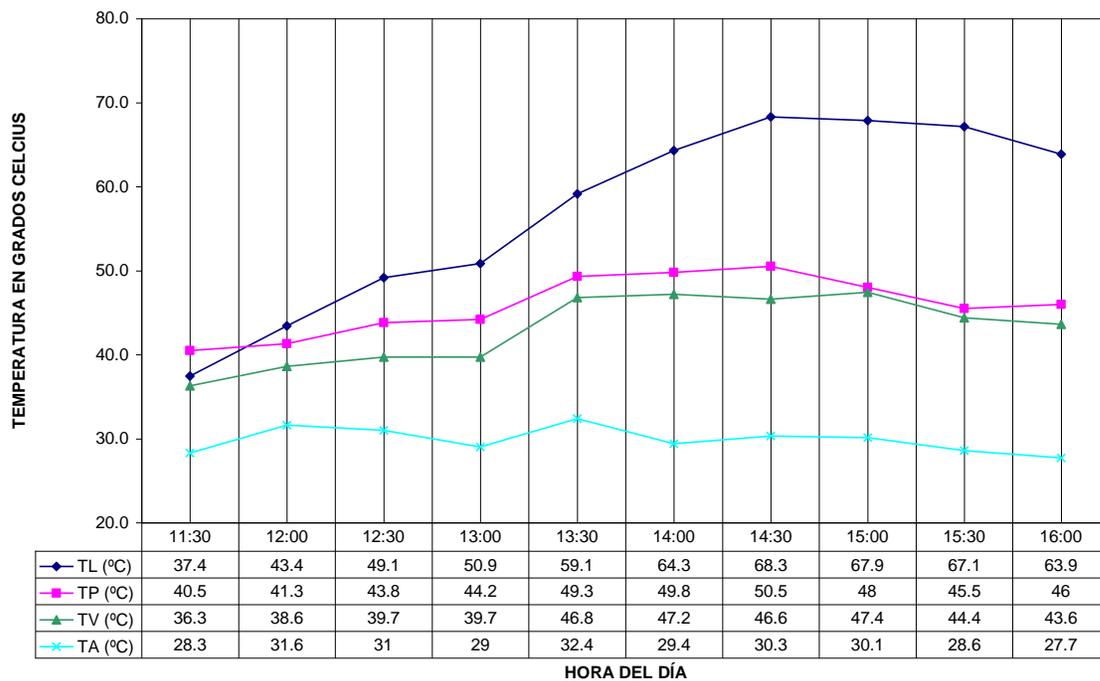
12-may-2006-L01	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TL01 (°C)	33	52	65	66	74	75	72	67	67	66	64
TL02 (°C)	33	54	69	68	84	84	82	79	78	77	74
TL03 (°C)	35	55	70	80	86	89	88	82	81	80	77
TL04 (°C)	36	56	72	81	87	89	86	80	80	78	75
TL05 (°C)	38	57	71	80	84	85	84	79	79	78	75
TL06 (°C)	39	57	70	78	82	83	80	75	75	74	71
TL07 (°C)	40	57	68	68	86	76	74	69	79	68	66
TP (°C)	44.2	59.8	69.4	75.6	75.5	73.2	69.8	62	58.1	59	56.1
TV (°C)	35.7	44.1	48.8	55.6	55.6	53.4	56.8	50.8	47.7	45.1	45.5
TA (°C)	28.3	30.9	31.8	34.4	34.4	33.1	33.1	32.9	30.8	32.2	31.4

12-MAY-2006-L01



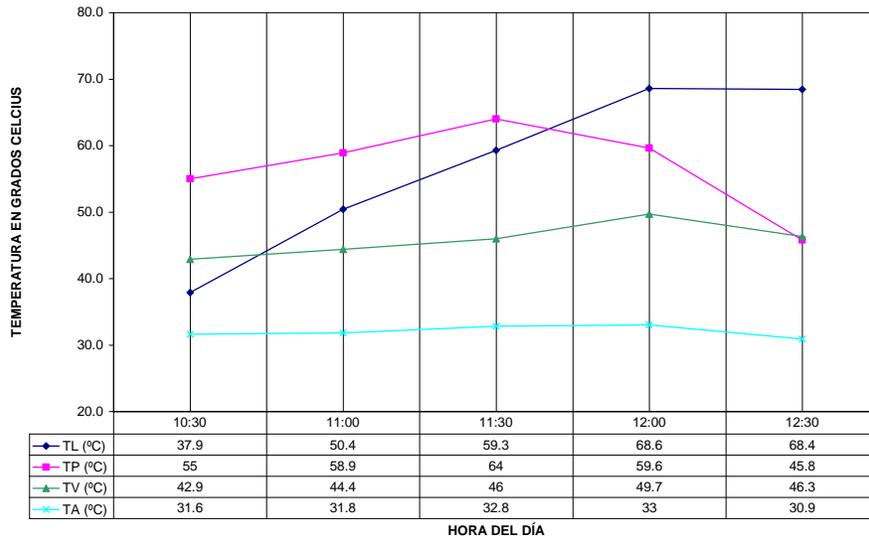
14-may-2006-L01	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TL01 (°C)	30	40	46	48	54	58	60	60	58	56
TL02 (°C)	34	42	48	50	60	64	70	70	70	66
TL03 (°C)	38	42	50	52	62	68	72	72	71	68
TL04 (°C)	38	44	50	52	60	68	72	72	71	68
TL05 (°C)	40	45	50	52	60	68	70	70	70	67
TL06 (°C)	41	46	50	52	60	64	70	68	68	64
TL07 (°C)	41	45	50	50	58	60	64	63	62	58
TP (°C)	40.5	41.3	43.8	44.2	49.3	49.8	50.5	48	45.5	46
TV (°C)	36.3	38.6	39.7	39.7	46.8	47.2	46.6	47.4	44.4	43.6
TA (°C)	28.3	31.6	31	29	32.4	29.4	30.3	30.1	28.6	27.7

14-MAY-2006-L01



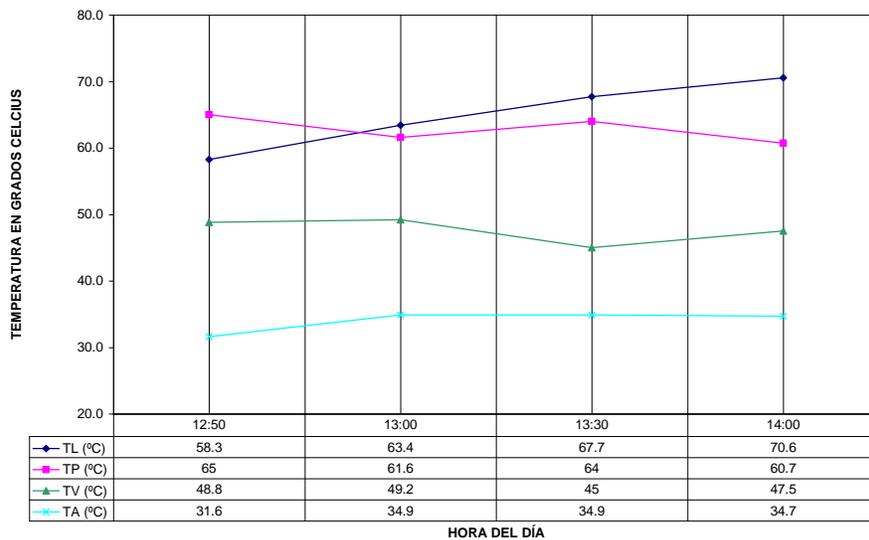
15-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
TL01 (°C)	36	49	56	63	62
TL02 (°C)	37	50	59	69	70
TL03 (°C)	36	50	60	70	72
TL04 (°C)	38	50	60	71	72
TL05 (°C)	38	50	59	69	70
TL06 (°C)	39	50	60	70	69
TL07 (°C)	41	54	61	68	64
TP (°C)	55	58.9	64	59.6	45.8
TV (°C)	42.9	44.4	46	49.7	46.3
TA (°C)	31.6	31.8	32.8	33	30.9

15-MAY-2006-L01



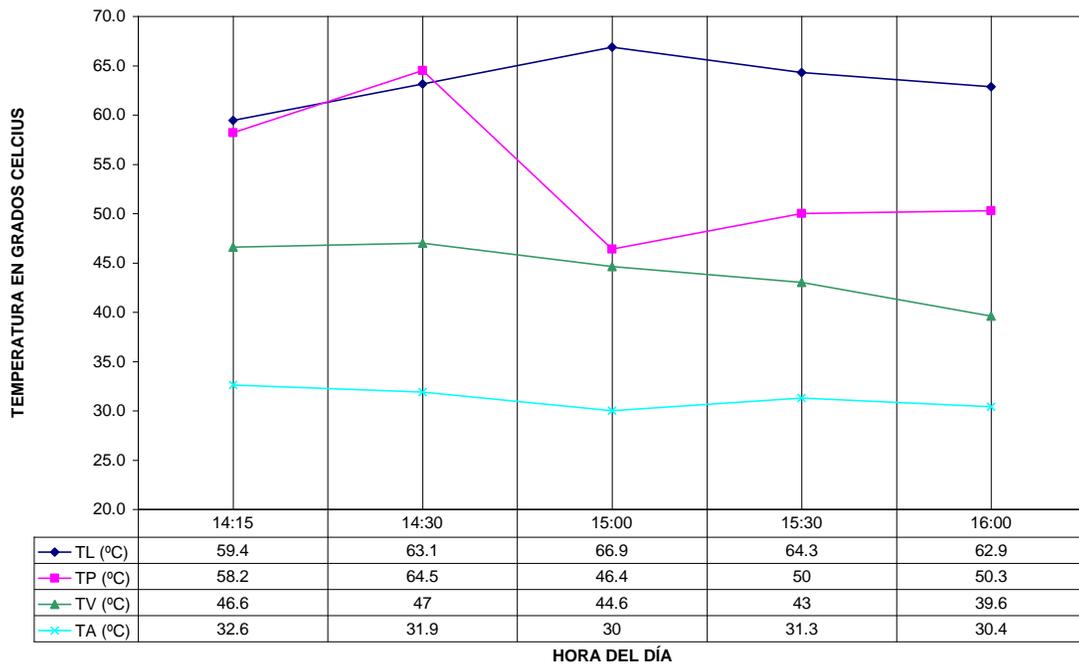
15-may-2006-L02	12:50	13:00	13:30	14:00
TL01 (°C)	43	52	58	61
TL02 (°C)	49	58	66	70
TL03 (°C)	53	60	67	72
TL04 (°C)	56	64	70	74
TL05 (°C)	64	68	71	74
TL06 (°C)	71	72	73	74
TL07 (°C)	72	70	69	69
TP (°C)	65	61.6	64	60.7
TV (°C)	48.8	49.2	45	47.5
TA (°C)	31.6	34.9	34.9	34.7

15-MAY-2006-L02



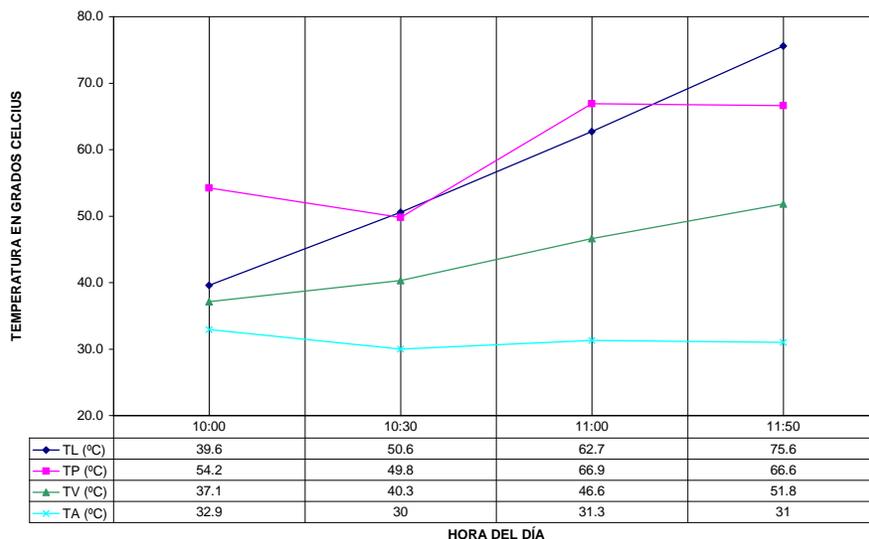
15-may-2006-L03	14:15	14:30	15:00	15:30	16:00
TL01 (°C)	45	52	58	55	54
TL02 (°C)	48	56	63	63	63
TL03 (°C)	53	58	65	65	65
TL04 (°C)	58	64	69	67	66
TL05 (°C)	68	70	72	69	67
TL06 (°C)	72	72	72	68	65
TL07 (°C)	72	70	69	63	60
TP (°C)	58.2	64.5	46.4	50	50.3
TV (°C)	46.6	47	44.6	43	39.6
TA (°C)	32.6	31.9	30	31.3	30.4

15-MAY-2006-L03



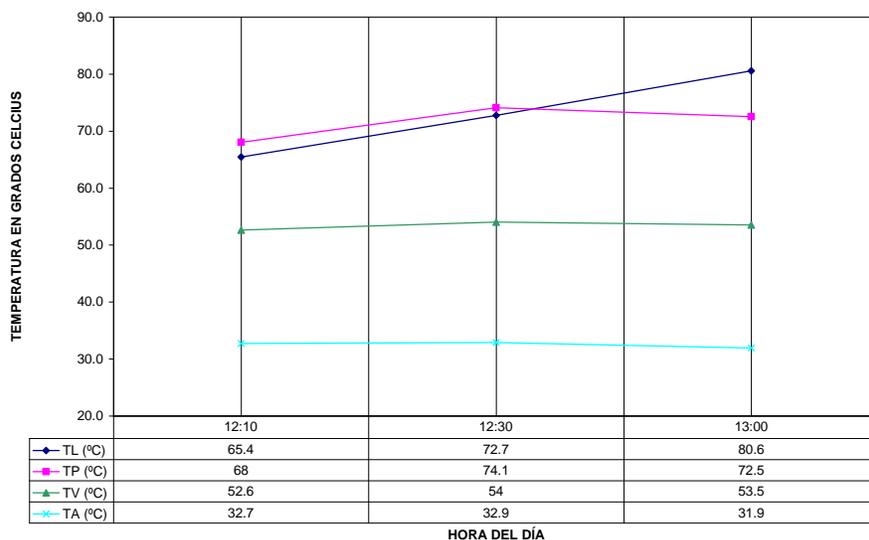
17-may-2006-L01	10:00	10:30	11:00	11:50
TL01 (°C)	40	49	58	66
TL02 (°C)	40	52	64	78
TL03 (°C)	40	52	65	80
TL04 (°C)	40	51	65	80
TL05 (°C)	39	50	64	77
TL06 (°C)	39	50	62	76
TL07 (°C)	39	50	61	72
TP (°C)	54.2	49.8	66.9	66.6
TV (°C)	37.1	40.3	46.6	51.8
TA (°C)	32.9	30	31.3	31

17-MAY-2006-L01



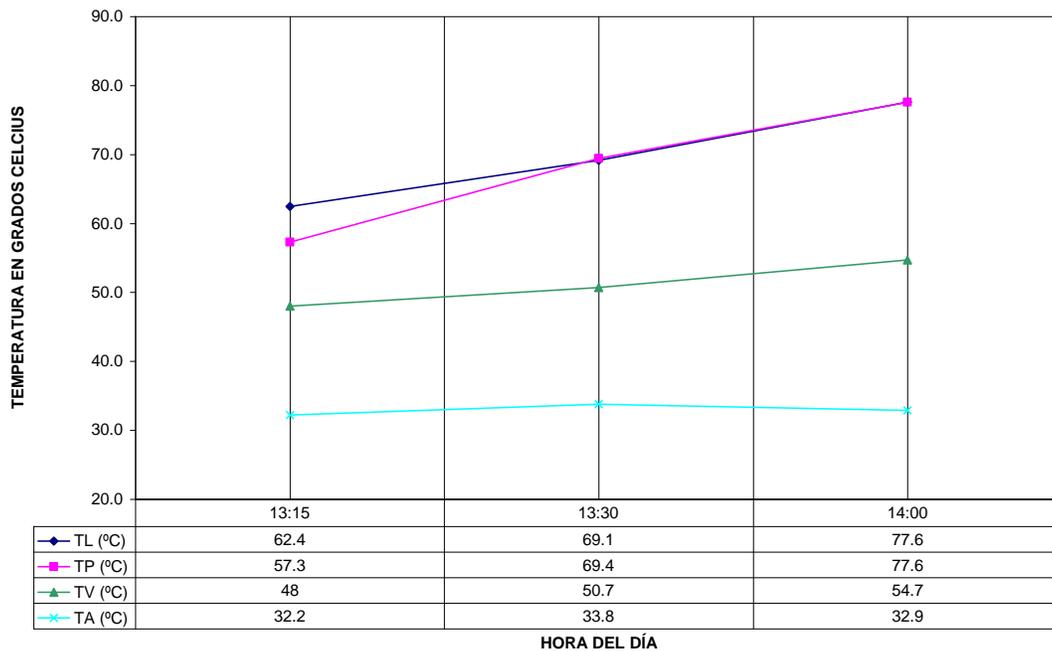
17-may-2006-L02	12:10	12:30	13:00
TL01 (°C)	45	58	67
TL02 (°C)	49	63	77
TL03 (°C)	65	68	82
TL04 (°C)	64	75	85
TL05 (°C)	75	81	87
TL06 (°C)	80	84	86
TL07 (°C)	80	80	80
TP (°C)	68	74.1	72.5
TV (°C)	52.6	54	53.5
TA (°C)	32.7	32.9	31.9

17-MAY-2006-L02



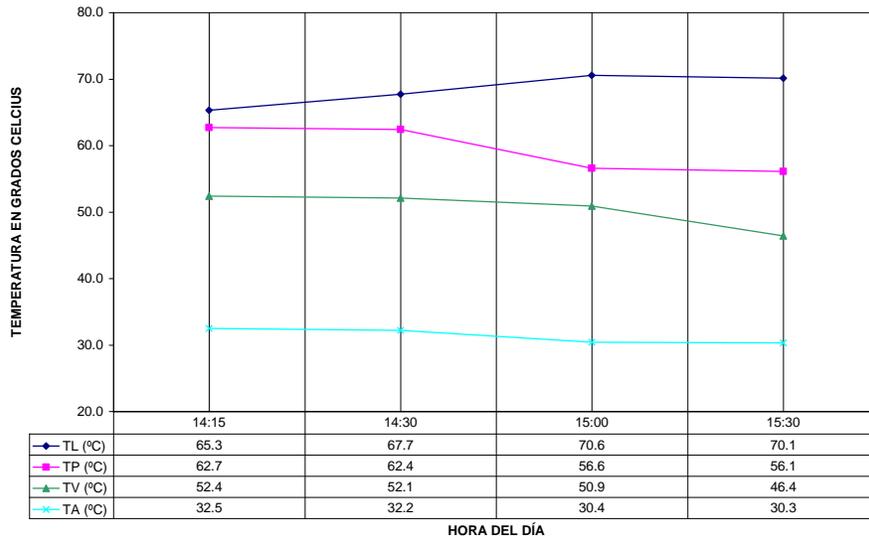
17-may-2006-L03	13:15	13:30	14:00
TL01 (°C)	43	54	64
TL02 (°C)	46	58	72
TL03 (°C)	54	62	76
TL04 (°C)	60	70	80
TL05 (°C)	74	78	84
TL06 (°C)	80	82	85
TL07 (°C)	80	80	82
TP (°C)	57.3	69.4	77.6
TV (°C)	48	50.7	54.7
TA (°C)	32.2	33.8	32.9

17-MAY-2006-L03



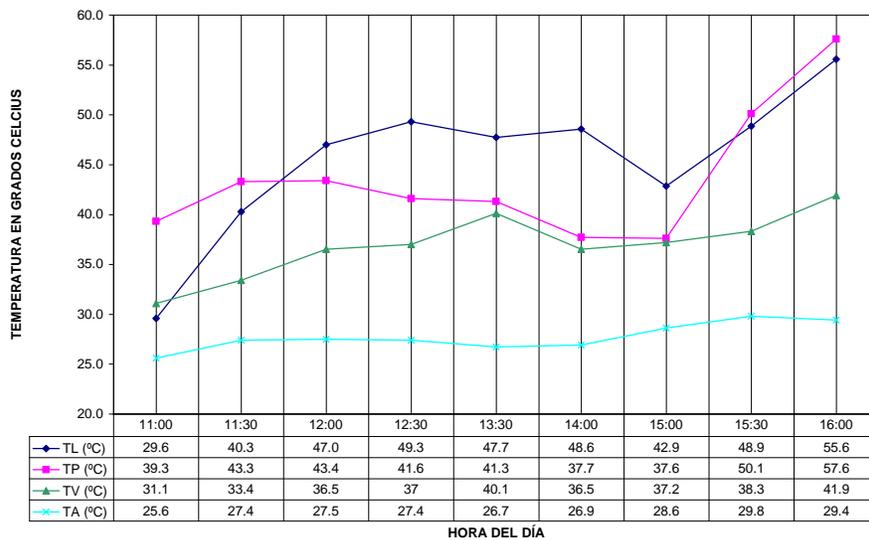
17-may-2006-L04	14:15	14:30	15:00	15:30
TL01 (°C)	46	53	58	60
TL02 (°C)	50	56	65	67
TL03 (°C)	56	61	68	70
TL04 (°C)	64	68	73	73
TL05 (°C)	76	77	78	76
TL06 (°C)	82	80	78	74
TL07 (°C)	83	79	74	71
TP (°C)	62.7	62.4	56.6	56.1
TV (°C)	52.4	52.1	50.9	46.4
TA (°C)	32.5	32.2	30.4	30.3

17-MAY-2006-L04



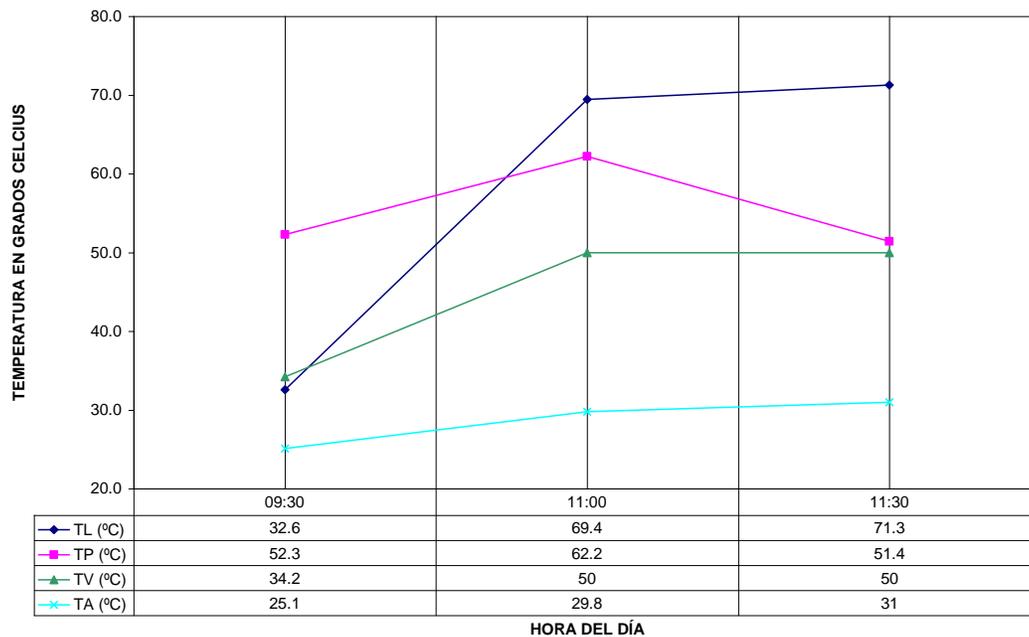
18-may-2006-L01	11:00	11:30	12:00	12:30	13:30	14:00	15:00	15:30	16:00
TL01 (°C)	28	40	45	46	44	46	40	46	52
TL02 (°C)	29	40	48	51	48	50	44	50	56
TL03 (°C)	29	40	47	50	50	50	45	50	58
TL04 (°C)	30	40	48	51	50	50	45	50	58
TL05 (°C)	30	40	47	50	48	50	44	50	56
TL06 (°C)	30	40	47	49	48	48	42	48	55
TL07 (°C)	31	42	47	48	46	46	40	48	54
TP (°C)	39.3	43.3	43.4	41.6	41.3	37.7	37.6	50.1	57.6
TV (°C)	31.1	33.4	36.5	37	40.1	36.5	37.2	38.3	41.9
TA (°C)	25.6	27.4	27.5	27.4	26.7	26.9	28.6	29.8	29.4

18-MAY-2006-L01



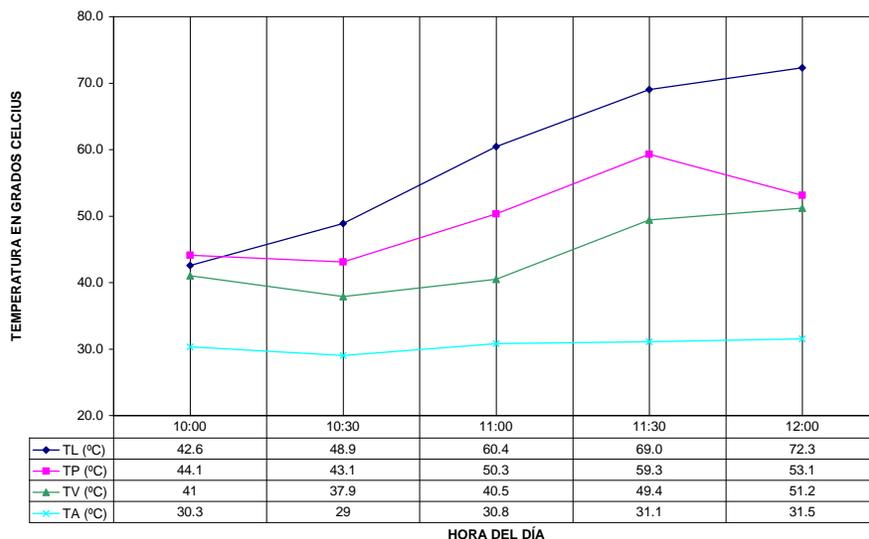
19-may-2006-L01	09:30	11:00	11:30
TL01 (°C)	31	65	65
TL02 (°C)	31	71	73
TL03 (°C)	32	72	75
TL04 (°C)	32	72	75
TL05 (°C)	32	70	73
TL06 (°C)	34	70	71
TL07 (°C)	36	66	67
TP (°C)	52.3	62.2	51.4
TV (°C)	34.2	50	50
TA (°C)	25.1	29.8	31

19-MAY-2006-L01



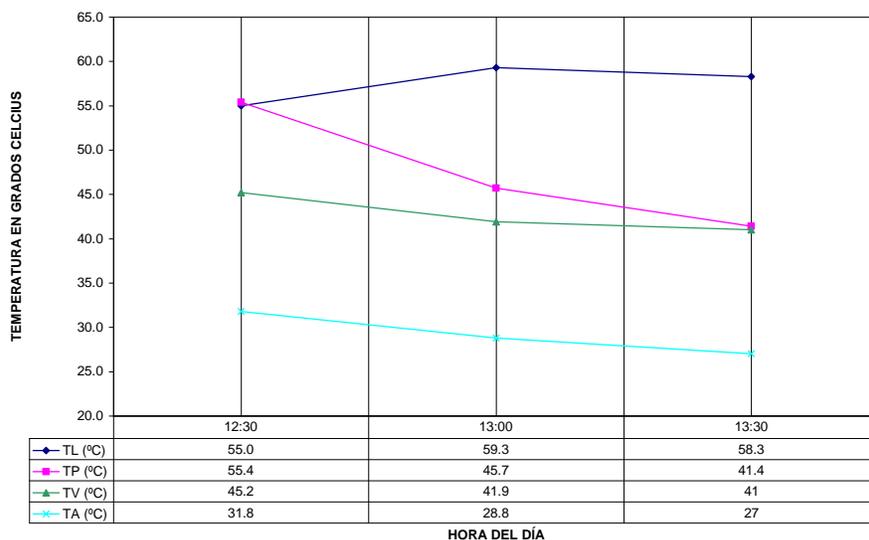
21-may-2006-L01	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00
TL01 (°C)	40	47	58	64	66
TL02 (°C)	40	48	60	70	74
TL03 (°C)	42	48	63	70	76
TL04 (°C)	44	50	62	71	76
TL05 (°C)	42	49	60	70	74
TL06 (°C)	45	50	60	70	72
TL07 (°C)	45	50	60	68	68
TP (°C)	44.1	43.1	50.3	59.3	53.1
TV (°C)	41	37.9	40.5	49.4	51.2
TA (°C)	30.3	29	30.8	31.1	31.5

21-MAY-2006-L01



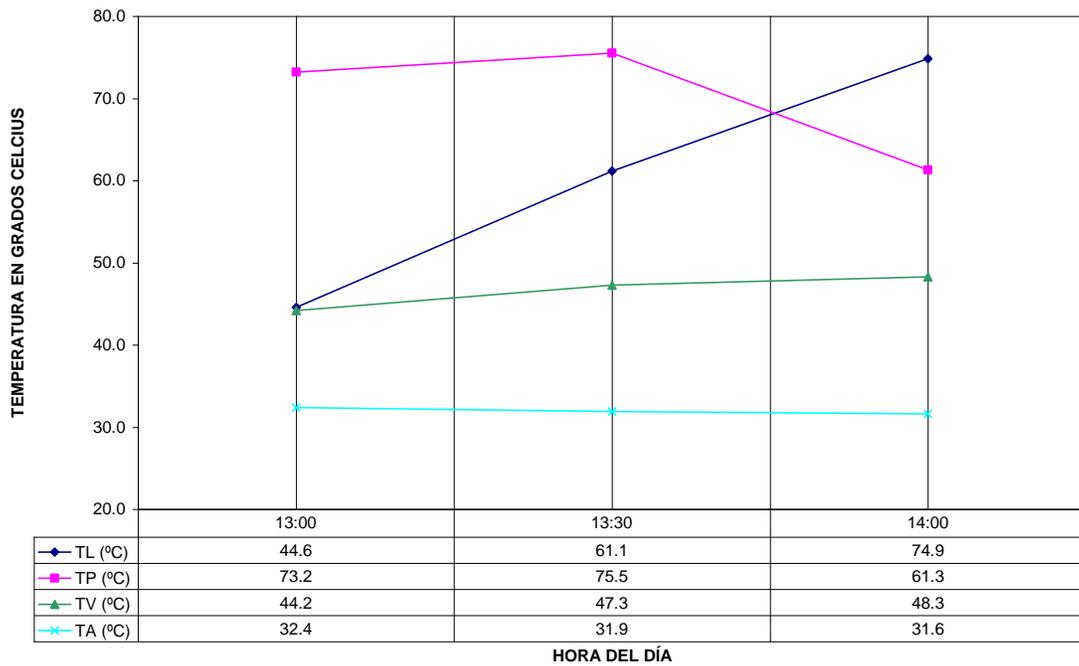
21-may-2006-L02	12:30	13:00	13:30
TL01 (°C)	49	54	52
TL02 (°C)	50	56	58
TL03 (°C)	52	58	60
TL04 (°C)	54	60	60
TL05 (°C)	56	60	60
TL06 (°C)	60	63	60
TL07 (°C)	64	64	58
TP (°C)	55.4	45.7	41.4
TV (°C)	45.2	41.9	41
TA (°C)	31.8	28.8	27

21-MAY-2006-L02



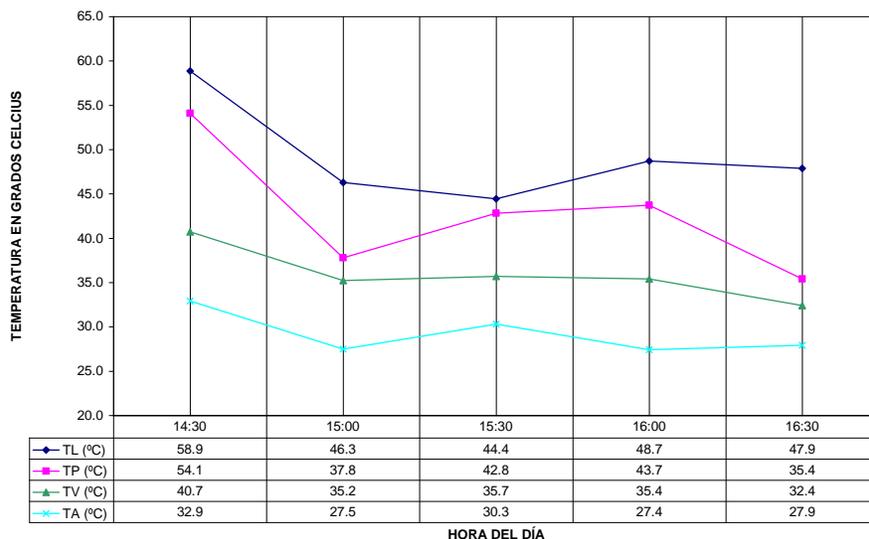
22-may-2006-L01	13:00	13:30	14:00
TL01 (°C)	38	54	68
TL02 (°C)	38	58	72
TL03 (°C)	42	60	78
TL04 (°C)	42	62	78
TL05 (°C)	48	63	78
TL06 (°C)	50	66	76
TL07 (°C)	54	65	74
TP (°C)	73.2	75.5	61.3
TV (°C)	44.2	47.3	48.3
TA (°C)	32.4	31.9	31.6

22-MAY-2006-L01



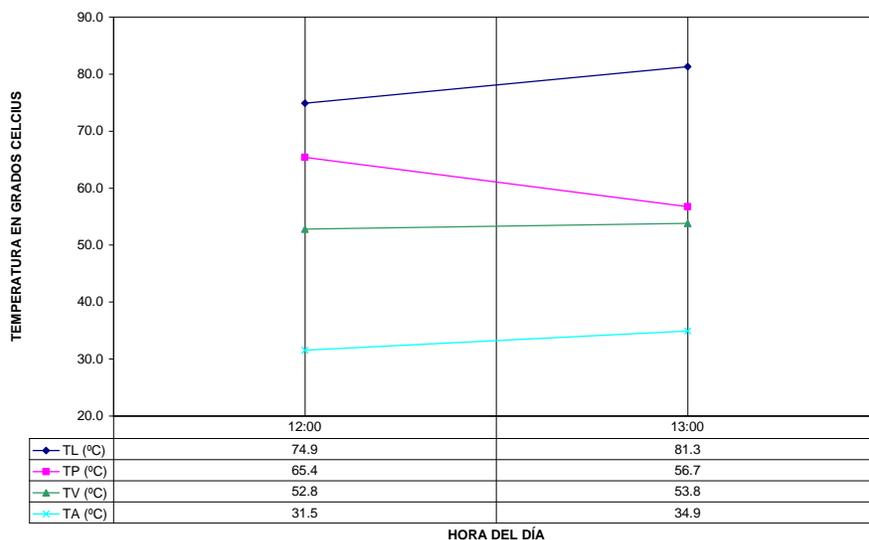
25-may-2006-L01	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30
TL01 (°C)	59	46	42	46	45
TL02 (°C)	59	48	44	50	48
TL03 (°C)	59	48	46	50	49
TL04 (°C)	59	46	46	50	50
TL05 (°C)	59	46	45	49	49
TL06 (°C)	58	44	44	48	48
TL07 (°C)	59	46	44	48	46
TP (°C)	54.1	37.8	42.8	43.7	35.4
TV (°C)	40.7	35.2	35.7	35.4	32.4
TA (°C)	32.9	27.5	30.3	27.4	27.9

25-MAY-2006-L01



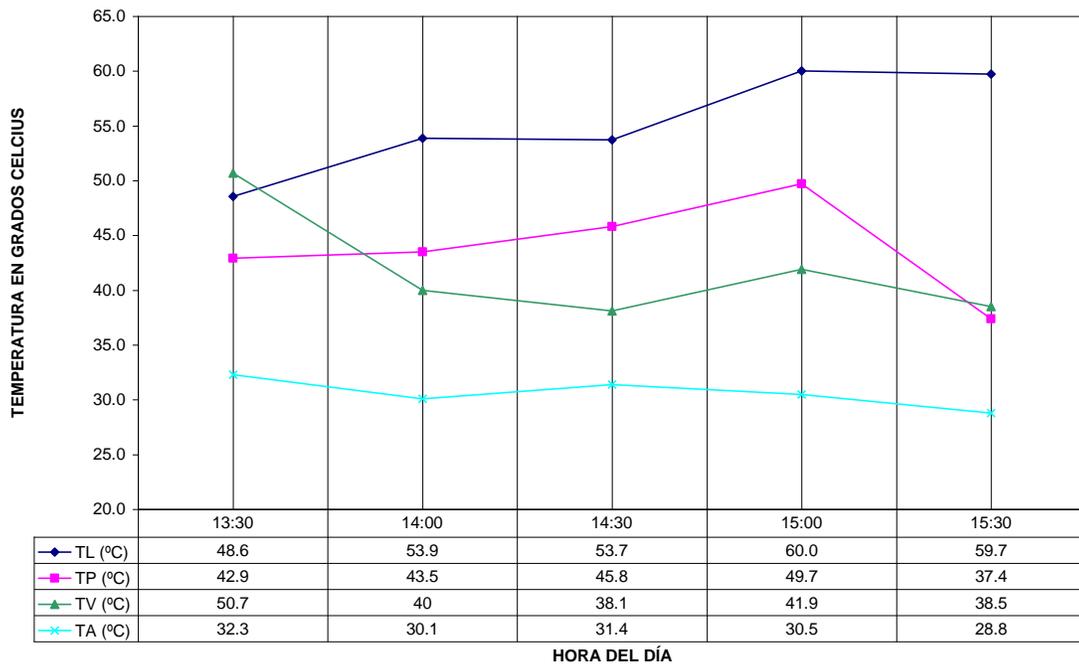
27-may-2006-L01	12:00	13:00
TL01 (°C)	66	72
TL02 (°C)	72	84
TL03 (°C)	79	87
TL04 (°C)	77	86
TL05 (°C)	79	84
TL06 (°C)	79	82
TL07 (°C)	72	74
TP (°C)	65.4	56.7
TV (°C)	52.8	53.8
TA (°C)	31.5	34.9

27-MAY-2006-L01



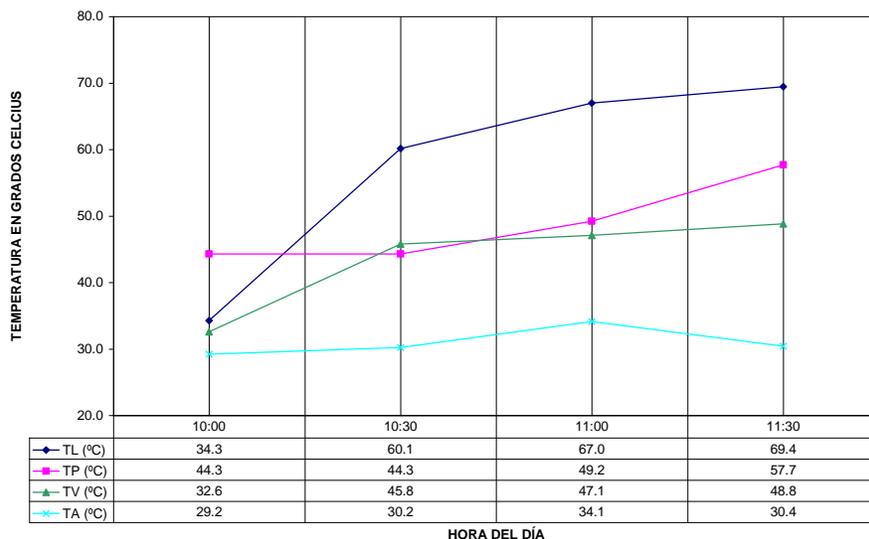
27-may-2006-L02	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30
TL01 (°C)	49	54	52	54	53
TL02 (°C)	48	55	55	62	61
TL03 (°C)	46	54	55	62	63
TL04 (°C)	44	54	54	62	62
TL05 (°C)	48	54	54	62	61
TL06 (°C)	51	54	54	60	60
TL07 (°C)	54	52	52	58	58
TP (°C)	42.9	43.5	45.8	49.7	37.4
TV (°C)	50.7	40	38.1	41.9	38.5
TA (°C)	32.3	30.1	31.4	30.5	28.8

27-MAY-2006-L02



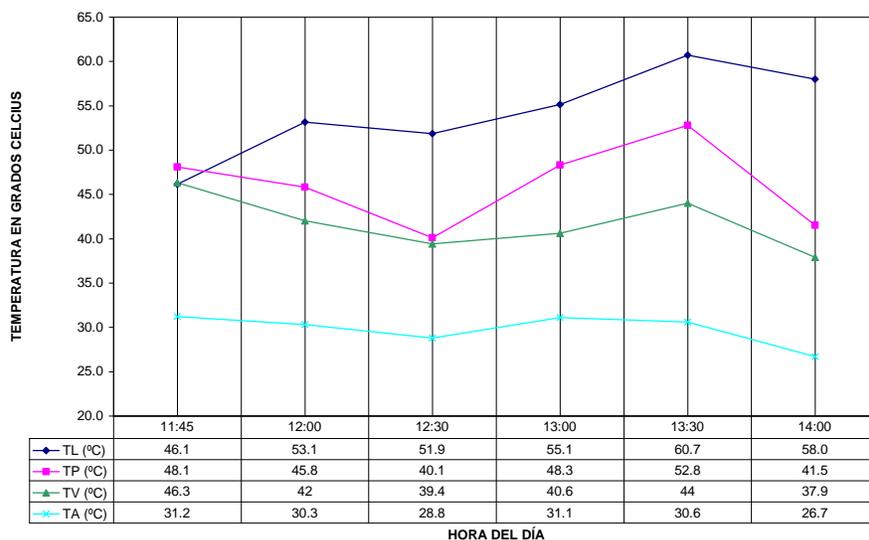
28-may-2006-L01	10:00	10:30	11:00	11:30
TL01 (°C)	32	57	62	64
TL02 (°C)	32	60	66	70
TL03 (°C)	34	62	68	72
TL04 (°C)	34	62	69	72
TL05 (°C)	34	60	68	70
TL06 (°C)	36	60	68	70
TL07 (°C)	38	60	68	68
TP (°C)	44.3	44.3	49.2	57.7
TV (°C)	32.6	45.8	47.1	48.8
TA (°C)	29.2	30.2	34.1	30.4

28-MAY-2006-L01



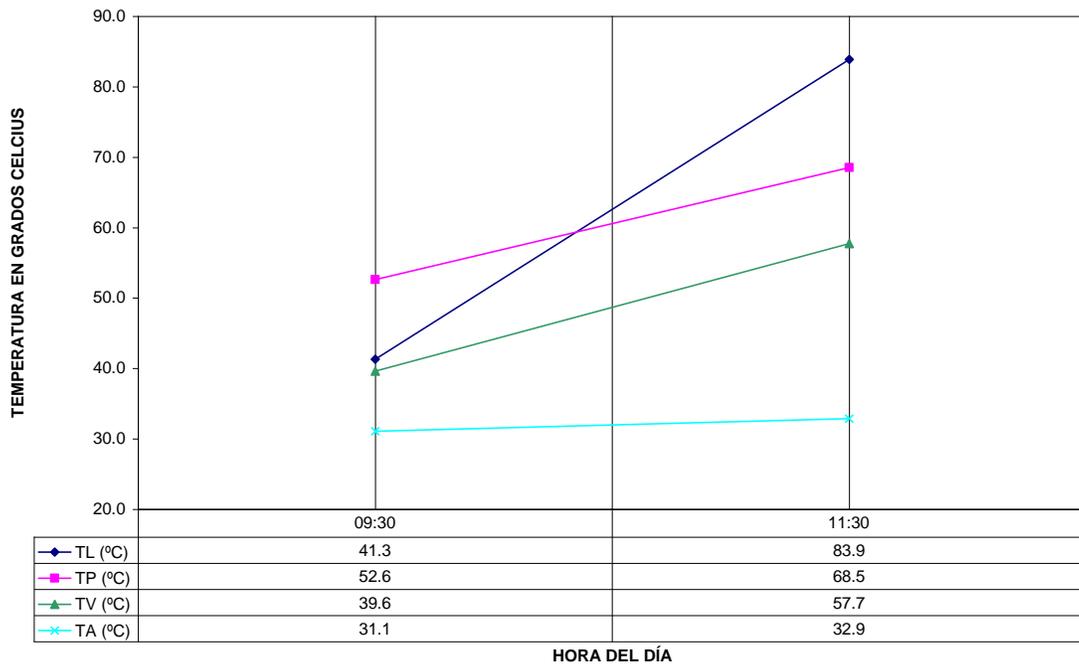
28-may-2006-L02	11:45	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00
TL01 (°C)	42	52	50	52	57	54
TL02 (°C)	42	54	52	55	62	60
TL03 (°C)	44	52	52	56	62	60
TL04 (°C)	42	52	53	56	63	60
TL05 (°C)	48	53	52	57	62	60
TL06 (°C)	50	54	52	56	61	58
TL07 (°C)	55	55	52	54	58	54
TP (°C)	48.1	45.8	40.1	48.3	52.8	41.5
TV (°C)	46.3	42	39.4	40.6	44	37.9
TA (°C)	31.2	30.3	28.8	31.1	30.6	26.7

28-MAY-2006-L02



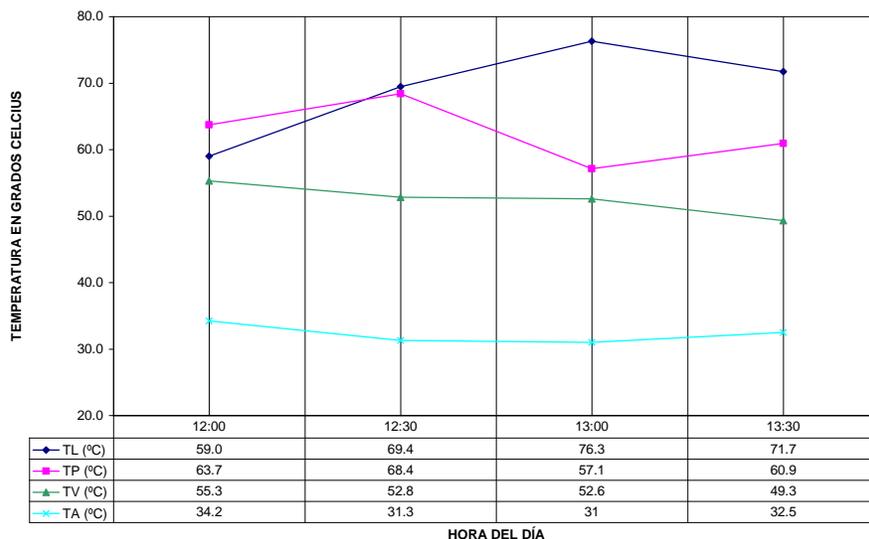
29-may-2006-L01	09:30	11:30
TL01 (°C)	44	82
TL02 (°C)	44	86
TL03 (°C)	44	90
TL04 (°C)	40	87
TL05 (°C)	39	84
TL06 (°C)	39	82
TL07 (°C)	39	76
TP (°C)	52.6	68.5
TV (°C)	39.6	57.7
TA (°C)	31.1	32.9

29-MAY-2006-L01



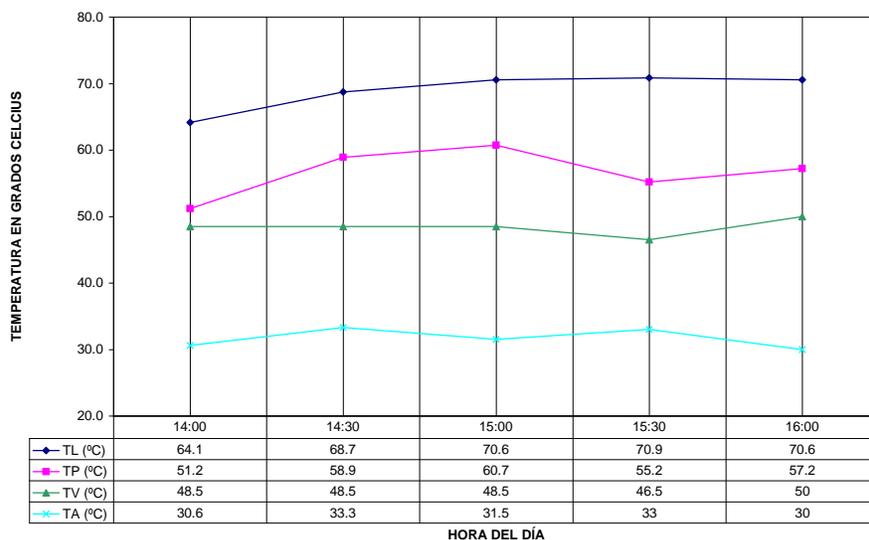
29-may-2006-L02	12:00	12:30	13:00	13:30
TL01 (°C)	46	60	68	64
TL02 (°C)	49	65	75	72
TL03 (°C)	53	67	78	76
TL04 (°C)	53	70	78	74
TL05 (°C)	62	72	79	75
TL06 (°C)	71	76	80	73
TL07 (°C)	79	76	76	68
TP (°C)	63.7	68.4	57.1	60.9
TV (°C)	55.3	52.8	52.6	49.3
TA (°C)	34.2	31.3	31	32.5

29-MAY-2006-L02



29-may-2006-L03	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TL01 (°C)	56	63	65	66	66
TL02 (°C)	54	64	69	70	70
TL03 (°C)	58	67	72	72	73
TL04 (°C)	64	70	73	74	73
TL05 (°C)	72	74	74	74	73
TL06 (°C)	73	73	73	72	71
TL07 (°C)	72	70	68	68	68
TP (°C)	51.2	58.9	60.7	55.2	57.2
TV (°C)	48.5	48.5	48.5	46.5	50
TA (°C)	30.6	33.3	31.5	33	30

29-MAY-2006-L03



9.3 ANEXO 03: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS REALIZADOS AL AGUA DE POZO SIN TRATAMIENTO



CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
 Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
 ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 09 de Mayo de 2006

N° de Solicitud SA0303	N° de Reporte: RA1719
Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza	Agua de Pozo
Fecha de Muestreo:	02/05/06
Fecha de Análisis:	02-09/05/06
Muestreado por personal de:	Ing. Erick Roque

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO – 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	300	APHA –AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	6	APHA –AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA – AWWA-WEF-9260**	Ausencia

***Análisis Acreditado**

**Standard Methods for the examination of water and wastewater 20 th.Edition

APHA: American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: Límites Máximos Permisibles.

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

OBSERVACION: Un numero mayor de 100 microorganismos por ml en el Recuento total de Bacterias Heterotrofas, es señal de que deben tomarse medidas correctivas e indica la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación.

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V – CCCI

República de El Salvador
 C. S. S. P.
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS CENTRO
 DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
 N° Insc. 01
 Prop. SOCIEDAD CENTRO DE CONTROL

Sulma Yanira Reyes de Serpas
 Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.
 Directora Técnica



El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

Página 1 de 1

CALIDAD EN LOS SERVICIOS ES NUESTRO CENTRO DE ESFUERZO



CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 29 de Mayo de 2006

N° de Solicitud SA0356	N° de Reporte: RA1946
---------------------------	--------------------------

Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza	Agua de Pozo Muestra 2
Fecha de Muestreo:	23/05/06
Fecha de Análisis:	23-29/05/06
Muestreado por personal de:	Ing. Erick Roque

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO – 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	700	APHA –AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	5	APHA –AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA – AWWA-WEF-9260**	Ausencia

***Análisis Acreditado**

**Standard Methods for the examination of water and wastewater 20 th.Edition

APHA:- American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: Límites Máximos Permisibles.

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

OBSERVACION: Un numero mayor de 100 microorganismos por ml en el Recuento total de Bacterias Heterotroficas, es señal de que deben tomarse medidas correctivas e indica la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación.

Los resultados obtenidos en Coliformes Totales están fuera de los parámetros que la norma especifica.

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A. DE C.V. - CCCI

Per. [Firma]
Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.
Directora Técnica



El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

Página 1 de 1



CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 03 de junio de 2006

N° de Solicitud SA0368	N° de Reporte: RA 2005
---------------------------	---------------------------

Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza	Agua de Pozo Sin tratamiento
Fecha de Muestreo:	29/05/06
Fecha de Análisis:	29/05-03/06/06
Muestreado por personal de:	Ing. Roberto Rivera

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO - 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	800	APHA -AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	70	APHA -AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA -AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA -AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA - AWWA-WEF-9260**	Ausencia

*Análisis Acreditado

**Standard Methods for the examination of water and wastewater 20 th.Edition

APHA:- American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: Límites Máximos Permisibles.

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

OBSERVACION: Un numero mayor de 100 microorganismos por ml en el Recuento total de Bacterias Heterotrofas, es señal de que deben tomarse medidas correctivas e indica la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación.

Los resultados obtenidos en Coliformes Totales están fuera de los parámetros que la norma especifica.

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V - CCCI

Sulma Yanira Reyes de Serpas
Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.

Directora Técnica

El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

República de El Salvador C. S. S. P. LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V. N° Insc. 01 Prop. SOCIEDAD CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V. San Salvador, Depto. San Salvador.
--

Página 1 de 1

9.4 ANEXO 04: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS REALIZADOS AL AGUA DE POZO PASTEURIZADA



CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 12 de Mayo de 2006

N° de Solicitud SA0310	N° de Reporte: RA1758
Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza	Agua de Pozo
Fecha de Muestreo:	07/05/06
Fecha de Análisis:	08-12/05/06
Muestreado por personal de:	Ing. Erick Roque

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO – 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	2	APHA –AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA – AWWA-WEF-9260**	Ausencia

***Análisis Acreditado**

**Standard Methods for the examination of water and wastewater 20 th.Edition

APHA-: American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: **Limites Máximos Permisibles.**

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V – CCCI

Sulma Yanira Reyes de Serpas
Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.
Directora Técnica



El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

Página 1 de 1



CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 12 de Mayo de 2006

N° de Solicitud SA0310	N° de Reporte: RA1759
---------------------------	--------------------------

Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturalza	Agua de Pozo
Fecha de Muestreo:	08/05/06
Fecha de Análisis:	08-12/05/06
Muestreado por personal de:	Ing. Erick Roque

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO – 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesófilas* UFC/ml	20	APHA –AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA –AWWA-WEF-9260**	Ausencia

***Análisis Acreditado**

**Standard Methods for the examination of water and wastewater 20 th.Edition

APHA:- American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: Límites Máximos Permisibles.

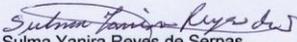
NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V – CCCI


Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.
Directora Técnica



El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

Página 1 de 1



CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 16 de Mayo de 2006

N° de Solicitud SA0319	N° de Reporte: RA1777
Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza	Agua de Pozo
Fecha de Muestreo:	11/05/06
Fecha de Análisis:	11-16/05/06
Muestreado por personal de:	Ing. Roberto Rivera

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO - 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	40	APHA -AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	12	APHA -AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA -AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA -AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA - AWWA-WEF-9260**	Ausencia

***Análisis Acreditado**

**Standard Methods for the examination of water and wastewater-20 th Edition

APHA:- American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: **Limites Máximos Permisibles.**

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

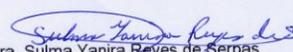
OBSERVACIONES: Los resultados obtenidos están fuera de los parámetros que la norma especifica en el análisis de Coliformes Totales.

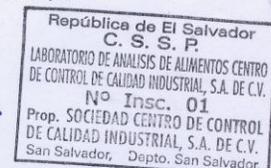
Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente, el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V - CCCI


Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.
Directora Técnica



El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

Página 1 de 1

**CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.**

Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933

ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 17 de Mayo de 2006

N° de Solicitud SA0324	N° de Reporte: RA1790
Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza	Agua de Pozo
Fecha de Muestreo:	12/05/06
Fecha de Análisis:	12-17/05/06
Muestreado por personal de:	Ing. Roberto Rivera

**REPORTE DE ANÁLISIS
POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA**

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO – 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	10	APHA –AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	8	APHA –AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA – AWWA-WEF-9260**	Ausencia

***Análisis Acreditado**

**Standard Methods for the examination of water and wastewater - 20 th.Edition

APHA-: American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: **Limites Máximos Permisibles.**

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

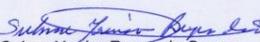
OBSERVACIONES: Los resultados obtenidos están fuera de los parámetros que la norma especifica en el análisis de Coliformes Totales.

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V – CCCI


Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.
Directora Técnica

República de El Salvador C. S. S. P. LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V. N° Insc. 01 Prop. SOCIEDAD CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V. San Salvador, Depto. San Salvador.
--

El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

Página 1 de 1



CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 21 de Mayo de 2006

N° de Solicitud SA0329	N° de Reporte: RA1798
Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza	Agua de Pozo Hora: 12:30
Fecha de Muestreo:	15/05/06
Fecha de Análisis:	15-20/05/06
Muestreado por personal de:	Ing. Roberto Rivera

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO - 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	900	APHA -AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	5	APHA -AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA -AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA -AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA - AWWA-WEF-9260**	Ausencia

*Análisis Acreditado

**Standard Methods for the examination of water and wastewater 20 th Edition

APHA-: American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: Límites Máximos Permisibles.

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

OBSERVACION: Un numero mayor de 100 microorganismos por ml en el Recuento total de Bacterias Heterotrofas, es señal de que deben tomarse medidas correctivas e indica la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación.

Los resultados obtenidos en Coliformes Totales están fuera de los parámetros que la norma especifica.

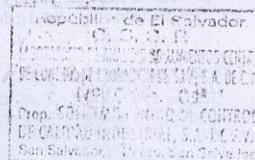
Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V - CCCI

Sulma Yanira Reyes de Scrpas.
Dra. Sulma Yanira Reyes de Scrpas.
Directora Técnica



El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

Página 1 de 1



CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 21 de Mayo de 2006

N° de Solicitud SA0329	N° de Reporte: RA1799
Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección:	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza:	Agua de Pozo Hora: 14:00
Fecha de Muestreo:	15/05/06
Fecha de Análisis:	15-20/05/06
Muestreado por personal de:	Ing. Roberto Rivera

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO - 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	700	APHA -AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	400	APHA -AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA -AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA -AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA - AWWA-WEF-9260**	Ausencia

*Análisis Acreditado

**Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20 th.Edition

APHA- American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: Límites Máximos Permisibles.

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

OBSERVACION: Un número mayor de 100 microorganismos por ml en el Recuento total de Bacterias Heterotrofas, es señal de que deben tomarse medidas correctivas e indica la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación.

Los resultados obtenidos en Coliformes Totales están fuera de los parámetros que la norma específica.

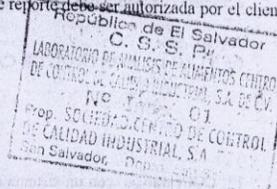
Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V - CCCI

Sulma Yaniza Reyes de Serpas
Dra. Sulma Yaniza Reyes de Serpas.
Directora Técnica



El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC: 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

Página 1 de 1



CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 21 de Mayo de 2006

N° de Solicitud SA0329	N° de Reporte: RA1800
Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección:	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza	Agua de Pozo Hora: 16:00
Fecha de Muestreo:	15/05/06
Fecha de Análisis:	15-20/05/06
Muestreado por personal de:	Ing. Roberto Rivera

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO - 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	600	APHA -AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	4	APHA -AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA -AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA -AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA - AWWA-WEF-9260**	Ausencia

***Análisis Acreditado**

**Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20 th Edition

APHA-: American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: Límites Máximos Permisibles.

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

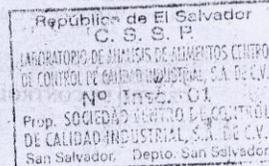
OBSERVACION: Un número mayor de 100 microorganismos por ml en el Recuento total de Bacterias Heterotrofas, es señal de que deben tomarse medidas correctivas e indica la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación.
Los resultados obtenidos en Coliformes Totales están fuera de los parámetros que la norma especifica.

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.
Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente: el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V - CCCI

Sulma Yanira Reyes de Serpas
Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.
Directora Técnica



El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

Página 1 de 1



CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 23 de Mayo de 2006

N° de Solicitud: SA0350	N° de Reporte: RA1924
----------------------------	--------------------------

Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección:	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza:	Agua de Pozo Hora: 11:30
Fecha de Muestreo:	19/05/06
Fecha de Análisis:	19-23/05/06
Muestreado por personal de:	Ing. Roberto Rivera

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO - 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	30	APHA -AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	7	APHA -AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA -AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA -AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA -AWWA-WEF-9260**	Ausencia

*Análisis Acreditado

**Standard Methods for the examination of water and wastewater 20 th.Edition

APHA:- American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: Límites Máximos Permisibles.

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

OBSERVACION:

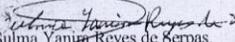
Los resultados obtenidos en Coliformes Totales están fuera de los parámetros que la norma específica.

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente: el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V - CCCI


Dra. Sulma Yanira Reyes de Kerpas.
Directora Técnica

El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

Página 1 de 1



CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 29 de Mayo de 2006

N° de Solicitud SA0353	N° de Reporte: RA1928
Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza	Agua de Pozo
Fecha de Muestreo:	21/05/06
Fecha de Análisis:	22-29/05/06
Muestreado por personal de:	Ing. Erick Roque

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO – 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	700	APHA –AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	29	APHA –AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA – AWWA-WEF-9260**	Ausencia

*Análisis Acreditado

**Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20 th.Edition

APHA-: American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: **Limites Máximos Permisibles.**

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

OBSERVACION: Un numero mayor de 100 microorganismos por ml en el Recuento total de Bacterias Heterotrofas, es señal de que deben tomarse medidas correctivas e indica la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación.

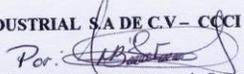
Los resultados obtenidos en Coliformes Totales están fuera de los parámetros que la norma especifica.

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V.- CCCI

Por: 
Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.
Directora Técnica



El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

Página 1 de 1



CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 29 de Mayo de 2006

N° de Solicitud SA0353	N° de Reporte: RA1929
Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza	Agua de Pozo
Fecha de Muestreo:	22/05/06
Fecha de Análisis:	22-29/05/06
Muestreado por personal de:	Ing. Erick Roque

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO – 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	600	APHA –AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	5	APHA –AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA – AWWA-WEF-9260**	Ausencia

***Análisis Acreditado**

**Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20 th.Edition

APHA-: American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: Límites Máximos Permisibles.

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

OBSERVACION: Un número mayor de 100 microorganismos por ml en el Recuento total de Bacterias Heterotrofas, es señal de que deben tomarse medidas correctivas e indica la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación.

Los resultados obtenidos en Coliformes Totales están fuera de los parámetros que la norma especifica.

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V – CCCI

Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.
Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.
Directora Técnica



El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

Página 1 de 1

**CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.**Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 03 de junio de 2006

N° de Solicitud SA0366	N° de Reporte: RA1992
Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza	Agua de Pozo Lote 1
Fecha de Muestreo:	27/05/06
Fecha de Análisis:	29/05-03/06/06
Muestreado por personal de:	Ing. Erick Roque

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO – 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	7	APHA –AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA – AWWA-WEF-9260**	Ausencia

***Análisis Acreditado**

**Standard Methods for the examination of water and wastewater 20 th Edition

APHA-: American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: **Limites Máximos Permisibles.**

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V – CCCI
Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.
Directora Técnica

República de El Salvador C. S. S. F. LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V. N° Insc. 01 Prop. SOCIEDAD CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V. San Salvador, Depto. San Salvador.
--

El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

Página 1 de 1

**CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.**

Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933

ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 03 de junio de 2006

N° de Solicitud SA0366	N° de Reporte: RA1993
Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza	Agua de Pozo Lote 2
Fecha de Muestreo:	27/05/06
Fecha de Análisis:	29/05-03/06/06
Muestreado por personal de:	Ing. Erick Roque

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO – 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	900	APHA –AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	6	APHA –AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA – AWWA-WEF-9260**	Ausencia

***Análisis Acreditado**

**Standard Methods for the examination of water and wastewater 20 th.Edition

APHA-: American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: **Limites Máximos Permisibles.**

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

OBSERVACION: Un numero mayor de 100 microorganismos por ml en el Recuento total de Bacterias Heterotrofas, es señal de que deben tomarse medidas correctivas e indica la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación.

Los resultados obtenidos en Coliformes Totales están fuera de los parámetros que la norma especifica.

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V – CCCI

Sulma Yanira Reyes de Serpas
Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.
Directora Técnica

República de El Salvador C. S. S. P. LABORATORIO DE ANALISIS DE ALIMENTOS CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V. N° Insc. 01 Prop. SOCIEDAD CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V. San Salvador, Depto. San Salvador.
--

El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

Página 1 de 1



CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
 Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
 ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 03 de junio de 2006

N° de Solicitud SA0366	N° de Reporte: RA1994
Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza	Agua de Pozo Lote 1
Fecha de Muestreo:	28/05/06
Fecha de Análisis:	29/05-03/06/06
Muestreado por personal de:	Ing. Erick Roque

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE DE MENBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO – 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	400	APHA –AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	3	APHA –AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA – AWWA-WEF-9260**	Ausencia

***Análisis Acreditado**

**Standard Methods for the examination of water and wastewater 20 th.Edition

APHA-: American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: Límites Máximos Permisibles.

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

OBSERVACION: Un numero mayor de 100 microorganismos por ml en el Recuento total de Bacterias

Heterotoficas, es señal de que deben tomarse medidas correctivas e indica la necesidad de una inspección sanitaria

completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación.

Los resultados obtenidos en Coliformes Totales están fuera de los parámetros que la norma especifica.

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V – CCCI

Sulma Yanira Reyes de Serpas
 Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.
 Directora Técnica

El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO 9001:2000, lo que garantiza la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

República de El Salvador
 C. S. S. P.
 LABORATORIO DE ANALISIS DE ALIMENTOS CENTRO
 DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
 N° Insc. 01
 Prop. SOCIEDAD CENTRO DE CONTROL
 DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
 San Salvador, 03 de junio de 2006



CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
 Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
 ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 03 de junio de 2006

N° de Solicitud SA0366	N° de Reporte: RA1995
Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza	Agua de Pozo Lote 2
Fecha de Muestreo:	28/05/06
Fecha de Análisis:	29/05-03/06/06
Muestreado por personal de:	Ing. Erick Roque

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO – 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	1000	APHA –AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	60	APHA –AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA – AWWA-WEF-9260**	Ausencia

***Análisis Acreditado**

**Standard Methods for the examination of water and wastewater 20 th.Edition

APHA-: American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: Límites Máximos Permisibles.

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

OBSERVACION: Un numero mayor de 100 microorganismos por ml en el Recuento total de Bacterias Heterotrofas, es señal de que deben tomarse medidas correctivas e indica la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación.

Los resultados obtenidos en Coliformes Totales están fuera de los parámetros que la norma especifica.

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

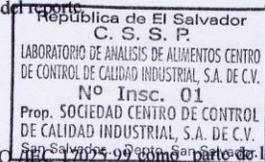
Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V – CCCI

Sulma Yanira Reyes de Serpas
 Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.
 Directora Técnica

El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO 9001:2000 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.



Página 1 de 1



CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 03 de junio de 2006

N° de Solicitud SA0368	N° de Reporte: RA 2002
Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza	Agua de Pozo 11:30AM
Fecha de Muestreo:	29/05/06
Fecha de Análisis:	29/05-03/06/06
Muestreado por personal de:	Ing. Roberto Rivera

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO - 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	500	APHA -AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	8	APHA -AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA -AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA -AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA - AWWA-WEF-9260**	Ausencia

***Análisis Acreditado**

**Standard Methods for the examination of water and wastewater 20 th.Edition

APHA:- American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: Límites Máximos Permisibles.

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

OBSERVACION: Un numero mayor de 100 microorganismos por ml en el Recuento total de Bacterias Heterotrofas, es señal de que deben tomarse medidas correctivas e indica la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación.

Los resultados obtenidos en Coliformes Totales están fuera de los parámetros que la norma especifica.

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V - CCCI

Sulma Yanira Reyes de Serpas
Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.
Directora Técnica

El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

República de El Salvador
C. S. S. P.
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS CENTRO
DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
N° Insc. 01
Prop. SOCIEDAD CENTRO DE CONTROL
DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
San Salvador, Depto. San Salvador.

Página 1 de 1



CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 03 de junio de 2006

N° de Solicitud SA0368	N° de Reporte: RA 2003
Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza	Agua de Pozo 13:30 PM
Fecha de Muestreo:	29/05/06
Fecha de Análisis:	29/05-03/06/06
Muestreado por personal de:	Ing. Roberto Rivera

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO – 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	13	APHA –AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	4	APHA –AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA – AWWA-WEF-9260**	Ausencia

***Análisis Acreditado**

**Standard Methods for the examination of water and wastewater 20 th.Edition

APHA-: American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: **Limites Máximos Permisibles.**

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

OBSERVACION:

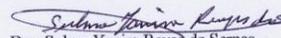
Los resultados obtenidos en Coliformes Totales están fuera de los parámetros que la norma especifica.

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V – CCCI


Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.
Directora Técnica

República de El Salvador C. S. S. P. LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V. N° Insc. 01 Prop. SOCIEDAD CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V. San Salvador, Depto. San Salvador.
--

El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO /IEC 17025:99 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.

Página 1 de 1

**CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.**Calle San Antonio Abad, Urb. Lisboa # 35, San Salvador. Tel.: 2284-0223 Telefax: 2284-5933
ccci@navegante.com.sv

San Salvador, 03 de junio de 2006

N° de Solicitud SA0368	N° de Reporte: RA 2004
Datos del cliente	
Empresa:	FORGAES
Responsable:	Ing. Erick Roque
Dirección	Colonia Jardín Pasaje N° 7 Casa N° 19 Mejicanos
Tel:	2282-6681
Fax:	2282-6681

Datos Muestra	
Naturaleza	Agua de Pozo 16:00 PM
Fecha de Muestreo:	29/05/06
Fecha de Análisis:	29/05-03/06/06
Muestreado por personal de:	Ing. Roberto Rivera

REPORTE DE ANÁLISIS POR EL METODO FILTRACIÓN DE MEMBRANA

Parámetros analizados	Resultado	Método de análisis	Norma para Agua Potable NSO – 13.07.01.04 LMP
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesofilas* UFC/ml	11	APHA –AWWA-WEF-9215D**	100
Bacterias Coliformes Totales UFC/100ml	4	APHA –AWWA-WEF-9222B**	0
Bacterias Coliformes Fecales UFC/100ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Escherichia coli UFC/100 ml	0	APHA –AWWA-WEF-9222D**	0
Organismos Patógenos	Ausencia	APHA – AWWA-WEF-9260**	Ausencia

***Análisis Acreditado**

**Standard Methods for the examination of water and wastewater 20 th.Edition

APHA-: American Public Health Association

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

AWWA: American Water Works Association

WEF: Water Environment Federation

ml: mililitro

LMP: **Límites Máximos Permisibles.**

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable

OBSERVACION.

Los resultados obtenidos en Coliformes Totales están fuera de los parámetros que la norma especifica.

Los resultados del presente reporte corresponden en procedencia y código a la muestra indicada.

Por políticas de confidencialidad y derechos de autor, la reproducción total o parcial de este reporte debe ser autorizada por el cliente; el Centro de Control de Calidad Industrial no autoriza la copia parcial del reporte.

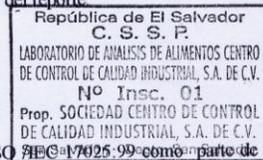
Atentamente,

CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL S.A DE C.V – CCCI

Dra. Sulma Yanira Reyes de Serpas.

Directora Técnica

El CCCI trabaja con un sistema de Calidad Implementado bajo la Norma NSR ISO 9001:2005 como parte de la garantía de la calidad de nuestros procesos dirigida a nuestros clientes.



Página 1 de 1

9.5 ANEXO 05: TABLAS Y GRÁFICOS RESULTANTES DEL TRATAMIENTO MATEMÁTICO DE LOS DATOS EXPERIMENTALES

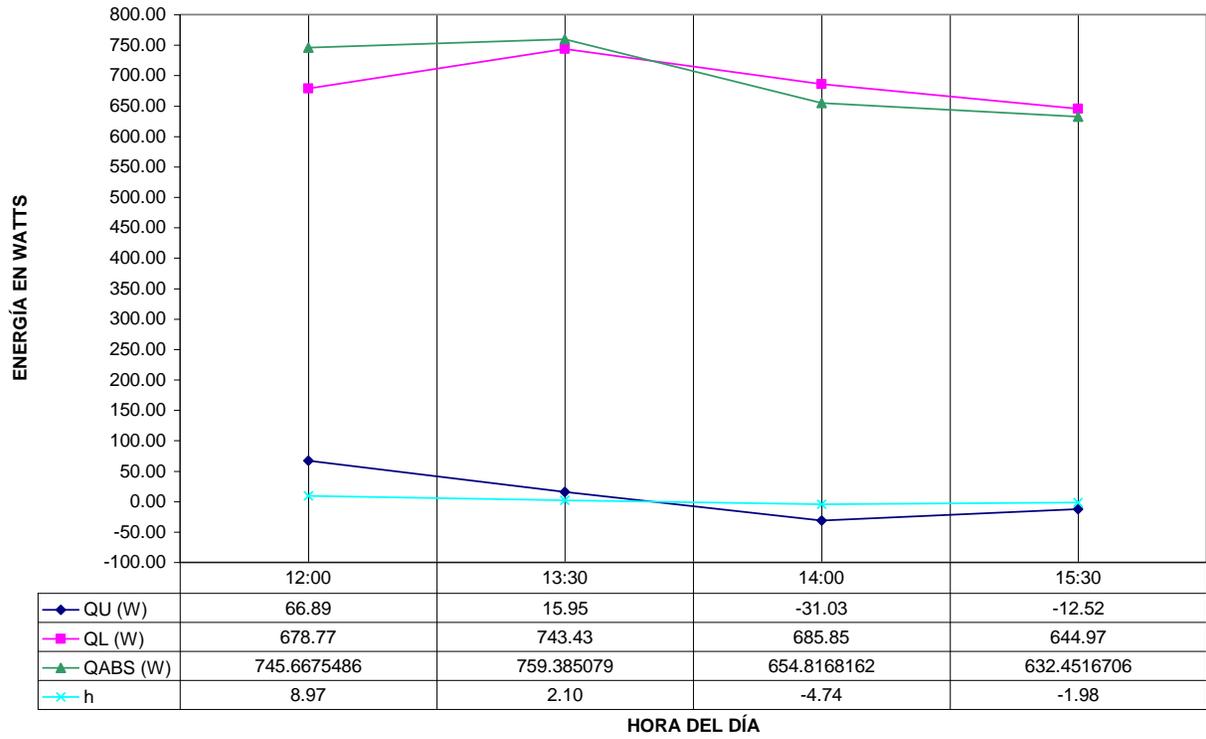
03-may-2006-L01	12:00	13:30	14:00	15:30
TL (°C)	73.6	83.6	84.6	80.8
ρ_L (Kg/m ³)	975.57	969.33	968.71	971.08
CpL (KJ/Kg°C)	4.194	4.203	4.204	4.201
Δt (min)	60.0	90.0	30.0	90.0
ΔTL (°C)	14.7	5.3	-3.4	-4.1
QU (W)	66.89	15.95	-31.03	-12.52

03-may-2006-L01	12:00	13:30	14:00	15:30
TP (°C)	75.0	75.0	72.0	68.0
TV (°C)	48.0	54.0	54.5	52.0
TA (°C)	37.0	34.0	34.0	32.0
Tf,pv (°C)	61.5	64.5	63.3	60.0
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	83000000.0	79000000.0	80000000.0	84000000.0
Gr	8345203.9	6177908.6	5213425.0	5004888.0
Pr	0.702	0.702	0.702	0.703
GrPr	5858333.1	4336891.9	3659824.4	3518436.3
a	0.061	0.061	0.061	0.061
m	0.33	0.33	0.33	0.33
k (W/m°C)	0.03	0.03	0.03	0.03
hc,pv (W/m ² °C)	2.13	1.93	1.82	1.80
hr,pv (W/m ² °C)	7.42803	7.62456	7.53801	7.32090
Tf,va (°C)	42.5	44.0	44.3	42.0
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	106000000.0	104000000.0	104000000.0	107000000.0
Gr	1814129226.8	3229592985.3	3302077615.9	3314468151.0
Pr	0.704	0.704	0.704	0.705
GrPr	1277146975.6	2273633461.6	2324662641.6	2336700046.5
a	0.14	0.14	0.14	0.14
m	0.33	0.33	0.33	0.33
k (W/m°C)	0.03	0.03	0.03	0.03
hc,va (W/m ² °C)	3.94	4.77	4.81	4.82
hr,va (W/m ² °C)	6.42676	6.52334	6.54061	6.40227

03-may-2006-L01	12:00	13:30	14:00	15:30
TP (°C)	75.0	75.0	72.0	68.0
TA (°C)	37.0	34.0	34.0	32.0
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	2.12836	1.92536	1.81945	1.79571
hr,pv (W/m ² °C)	7.42803	7.62456	7.53801	7.32090
R2 (m ² C/W)	0.10464	0.10471	0.10687	0.10969
hc,va (W/m ² °C)	3.93849	4.77334	4.80879	4.81708
hr,va (W/m ² °C)	6.42676	6.52334	6.54061	6.40227
R3 (m ² C/W)	0.09648	0.08852	0.08811	0.08913
US (W/m ² °C)	4.97220	5.17506	5.12881	5.02963
UL (W/m ² °C)	13.33235	13.53521	13.48896	13.38979
QL (W)	678.77	743.43	685.85	644.97

03-may-2006-L01	12:00	13:30	14:00	15:30
QU (W)	66.89	15.95	-31.03	-12.52
QL (W)	678.77	743.43	685.85	644.97
QABS (W)	745.67	759.39	654.82	632.45
η	8.97	2.10	-4.74	-1.98
H _r (W/m ²)	638.08	649.81	560.33	541.20

03-MAY-2006-L01



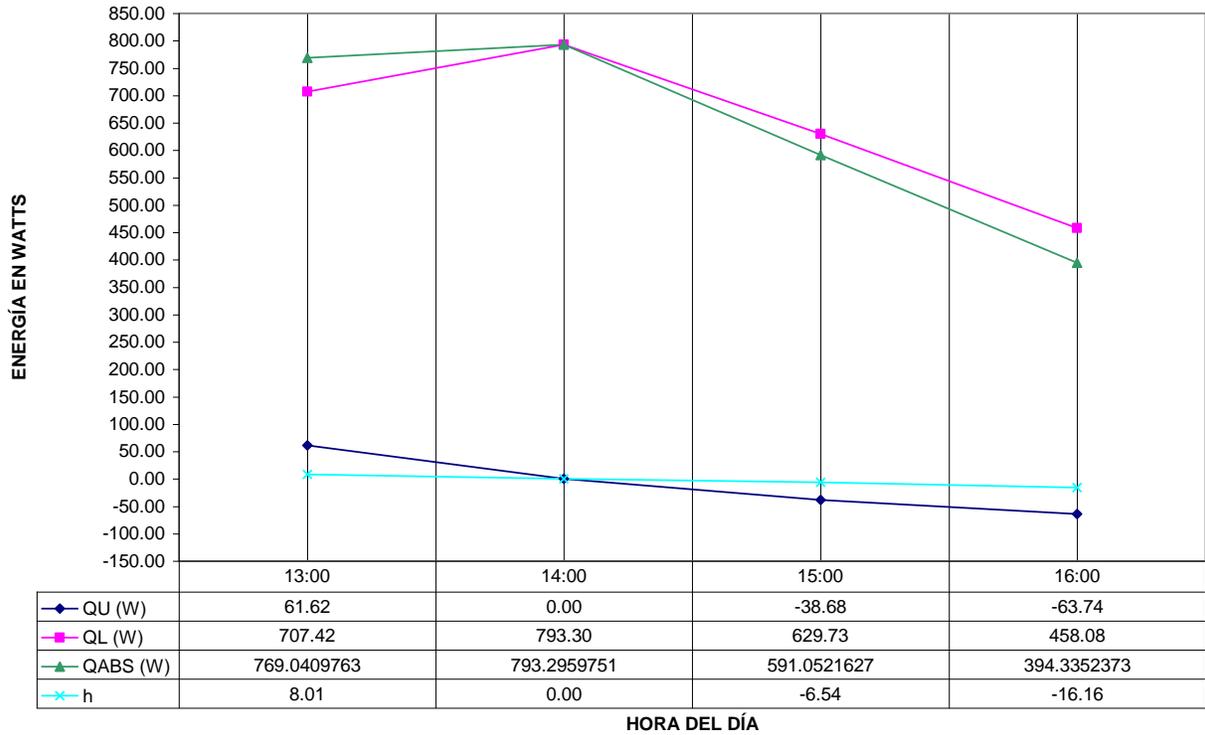
04-may-2006-L01	13:00	14:00	15:00	16:00
TL (°C)	73.9	94.6	90.3	79.0
ρ_L (Kg/m ³)	957.38	962.47	965.15	977.25
CpL (KJ/Kg°C)	4.195	4.212	4.208	4.193
Δt (min)	180.0	60.0	60.0	60.0
ΔTL (°C)	41.4	0.0	-8.6	-14.0
QU (W)	61.62	0.00	-38.68	-63.74

04-may-2006-L01	13:00	14:00	15:00	16:00
TP (°C)	71.5	77.0	68.5	58.5
TV (°C)	54.8	60.4	53.5	45.8
TA (°C)	32.4	33.7	33.4	32.3
Tf,pv (°C)	63.1	68.7	61.0	52.2
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	81000000.0	74000000.0	83000000.0	94000000.0
Gr	5052367.4	4588186.4	4636224.4	4445562.0
Pr	0.702	0.702	0.702	0.703
GrPr	3546761.9	3220906.8	3254629.5	3125230.1
a	0.061	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.801	1.744	1.750	1.726
hr,pv (W/m ² °C)	7.52918	7.90795	7.38649	6.81416
Tf,va (°C)	43.6	47.0	43.5	39.1
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	105000000.0	101000000.0	105000000.0	110000000.0
Gr	3642817332.3	4168872990.0	3268778052.7	2299993086.1
Pr	0.704	0.704	0.704	0.705
GrPr	2564543402.0	2934886585.0	2301219749.1	1621495125.7
a	0.140	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.969	5.197	4.793	4.265
hr,va (W/m ² °C)	6.49878	6.71829	6.49105	6.22080

04-may-2006-L01	13:00	14:00	15:00	16:00
TP (°C)	71.5	77.0	68.5	58.5
TA (°C)	32.4	33.7	33.4	32.3
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.80051	1.74359	1.74966	1.72616
hr,pv (W/m ² °C)	7.52918	7.90795	7.38649	6.81416
R2 (m ² °C/W)	0.10718	0.10361	0.10946	0.11709
hc,va (W/m ² °C)	4.96881	5.19732	4.79257	4.26469
hr,va (W/m ² °C)	6.49878	6.71829	6.49105	6.22080
R3 (m ² °C/W)	0.08720	0.08392	0.08862	0.09537
US (W/m ² °C)	5.14438	5.33237	5.04848	4.70674
UL (W/m ² °C)	13.50453	13.69252	13.40863	13.06689
QL (W)	707.42	793.30	629.73	458.08

04-may-2006-L01	13:00	14:00	15:00	16:00
QU (W)	61.62	0.00	-38.68	-63.74
QL (W)	707.42	793.30	629.73	458.08
QABS (W)	769.04	793.3	591.05	394.34
η	8.01	0.00	-6.54	-16.16
H _r (W/m ²)	658.08	678.83	505.77	337.44

04-MAY-2006-L01



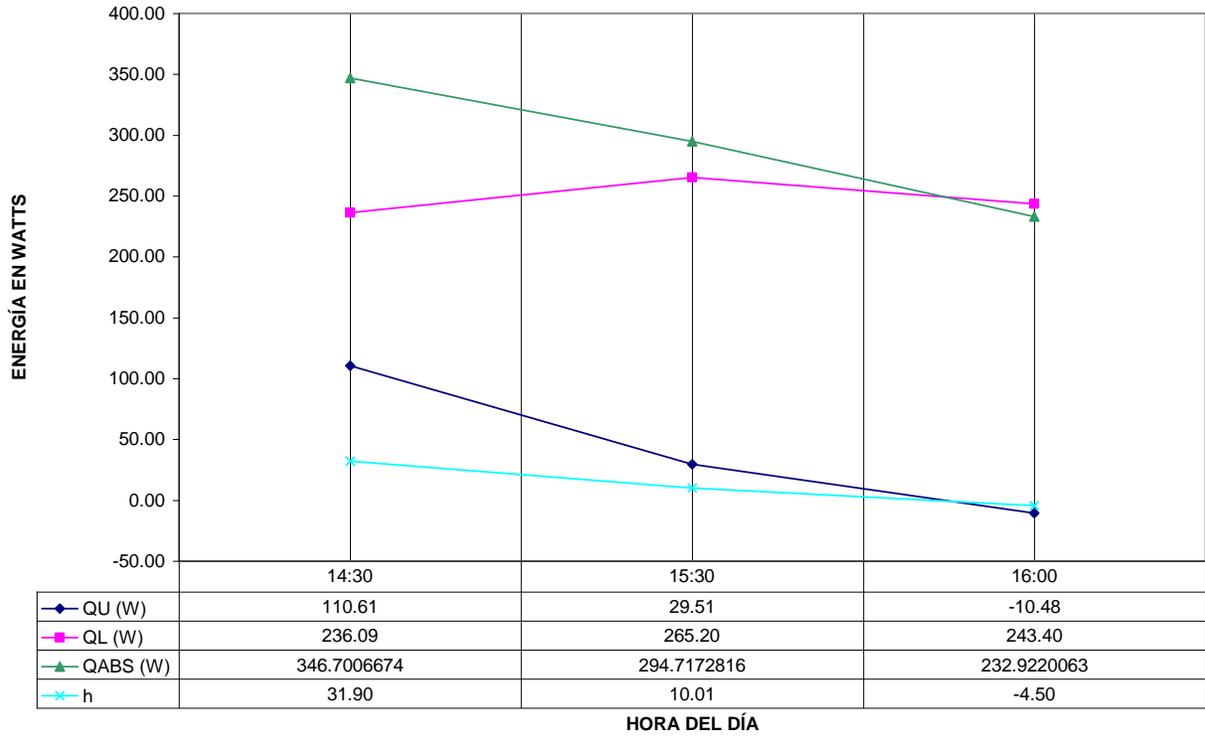
05-may-2006-L01	14:30	15:30	16:00
TL (°C)	42.9	52.1	54.7
ρL (Kg/m ³)	994.71	988.97	987.35
CpL (KJ/Kg°C)	4.170	4.178	4.180
Δt (min)	30.0	60.0	30.0
ΔTL (°C)	12.0	6.4	-1.1
QU (W)	110.61	29.51	-10.48

05-may-2006-L01	14:30	15:30	16:00
TP (°C)	45.0	45.5	43.5
TV (°C)	38.8	37.6	37.5
TA (°C)	31.0	29.8	29.1
Tf,pv (°C)	41.9	41.6	40.5
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	107000000.0	109000000.0	116000000.0
Gr	2470418.7	3206628.8	2591817.0
Pr	0.705	0.705	0.705
GrPr	1741645.2	2260673.3	1827231.0
a	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.420	1.550	1.443
hr,pv (W/m ² °C)	6.18541	6.16813	6.10619
Tf,va (°C)	34.9	33.7	33.3
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	117000000.0	117000000.0	118000000.0
Gr	1413450296.6	1413450296.6	1544325324.0
Pr	0.705	0.705	0.705
GrPr	996482459.1	996482459.1	1088749353.4
a	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	3.626	3.626	3.734
hr,va (W/m ² °C)	5.97127	5.90464	5.88031

05-may-2006-L01	14:30	15:30	16:00
TP (°C)	45.0	45.5	43.5
TA (°C)	31.0	29.8	29.1
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.42049	1.54953	1.44339
hr,pv (W/m ² °C)	6.18541	6.16813	6.10619
R2 (m ² °C/W)	0.13148	0.12957	0.13246
hc,va (W/m ² °C)	3.62582	3.62582	3.73444
hr,va (W/m ² °C)	5.97127	5.90464	5.88031
R3 (m ² °C/W)	0.10420	0.10493	0.10401
US (W/m ² °C)	4.24313	4.26440	4.22896
UL (W/m ² °C)	12.60328	12.62455	12.58912
QL (W)	236.09	265.20	243.40

05-may-2006-L01	14:30	15:30	16:00
QU (W)	110.61	29.51	-10.48
QL (W)	236.09	265.20	243.40
QABS (W)	346.7	294.72	232.92
η	31.90	10.01	-4.50
H _T (W/m ²)	296.68	252.19	199.31

05-MAY-2006-L01



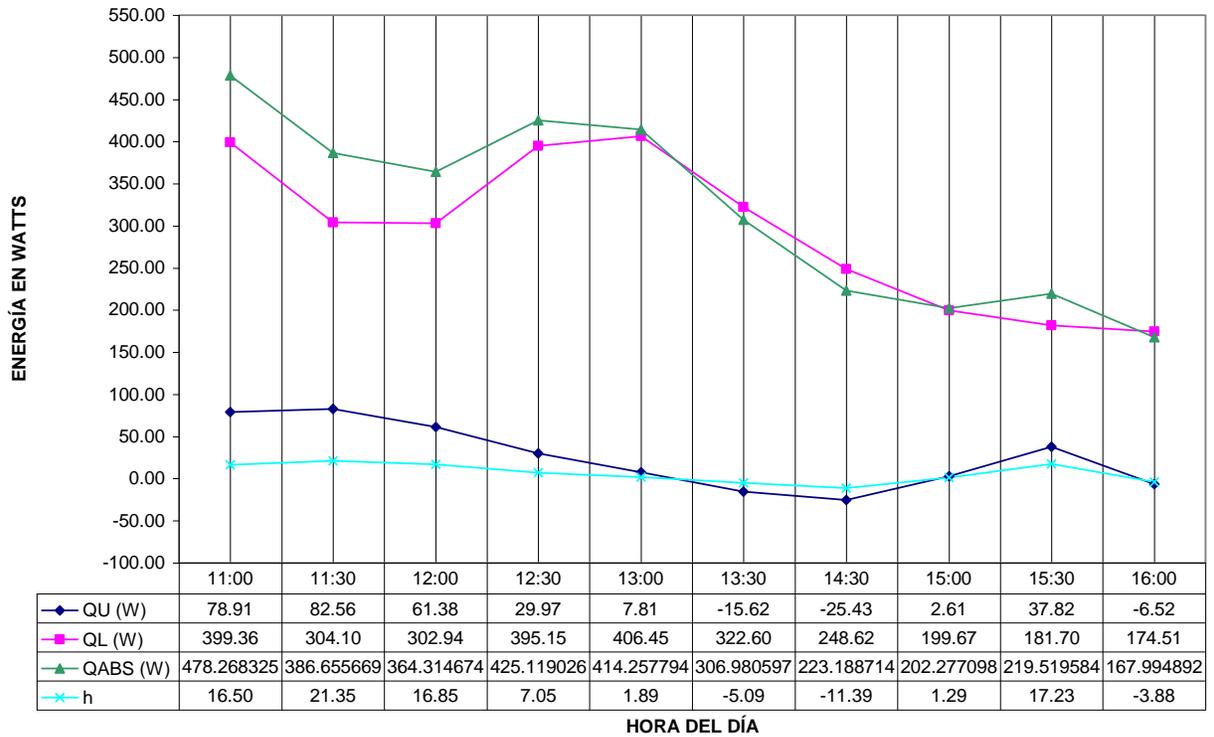
06-may-2006-L01	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:30	15:00	15:30	16:00
TL (°C)	45.6	54.4	62.2	67.2	69.3	68.9	65.2	62.6	64.8	66.5
ρ_L (Kg/m ³)	993.02	987.54	982.67	979.56	978.25	978.50	980.80	982.40	981.01	979.99
CpL (KJ/Kg°C)	4.172	4.180	4.186	4.190	4.191	4.191	4.188	4.186	4.188	4.189
Δt (min)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	60.0	30.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	8.6	9.0	6.7	3.3	0.9	-1.7	-5.6	0.3	4.1	-0.7
QU (W)	78.91	82.56	61.38	29.97	7.81	-15.62	-25.43	2.61	37.82	-6.52

06-may-2006-L01	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:30	15:00	15:30	16:00
TP (°C)	55.8	49.8	49.4	55.5	55.6	49.6	45.3	43.0	42.5	41.5
TV (°C)	38.9	39.8	42.9	45.3	46.4	46.1	42.9	40.5	41.5	42.0
TA (°C)	32.5	31.9	31.7	32.8	32.3	30.8	30.6	31.0	31.6	31.0
Tf,pv (°C)	47.3	44.8	46.1	50.4	51.0	47.8	44.1	41.8	42.0	41.8
ρ^2_{gb/μ^2} (1/m ³ C)	10000000	10300000	10200000	9600000	9600000	9900000	10400000	10700000	10700000	10700000
Gr	6293348.8	3816413.3	2449937.4	3646418.4	3306801.0	1308755.9	948843.3	996136.6	398454.6	199227.3
Pr	0.704	0.704	0.704	0.704	0.704	0.704	0.704	0.705	0.705	0.705
GrPr	4430517.5	2686755.0	1724755.9	2567078.6	2327987.9	921364.1	667985.7	702276.3	280910.5	140455.3
a	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² C)	1.939	1.641	1.416	1.617	1.565	1.149	1.032	1.049	0.773	0.614
hr,pv (W/m ² C)	6.51595	6.36027	6.44071	6.70389	6.73939	6.54368	6.31689	6.17902	6.19367	6.17893
Tf,va (°C)	35.7	35.9	37.3	39.0	39.3	38.4	36.7	35.8	36.6	36.5
ρ^2_{gb/μ^2} (1/m ³ C)	11500000	11400000	11300000	11100000	11000000	11100000	11300000	11400000	11300000	11400000
Gr	1139929233.2	1394864493.8	1968933475.2	2157579372.8	2402215001.0	2621759795.6	2143949784.1	1083000000.0	1732661458.2	1942216383.8
Pr	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705
GrPr	803650109.4	983379468.2	1388098100.0	1521093457.8	1693561575.7	1848340655.9	1511484597.8	763515000.0	1221526328.0	1369262550.6
a	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² C)	3.375	3.610	4.049	4.175	4.327	4.455	4.166	3.318	3.880	4.031
hr,va (W/m ² C)	6.01760	6.02964	6.11445	6.21892	6.23602	6.18433	6.08239	6.02423	6.07127	6.06869

06-may-2006-L01	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:30	15:00	15:30	16:00
TP (°C)	55.8	49.8	49.4	55.5	55.6	49.6	45.3	43.0	42.5	41.5
TA (°C)	32.5	31.9	31.7	32.8	32.3	30.8	30.6	31.0	31.6	31.0
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² C)	1.93912	1.64133	1.41589	1.61659	1.56475	1.14885	1.03207	1.04943	0.77323	0.61371
hr,pv (W/m ² C)	6.51595	6.36027	6.44071	6.70389	6.73939	6.54368	6.31689	6.17902	6.19367	6.17893
R2 (m ² C/W)	0.11827	0.12498	0.12728	0.12019	0.12042	0.13000	0.13607	0.13834	0.14354	0.14722
hc,va (W/m ² C)	3.37498	3.60985	4.04939	4.17479	4.32696	4.45495	4.16598	3.31784	3.88046	4.03099
hr,va (W/m ² C)	6.01760	6.02964	6.11445	6.21892	6.23602	6.18433	6.08239	6.02423	6.07127	6.06869
R3 (m ² C/W)	0.10647	0.10374	0.09839	0.09621	0.09467	0.09399	0.09758	0.10704	0.10049	0.09901
US (W/m ² C)	4.44960	4.37225	4.43126	4.62113	4.64917	4.46453	4.27990	4.07523	4.09801	4.06122
UL (W/m ² C)	12.80975	12.73241	12.79141	12.98128	13.00933	12.82469	12.64006	12.43538	12.45816	12.42138
QL (W)	399.36	304.10	302.94	395.15	406.45	322.60	248.62	199.67	181.70	174.51

06-may-2006-L01	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:30	15:00	15:30	16:00
QU (W)	78.91	82.56	61.38	29.97	7.81	-15.62	-25.43	2.61	37.82	-6.52
QL (W)	399.36	304.10	302.94	395.15	406.45	322.60	248.62	199.67	181.70	174.51
QABS (W)	478.27	386.66	364.31	425.12	414.26	306.98	223.19	202.28	219.52	167.99
η	16.50	21.35	16.85	7.05	1.89	-5.09	-11.39	1.29	17.23	-3.88
Hr (W/m ²)	409.26	330.87	311.75	363.78	354.49	262.69	190.99	173.09	187.85	143.76

06-MAY-2006-L01



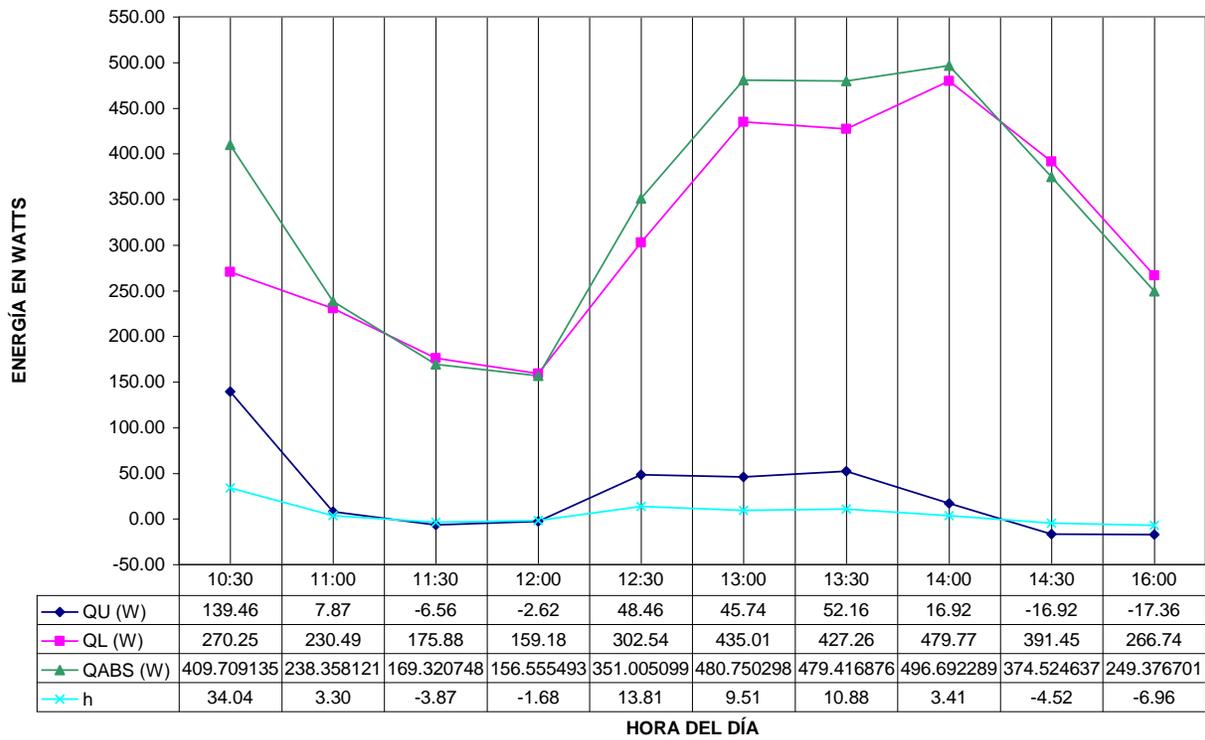
07-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	16:00
TL (°C)	45.1	53.1	53.2	52.7	55.2	60.4	65.7	69.5	69.5	65.7
ρL (Kg/m ³)	993.34	988.35	988.28	988.60	987.04	983.80	980.50	978.12	978.12	980.50
CpL (KJ/Kg°C)	4.172	4.178	4.179	4.178	4.180	4.184	4.189	4.192	4.192	4.184
Δt (min)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	90.0
ΔTL (°C)	15.1	0.9	-0.7	-0.3	5.3	5.0	5.7	1.9	-1.9	-5.7
QU (W)	139.46	7.87	-6.56	-2.62	48.46	45.74	52.16	16.92	-16.92	-17.36

07-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	16:00
TP (°C)	46.7	43.5	40.1	39.8	49.0	56.9	57.0	60.3	55.1	46.5
TV (°C)	41.9	41.3	38.8	37.7	40.1	43.0	44.6	46.3	45.2	42.5
TA (°C)	30.8	29.8	29.5	30.2	31.2	31.9	32.4	32.9	32.6	30.8
Tf,pv (°C)	44.3	42.4	39.4	38.8	44.5	50.0	50.8	53.3	50.2	44.5
p ² gβ/μ ² (1/m ³ °C)	104000000.0	106000000.0	110000000.0	111000000.0	104000000.0	97000000.0	96000000.0	93000000.0	97000000.0	104000000.0
Gr	1858958.4	888144.2	512032.8	868035.3	3446818.7	5020900.7	4415026.2	4831169.2	3576037.2	1549132.0
Pr	0.704	0.705	0.705	0.705	0.704	0.704	0.704	0.703	0.704	0.704
GrPr	1308706.7	626141.7	360983.1	611964.9	2426560.4	3534714.1	3108178.4	3396312.0	2517530.2	1090588.9
a	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.291	1.010	0.841	1.002	1.587	1.798	1.723	1.775	1.606	1.215
hr,pv (W/m ² °C)	6.32762	6.21587	6.04309	6.00407	6.34347	6.67739	6.72800	6.88563	6.68827	6.34247
Tf,va (°C)	36.3	35.5	34.1	34.0	35.6	37.4	38.5	39.6	38.9	36.7
p ² gβ/μ ² (1/m ³ °C)	114000000.0	115000000.0	117000000.0	117000000.0	115000000.0	112000000.0	111000000.0	111000000.0	111000000.0	113000000.0
Gr	1959872896.4	2039404643.9	1694328240.1	1359086823.6	1576308392.9	1934162536.0	2097407836.5	2303710246.6	2174771240.3	2047690814.2
Pr	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705
GrPr	1381710392.0	1437780273.9	1194501409.3	958156210.6	1111297417.0	1363584587.9	1478672524.7	1624115723.9	1533213724.4	1443622024.0
a	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.043	4.097	3.852	3.579	3.760	4.025	4.136	4.267	4.186	4.103
hr,va (W/m ² °C)	6.05698	6.01172	5.92962	5.91901	6.01673	6.12328	6.18746	6.25369	6.21000	6.07777

07-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	16:00
TP (°C)	46.7	43.5	40.1	39.8	49.0	56.9	57.0	60.3	55.1	46.5
TA (°C)	30.8	29.8	29.5	30.2	31.2	31.9	32.4	32.9	32.6	30.8
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.29142	1.01005	0.84065	1.00237	1.58654	1.79847	1.72301	1.77469	1.60612	1.21527
hr,pv (W/m ² °C)	6.32762	6.21587	6.04309	6.00407	6.34347	6.67739	6.72800	6.88563	6.68827	6.34247
R2 (m ² °C/W)	0.13125	0.13839	0.14527	0.14273	0.12610	0.11798	0.11833	0.11547	0.12056	0.13231
hc,va (W/m ² °C)	4.04317	4.09713	3.85163	3.57872	3.76004	4.02541	4.13561	4.26699	4.18585	4.10267
hr,va (W/m ² °C)	6.05698	6.01172	5.92962	5.91901	6.01673	6.12328	6.18746	6.25369	6.21000	6.07777
R3 (m ² °C/W)	0.09901	0.09892	0.10224	0.10529	0.10228	0.09853	0.09687	0.09505	0.09619	0.09823
US (W/m ² °C)	4.34294	4.21383	4.04030	4.03203	4.37854	4.61858	4.64685	4.75014	4.61349	4.33760
UL (W/m ² °C)	12.70309	12.57398	12.40046	12.39218	12.73869	12.97873	13.00701	13.11029	12.97364	12.69775
QL (W)	270.25	230.49	175.88	159.18	302.54	435.01	427.26	479.77	391.45	266.74

07-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	16:00
QU (W)	139.46	7.87	-6.56	-2.62	48.46	45.74	52.16	16.92	-16.92	-17.36
QL (W)	270.25	230.49	175.88	159.18	302.54	435.01	427.26	479.77	391.45	266.74
QABS (W)	409.71	238.36	169.32	156.56	351.01	480.75	479.42	496.69	374.52	249.38
η	34.04	3.30	-3.87	-1.68	13.81	9.51	10.88	3.41	-4.52	-6.96
H _r (W/m ²)	350.59	203.97	144.89	133.97	300.36	411.38	410.24	425.03	320.49	213.39

07-MAY-2006-L01



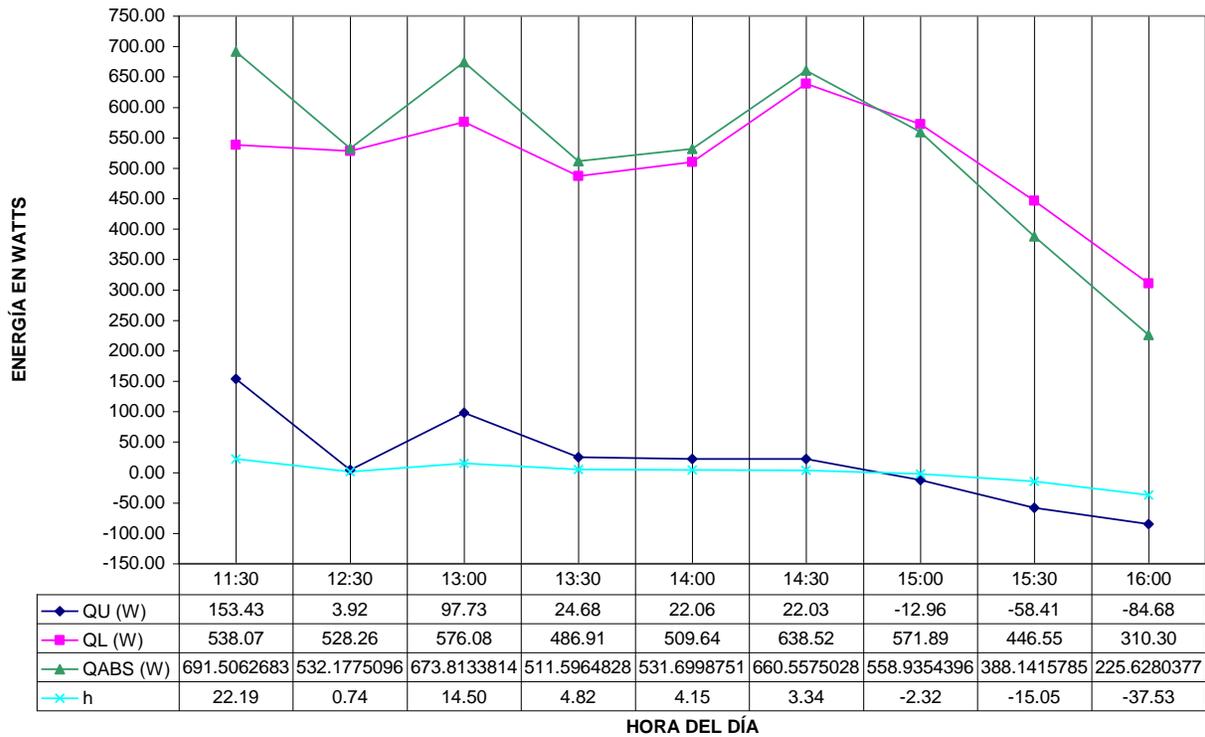
08-may-2006-L01	11:30	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TL (°C)	52.5	61.3	67.1	73.8	76.4	78.8	79.3	75.4	67.5
ρ_L (Kg/m ³)	988.72	983.23	979.62	975.44	973.82	972.32	972.01	974.44	979.37
CpL (KJ/Kg°C)	4.178	4.185	4.190	4.195	4.197	4.199	4.199	4.196	4.190
Δt (min)	30.0	60.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	16.7	0.9	10.7	2.7	2.4	2.4	-1.4	-6.4	-9.3
QU (W)	153.43	3.92	97.73	24.68	22.06	22.03	-12.96	-58.41	-84.68

08-may-2006-L01	11:30	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TP (°C)	63.6	62.0	65.8	60.8	61.2	68.4	64.8	56.6	48.2
TV (°C)	44.3	46.1	48.1	50.3	51.7	54.2	53.8	49.6	43.2
TA (°C)	33.0	32.0	33.3	33.2	32.4	32.8	32.7	31.1	30.0
Tf,pv (°C)	54.0	54.0	56.9	55.5	56.4	61.3	59.3	53.1	45.7
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	92000000.0	92000000.0	88000000.0	90000000.0	89000000.0	83000000.0	85000000.0	93000000.0	102000000.0
Gr	6612112.5	5464414.2	5800307.7	3519061.9	3131965.1	4388959.1	3465996.7	2424242.6	1899176.3
Pr	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703	0.703	0.702	0.703	0.704
GrPr	4648315.1	3841483.2	4077616.3	2473900.5	2201771.4	3081049.3	2436595.6	1704242.6	1337020.1
a	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.970	1.849	1.886	1.597	1.536	1.718	1.589	1.410	1.301
hr,pv (W/m ² °C)	6.93129	6.93415	7.11945	7.02598	7.08512	7.40269	7.27099	6.86905	6.41175
Tf,va (°C)	38.6	39.0	40.7	41.7	42.0	43.5	43.3	40.3	36.6
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	111000000.0	105000000.0	108000000.0	107000000.0	107000000.0	105000000.0	105000000.0	109000000.0	113000000.0
Gr	1951276962.6	2293023410.1	2475628921.8	2833870269.1	3206747936.1	3472060269.9	3431403826.4	3123189264.7	2301464462.2
Pr	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.704	0.704	0.705	0.705
GrPr	1375650258.7	1616581504.1	1745318389.8	1997878539.7	2260757295.0	2444330430.0	2415708293.8	2201848431.6	1622532445.8
a	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.037	4.260	4.371	4.572	4.764	4.890	4.871	4.723	4.266
hr,va (W/m ² °C)	6.19459	6.21808	6.31750	6.38228	6.40338	6.49343	6.47943	6.29836	6.07392

08-may-2006-L01	11:30	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TP (°C)	63.6	62.0	65.8	60.8	61.2	68.4	64.8	56.6	48.2
TA (°C)	33.0	32.0	33.3	33.2	32.4	32.8	32.7	31.1	30.0
km (W/m ² °C)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m ² °C)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.97039	1.84907	1.88620	1.59679	1.53595	1.71798	1.58872	1.41025	1.30066
hr,pv (W/m ² °C)	6.93129	6.93415	7.11945	7.02598	7.08512	7.40269	7.27099	6.86905	6.41175
R2 (m ² °C/W)	0.11234	0.11385	0.11104	0.11597	0.11599	0.10964	0.11287	0.12078	0.12966
hc,va (W/m ² °C)	4.03725	4.26038	4.37060	4.57199	4.76432	4.88993	4.87077	4.72257	4.26560
hr,va (W/m ² °C)	6.19459	6.21808	6.31750	6.38228	6.40338	6.49343	6.47943	6.29836	6.07392
R3 (m ² °C/W)	0.09773	0.09543	0.09356	0.09129	0.08954	0.08785	0.08810	0.09074	0.09672
US (W/m ² °C)	4.76026	4.77812	4.88750	4.82484	4.86526	5.06358	4.97575	4.72770	4.41740
UL (W/m ² °C)	13.12041	13.13827	13.24766	13.18499	13.22541	13.42374	13.33590	13.08785	12.77756
QL (W)	538.07	528.26	576.08	486.91	509.64	638.52	571.89	446.55	310.30
08-may-2006-L01	11:30	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
QU (W)	153.43	3.92	97.73	24.68	22.06	22.03	-12.96	-58.41	-84.68
QL (W)	538.07	528.26	576.08	486.91	509.64	638.52	571.89	446.55	310.30
QABS (W)	691.51	532.18	673.81	511.6	531.7	660.56	558.94	388.14	225.63
h	22.19	0.74	14.50	4.82	4.15	3.34	-2.32	-15.05	-37.53
HT (W/m ²)	591.73	455.39	576.59	437.78	454.98	565.25	478.29	332.14	193.07

07-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	16:00
QU (W)	139.46	7.87	-6.56	-2.62	48.46	45.74	52.16	16.92	-16.92	-17.36
QL (W)	270.25	230.49	175.88	159.18	302.54	435.01	427.26	479.77	391.45	266.74
QABS (W)	409.71	238.36	169.32	156.56	351.01	480.75	479.42	496.69	374.52	249.38
η	34.04	3.30	-3.87	-1.68	13.81	9.51	10.88	3.41	-4.52	-6.96
H _r (W/m ²)	350.59	203.97	144.89	133.97	300.36	411.38	410.24	425.03	320.49	213.39

08-MAY-2006-L01



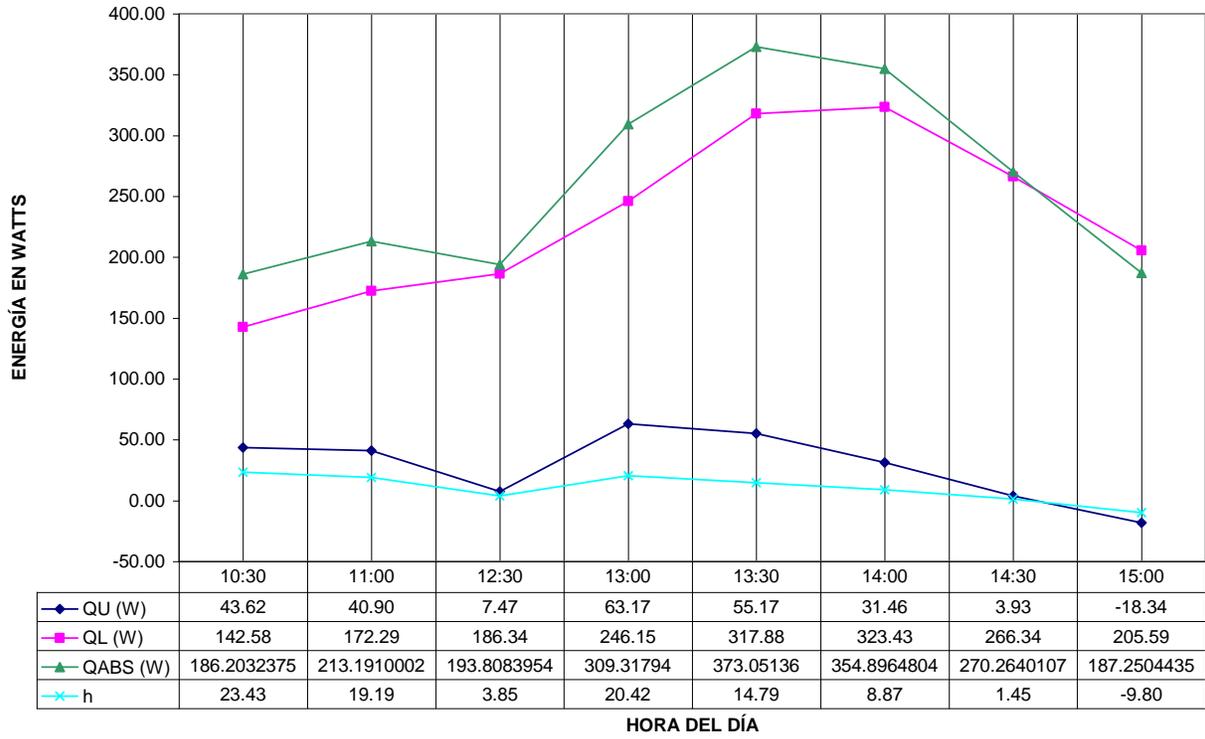
09-may-2006-L01	10:30	11:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
TL (°C)	29.6	34.2	37.6	42.3	48.7	53.4	55.4	54.6
ρ_L (Kg/m ³)	995.60	994.12	993.02	991.51	991.09	988.16	986.91	987.41
CpL (KJ/Kg°C)	4.182	4.181	4.181	4.181	4.175	4.179	4.180	4.180
Δt (min)	30.0	30.0	90.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	4.7	4.4	2.4	6.9	6.0	3.4	0.4	-2.0
QU (W)	43.62	40.90	7.47	63.17	55.17	31.46	3.93	-18.34

09-may-2006-L01	10:30	11:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
TP (°C)	36.1	38.7	39.9	44.3	49.2	49.7	46.2	41.6
TV (°C)	30.1	31.1	33.5	36.2	39.2	41.3	40.5	39.6
TA (°C)	27.4	28.2	28.6	29.6	30.6	30.8	30.5	29.3
Tf,pv (°C)	33.1	34.9	36.7	40.2	44.2	45.5	43.3	40.6
$p^2g\beta/\mu^2$ (1/m ³ °C)	118000000.0	116000000.0	113000000.0	109000000.0	104000000.0	102000000.0	105000000.0	109000000.0
Gr	2658474.4	3261369.7	2693106.4	3267514.1	3892194.2	3190616.1	2209188.8	791509.6
Pr	0.706	0.705	0.705	0.705	0.704	0.704	0.704	0.705
GrPr	1876882.9	2299265.7	1898640.0	2303597.5	2740104.7	2246193.7	1555268.9	558014.3
a	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.456	1.558	1.462	1.559	1.652	1.546	1.368	0.972
hr,pv (W/m ² °C)	5.68276	5.78386	5.88417	6.09059	6.32436	6.40041	6.27260	6.11007
Tf,va (°C)	28.7	29.6	31.0	32.9	34.9	36.0	35.5	34.4
$p^2g\beta/\mu^2$ (1/m ³ °C)	123000000.0	122000000.0	120000000.0	118000000.0	116000000.0	114000000.0	115000000.0	116000000.0
Gr	514362090.2	557419199.8	901411431.7	1206218596.3	1545099732.5	1853933820.9	1790045124.1	1859509561.7
Pr	0.706	0.706	0.706	0.706	0.705	0.705	0.705	0.705
GrPr	363139635.7	393537955.1	636396470.8	851590329.0	1089295311.4	1307023343.7	1261981812.5	1310954241.0
a	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	2.590	2.660	3.122	3.441	3.735	3.969	3.923	3.973
hr,va (W/m ² °C)	5.61988	5.67173	5.75100	5.85831	5.97148	6.03918	6.00832	5.94731

09-may-2006-L01	10:30	11:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
TP (°C)	36.1	38.7	39.9	44.3	49.2	49.7	46.2	41.6
TA (°C)	27.4	28.2	28.6	29.6	30.6	30.8	30.5	29.3
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.45635	1.55829	1.46195	1.55927	1.65212	1.54621	1.36790	0.97200
hr,pv (W/m ² °C)	5.68276	5.78386	5.88417	6.09059	6.32436	6.40041	6.27260	6.11007
R2 (m ² °C/W)	0.14007	0.13620	0.13613	0.13072	0.12537	0.12584	0.13088	0.14120
hc,va (W/m ² °C)	2.58985	2.66018	3.12242	3.44080	3.73506	3.96896	3.92284	3.97294
hr,va (W/m ² °C)	5.61988	5.67173	5.75100	5.85831	5.97148	6.03918	6.00832	5.94731
R3 (m ² °C/W)	0.12181	0.12002	0.11270	0.10754	0.10302	0.09992	0.10069	0.10080
US (W/m ² °C)	3.81854	3.90289	4.01893	4.19712	4.37844	4.42952	4.31826	4.13214
UL (W/m ² °C)	12.17869	12.26304	12.37908	12.55728	12.73859	12.78967	12.67841	12.49229
QL (W)	142.58	172.29	186.34	246.15	317.88	323.43	266.34	205.59

09-may-2006-L01	10:30	11:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
QU (W)	43.62	40.90	7.47	63.17	55.17	31.46	3.93	-18.34
QL (W)	142.58	172.29	186.34	246.15	317.88	323.43	266.34	205.59
QABS (W)	186.2	213.19	193.81	309.32	373.05	354.9	270.26	187.25
η	23.43	19.19	3.85	20.42	14.79	8.87	1.45	-9.80
H _T (W/m ²)	159.34	182.43	165.84	264.69	319.22	303.69	231.27	160.23

09-MAY-2006-L01



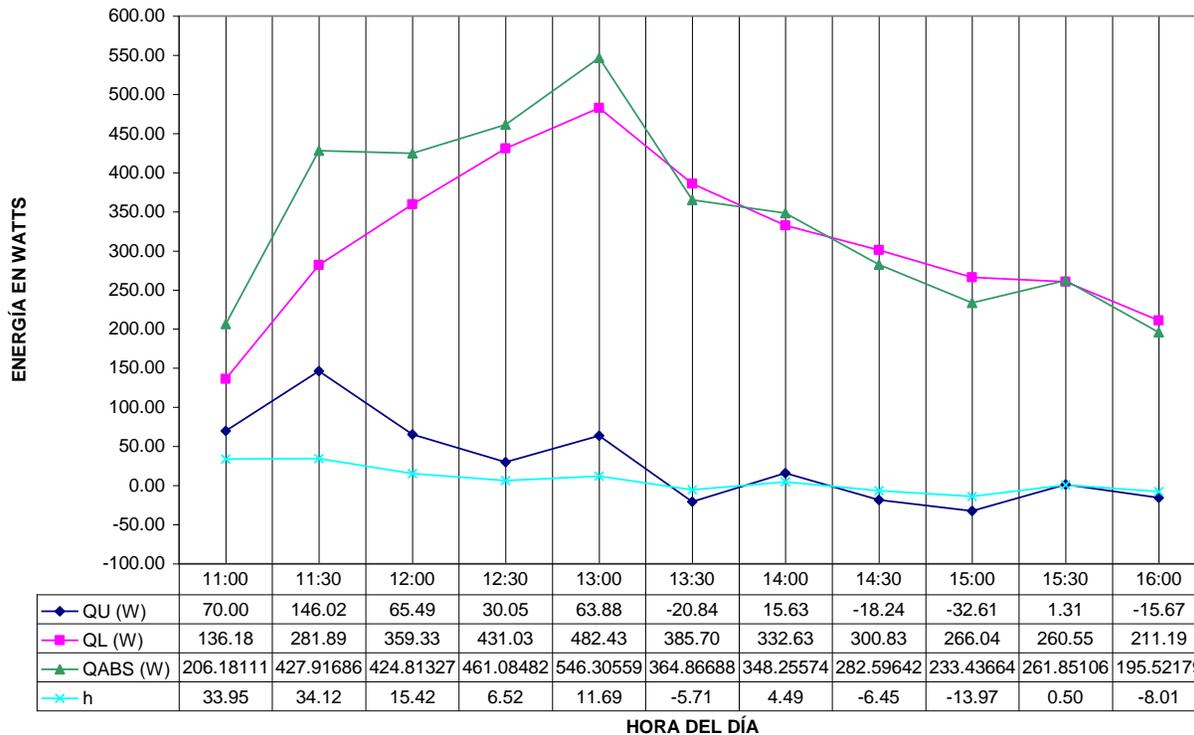
11-may-2006-L01	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TL (°C)	32.1	43.8	55.3	60.5	65.6	68.0	67.7	67.6	64.8	63.1	62.3
ρ_L (Kg/m ³)	994.79	991.13	986.98	983.73	980.55	979.06	979.24	979.31	981.05	982.11	982.61
CpL (KJ/Kg°C)	4.182	4.181	4.180	4.184	4.188	4.190	4.190	4.190	4.188	4.186	4.186
Δt (min)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	7.6	15.9	7.1	3.3	7.0	-2.3	1.7	-2.0	-3.6	0.1	-1.7
QU (W)	70.00	146.02	65.49	30.05	63.88	-20.84	15.63	-18.24	-32.61	1.31	-15.67

11-may-2006-L01	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TP (°C)	38.2	48.1	52.5	55.5	59.1	53.8	50.6	48.1	46.0	45.7	41.8
TV (°C)	29.9	37.0	43.0	45.5	48.3	49.3	49.2	47.5	45.1	44.5	42.4
TA (°C)	29.6	31.4	31.6	30.7	31.7	31.6	31.2	30.3	30.3	30.3	29.2
Tf,pv (°C)	34.0	42.5	47.7	50.5	53.7	51.5	49.9	47.8	45.5	45.1	42.1
$\rho^2 g \beta \mu^2$ (1/m ³ °C)	117000000.0	106000000.0	99000000.0	96000000.0	92000000.0	95000000.0	97000000.0	99000000.0	102000000.0	103000000.0	107000000.0
Gr	3616255.0	4401247.9	3502304.4	3574920.0	3700042.2	1609645.0	487641.4	221198.2	360843.5	460271.0	239072.8
Pr	0.705	0.704	0.704	0.704	0.703	0.704	0.704	0.704	0.704	0.704	0.705
GrPr	2549459.8	3098478.5	2465622.3	2516743.7	2601129.7	1133190.1	343299.6	155723.5	254033.8	324030.7	168546.3
a	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.613	1.721	1.595	1.606	1.624	1.231	0.827	0.635	0.748	0.811	0.652
hr,pv (W/m ² °C)	5.73490	6.22660	6.53727	6.70694	6.91129	6.77271	6.66968	6.53890	6.40383	6.37525	6.19956
Tf,va (°C)	29.7	34.2	37.3	38.1	40.0	40.4	40.2	38.9	37.7	37.4	35.8
$\rho^2 g \beta \mu^2$ (1/m ³ °C)	122000000.0	116000000.0	113000000.0	112000000.0	109000000.0	109000000.0	109000000.0	106000000.0	112000000.0	122000000.0	114000000.0
Gr	47238915.2	997128315.7	1986435106.1	2558645507.2	2810870338.3	2979691379.6	3047219796.1	2815594229.8	2567318881.8	2683170385.4	2339487916.9
Pr	0.706	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705
GrPr	33350674.2	702975462.6	1400436749.8	1803845082.6	1981663588.5	2100682422.6	2148289956.3	1984993932.0	1809959811.7	1891635121.7	1649338981.4
a	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	1.168	3.228	4.061	4.419	4.560	4.649	4.684	4.562	4.424	4.489	4.289
hr,va (W/m ² °C)	5.67721	5.93163	6.11449	6.16328	6.27776	6.30541	6.29057	6.21214	6.13810	6.12007	6.02704

11-may-2006-L01	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TP (°C)	38.2	48.1	52.5	55.5	59.1	53.8	50.6	48.1	46.0	45.7	41.8
TA (°C)	29.6	31.4	31.6	30.7	31.7	31.6	31.2	30.3	30.3	30.3	29.2
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.61288	1.72122	1.59500	1.60595	1.62370	1.23089	0.82669	0.63519	0.74774	0.81093	0.65217
hr,pv (W/m ² °C)	5.73490	6.22660	6.53727	6.70694	6.91129	6.77271	6.66968	6.53890	6.40383	6.37525	6.19956
R2 (m ² °C/W)	0.13610	0.12582	0.12297	0.12030	0.11716	0.12494	0.13340	0.13939	0.13983	0.13916	0.14595
hc,va (W/m ² °C)	1.16847	3.22772	4.06135	4.41892	4.55959	4.64911	4.68396	4.56214	4.42390	4.48947	4.28897
hr,va (W/m ² °C)	5.67721	5.93163	6.11449	6.16328	6.27776	6.30541	6.29057	6.21214	6.13810	6.12007	6.02704
R3 (m ² °C/W)	0.14608	0.10918	0.09827	0.09450	0.09227	0.09129	0.09112	0.09281	0.09468	0.09425	0.09694
US (W/m ² °C)	3.54393	4.25534	4.52000	4.65563	4.77468	4.62470	4.45399	4.30655	4.26424	4.28429	4.11717
UL (W/m ² °C)	11.90408	12.61549	12.88015	13.01579	13.13483	12.98485	12.81414	12.66671	12.62439	12.64444	12.47732
QL (W)	136.18	281.89	359.33	431.03	482.43	385.70	332.63	300.83	266.04	260.55	211.19

11-may-2006-L01	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
QU (W)	70.00	146.02	65.49	30.05	63.88	-20.84	15.63	-18.24	-32.61	1.31	-15.67
QL (W)	136.18	281.89	359.33	431.03	482.43	385.70	332.63	300.83	266.04	260.55	211.19
QABS (W)	206.18	427.92	424.81	461.08	546.31	364.87	348.26	282.6	233.44	261.85	195.52
η	33.95	34.12	15.42	6.52	11.69	-5.71	4.49	-6.45	-13.97	0.50	-8.01
H _T (W/m ²)	176.43	366.17	363.52	394.56	467.48	312.22	298.01	241.82	199.75	224.07	167.31

11-MAY-2006-L01



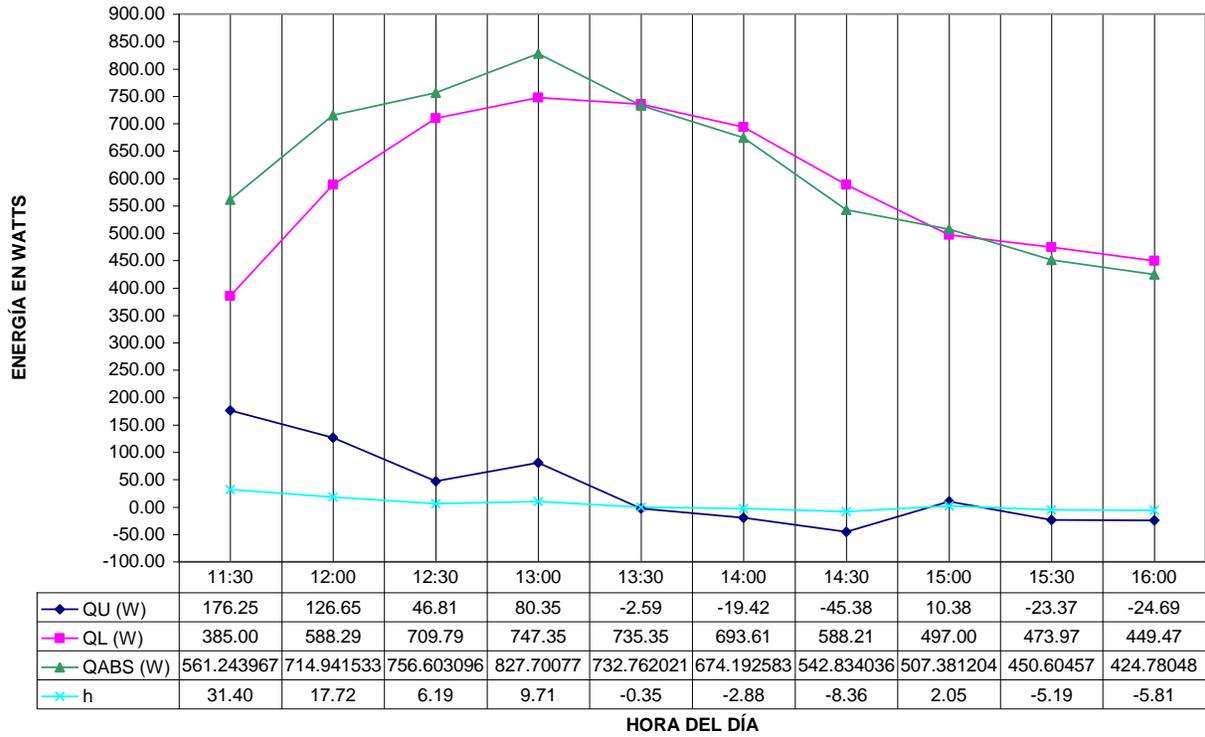
12-may-2006-L01	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TL (°C)	45.9	62.4	71.9	78.9	83.1	81.9	78.4	76.4	75.7	73.1
ρ_L (Kg/m ³)	992.84	982.55	976.63	972.26	969.64	970.39	972.57	973.82	974.26	975.88
CpL (KJ/Kg°C)	4.173	4.186	4.194	4.199	4.202	4.202	4.199	4.197	4.197	4.194
Δt (min)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	19.1	13.9	5.1	8.9	-0.3	-2.1	-5.0	1.1	-2.6	-2.7
QU (W)	176.25	126.65	46.81	80.35	-2.59	-19.42	-45.38	10.38	-23.37	-24.69

12-may-2006-L01	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TP (°C)	52.0	64.6	72.5	75.6	74.4	71.5	65.9	60.1	58.6	57.6
TV (°C)	39.9	46.5	52.2	55.6	54.5	55.1	53.8	49.3	46.4	45.3
TA (°C)	29.6	31.4	33.1	34.4	33.8	33.1	33.0	31.9	31.5	31.8
Tf,pv (°C)	46.0	55.5	62.4	65.6	64.4	63.3	59.9	54.7	52.5	51.4
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	102000000.0	90000000.0	81000000.0	78000000.0	79000000.0	80000000.0	85000000.0	91000000.0	94000000.0	95000000.0
Gr	4596006.5	6082949.8	6123167.7	5794721.9	5839594.6	4885724.0	3830005.4	3659824.4	4253037.6	4333659.5
Pr	0.704	0.703	0.702	0.702	0.702	0.702	0.703	0.703	0.703	0.704
GrPr	3235588.6	4276313.7	4298463.7	4067894.8	4099395.4	3429778.2	2692493.8	2572856.5	2989885.5	3050896.3
a	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.746	1.916	1.920	1.885	1.890	1.780	1.642	1.618	1.701	1.712
hr,pv (W/m ² °C)	6.43178	7.03114	7.47945	7.69685	7.61870	7.54075	7.30922	6.97171	6.83438	6.76854
Tf,va (°C)	34.8	38.9	42.7	45.0	44.1	44.1	43.4	40.6	39.0	38.6
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	116000000.0	111000000.0	106000000.0	103000000.0	104000000.0	104000000.0	105000000.0	109000000.0	111000000.0	111000000.0
Gr	1850526423.8	2595971994.4	3135734681.6	3381996567.6	3342346855.1	3543693051.2	3382616094.3	2937486119.3	2561588259.3	2320902114.2
Pr	0.705	0.705	0.704	0.704	0.704	0.704	0.704	0.705	0.705	0.705
GrPr	1304621128.7	1830160256.0	2207557215.8	2380925583.6	2353012186.0	2494759908.0	2381361730.4	2070927714.1	1805919722.8	1636235990.5
a	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	3.967	4.440	4.727	4.847	4.828	4.923	4.848	4.627	4.421	4.278
hr,va (W/m ² °C)	5.96617	6.21257	6.44137	6.58753	6.53306	6.53238	6.48844	6.31280	6.21546	6.19097

12-may-2006-L01	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TP (°C)	52.0	64.6	72.5	75.6	74.4	71.5	65.9	60.1	58.6	57.6
TA (°C)	29.6	31.4	33.1	34.4	33.8	33.1	33.0	31.9	31.5	31.8
km (W/m ² °C)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m ² °C)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.74624	1.91635	1.91966	1.88470	1.88955	1.78050	1.64250	1.61780	1.70087	1.71236
hr,pv (W/m ² °C)	6.43178	7.03114	7.47945	7.69685	7.61870	7.54075	7.30922	6.97171	6.83438	6.76854
R2 (m ² °C/W)	0.12228	0.11176	0.10639	0.10437	0.10517	0.10728	0.11171	0.11642	0.11716	0.11791
hc,va (W/m ² °C)	3.96653	4.44030	4.72665	4.84728	4.82826	4.92333	4.84757	4.62705	4.42061	4.27758
hr,va (W/m ² °C)	5.96617	6.21257	6.44137	6.58753	6.53306	6.53238	6.48844	6.31280	6.21546	6.19097
R3 (m ² °C/W)	0.10068	0.09387	0.08954	0.08745	0.08802	0.08729	0.08821	0.09141	0.09402	0.09552
US (W/m ² °C)	4.48518	4.86300	5.10375	5.21323	5.17626	5.13942	5.00188	4.81163	4.73528	4.68524
UL (W/m ² °C)	12.84533	13.22315	13.46390	13.57339	13.53641	13.49957	13.36203	13.17178	13.09543	13.04539
QL (W)	385.00	588.29	709.79	747.35	735.35	693.61	588.21	497.00	473.97	449.47

12-may-2006-L01	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
QU (W)	176.25	126.65	46.81	80.35	-2.59	-19.42	-45.38	10.38	-23.37	-24.69
QL (W)	385.00	588.29	709.79	747.35	735.35	693.61	588.21	497.00	473.97	449.47
QABS (W)	561.24	714.94	756.6	827.7	732.76	674.19	542.83	507.38	450.6	424.78
η	31.40	17.72	6.19	9.71	-0.35	-2.88	-8.36	2.05	-5.19	-5.81
H _T (W/m ²)	480.26	611.78	647.43	708.27	627.03	576.91	464.51	434.17	385.59	363.49

12-MAY-2006-L01



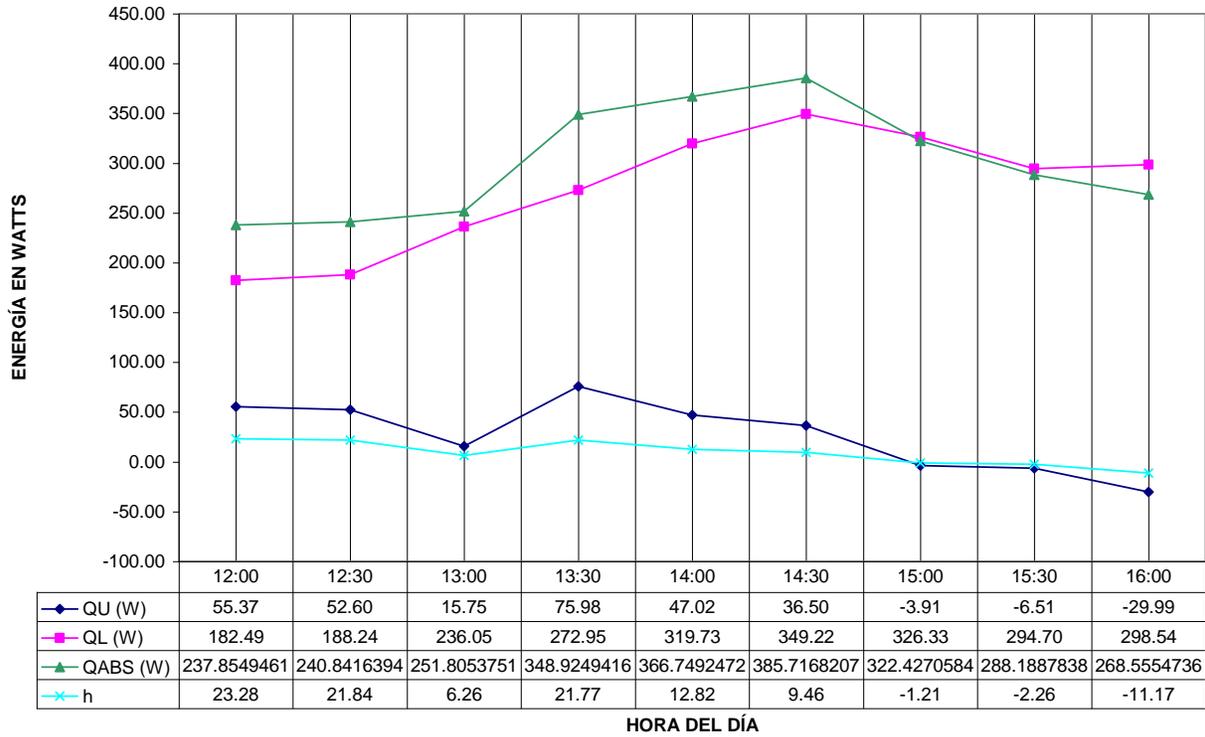
14-may-2006-L01	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TL (°C)	40.4	46.3	50.0	55.0	61.7	66.3	68.1	67.5	65.5
ρ_L (Kg/m ³)	996.27	992.59	990.28	987.16	982.99	980.12	978.99	979.37	980.62
CpL (KJ/Kg°C)	4.168	4.173	4.176	4.180	4.185	4.189	4.190	4.190	4.188
Δt (min)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	6.0	5.7	1.7	8.3	5.1	4.0	-0.4	-0.7	-3.3
QU (W)	55.37	52.60	15.75	75.98	47.02	36.50	-3.91	-6.51	-29.99

14-may-2006-L01	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TP (°C)	40.9	42.6	44.0	46.8	49.6	50.2	49.3	46.8	45.8
TV (°C)	37.5	39.2	39.7	43.3	47.0	46.9	47.0	45.9	44.0
TA (°C)	30.0	31.3	30.0	30.7	30.9	29.9	30.2	29.4	28.2
Tf,pv (°C)	39.2	40.9	41.9	45.0	48.3	48.5	48.1	46.3	44.9
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	110000000.0	108000000.0	107000000.0	103000000.0	99000000.0	99000000.0	99000000.0	101000000.0	103000000.0
Gr	1413210.6	1367406.9	1713354.9	1342456.9	940092.2	1198156.8	829493.2	319694.7	671228.5
Pr	0.705	0.705	0.705	0.704	0.704	0.704	0.704	0.704	0.704
GrPr	996313.4	964021.9	1207915.2	945089.7	661824.9	843502.4	583963.2	225065.0	472544.8
a	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.179	1.166	1.257	1.159	1.029	1.116	0.987	0.718	0.920
hr,pv (W/m ² °C)	6.02877	6.12628	6.18510	6.37241	6.57114	6.58655	6.56192	6.45218	6.36476
Tf,va (°C)	33.7	35.2	34.9	37.0	39.0	38.4	38.6	37.6	36.1
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	117000000.0	115000000.0	116000000.0	113000000.0	111000000.0	111000000.0	111000000.0	112000000.0	114000000.0
Gr	1359086823.6	1398194450.2	1742728768.0	2196454676.8	2767890669.5	2931213410.8	2888233742.1	2870886992.9	2798557244.0
Pr	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705
GrPr	958156210.6	985727087.4	1228623781.4	1548500547.1	1951362922.0	2066505454.6	2036204788.2	2023975330.0	1972982857.0
a	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	3.579	3.613	3.888	4.200	4.536	4.624	4.601	4.592	4.553
hr,va (W/m ² °C)	5.90457	5.99312	5.97179	6.09724	6.21606	6.18228	6.19554	6.13749	6.04580

14-may-2006-L01	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
TP (°C)	40.9	42.6	44.0	46.8	49.6	50.2	49.3	46.8	45.8
TA (°C)	30.0	31.3	30.0	30.7	30.9	29.9	30.2	29.4	28.2
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.17919	1.16631	1.25738	1.15863	1.02889	1.11553	0.98684	0.71816	0.91960
hr,pv (W/m ² °C)	6.02877	6.12628	6.18510	6.37241	6.57114	6.58655	6.56192	6.45218	6.36476
R2 (m ² °C/W)	0.13874	0.13713	0.13436	0.13278	0.13158	0.12984	0.13247	0.13946	0.13728
hc,va (W/m ² °C)	3.57872	3.61272	3.88796	4.19971	4.53623	4.62375	4.60104	4.59181	4.55292
hr,va (W/m ² °C)	5.90457	5.99312	5.97179	6.09724	6.21606	6.18228	6.19554	6.13749	6.04580
R3 (m ² °C/W)	0.10545	0.10410	0.10142	0.09712	0.09300	0.09254	0.09262	0.09320	0.09435
US (W/m ² °C)	4.09527	4.14544	4.24113	4.34972	4.45272	4.49689	4.44259	4.29800	4.31720
UL (W/m ² °C)	12.45542	12.50559	12.60128	12.70987	12.81287	12.85704	12.80274	12.65816	12.67736
QL (W)	182.49	188.24	236.05	272.95	319.73	349.22	326.33	294.70	298.54

14-may-2006-L01	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
QU (W)	55.37	52.60	15.75	75.98	47.02	36.50	-3.91	-6.51	-29.99
QL (W)	182.49	188.24	236.05	272.95	319.73	349.22	326.33	294.70	298.54
QABS (W)	237.85	240.84	251.81	348.92	366.75	385.72	322.43	288.19	268.56
η	23.28	21.84	6.26	21.77	12.82	9.46	-1.21	-2.26	-11.17
H _T (W/m ²)	203.54	206.09	215.47	298.58	313.83	330.06	275.90	246.61	229.81

14-MAY-2006-L01



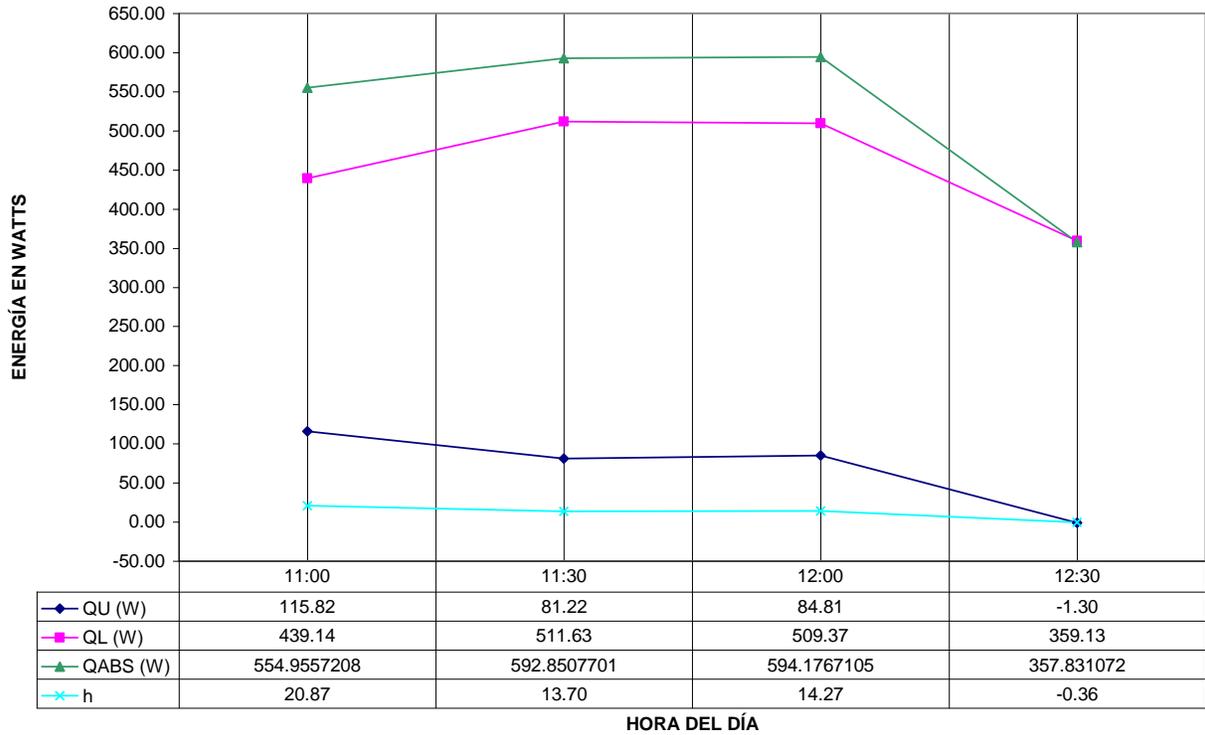
15-may-2006-L01	11:00	11:30	12:00	12:30
TL (°C)	44.1	54.9	63.9	68.5
ρ_L (Kg/m ³)	993.96	987.22	981.61	978.75
CpL (KJ/Kg°C)	4.171	4.180	4.187	4.191
Δt (min)	30.0	30.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	12.6	8.9	9.3	-0.1
QU (W)	115.82	81.22	84.81	-1.30

15-may-2006-L02	13:00	13:30	14:00
TP (°C)	63.3	62.8	62.4
TV (°C)	49.0	47.1	46.3
TA (°C)	33.3	34.9	34.8
Tf,pv (°C)	56.2	55.0	54.3
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	89000000.0	91000000.0	92000000.0
Gr	4739375.7	5320300.2	5515803.7
Pr	0.703	0.703	0.703
GrPr	0.0	3740171.0	3877610.0
a	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	0.000	1.833	1.855
hr,pv (W/m ² °C)	7.06927	6.99298	6.95172
Tf,va (°C)	41.1	41.0	40.5
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	108000000.0	108000000.0	109000000.0
Gr	2634537535.0	2040721138.2	1933000923.3
Pr	0.705	0.705	0.705
GrPr	1857348962.2	1438708402.4	1362765650.9
a	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.462	4.098	4.025
hr,va (W/m ² °C)	6.34669	6.33753	6.30855

15-may-2006-L01	11:00	11:30	12:00	12:30
TP (°C)	57.0	61.5	61.8	52.7
TA (°C)	31.7	32.3	32.9	32.0
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.76610	1.86730	1.76187	1.24803
hr,pv (W/m ² °C)	6.69884	6.88991	6.98415	6.69947
R2 (m ² °C/W)	0.11813	0.11419	0.11434	0.12583
hc,va (W/m ² °C)	4.11947	4.21324	4.39881	4.50415
hr,va (W/m ² °C)	6.13837	6.20264	6.30098	6.27745
R3 (m ² °C/W)	0.09749	0.09601	0.09346	0.09275
US (W/m ² °C)	4.63777	4.75740	4.81238	4.57506
UL (W/m ² °C)	12.99793	13.11755	13.17253	12.93521
QL (W)	439.14	511.63	509.37	359.13

15-may-2006-L01	11:00	11:30	12:00	12:30
QU (W)	115.82	81.22	84.81	-1.30
QL (W)	439.14	511.63	509.37	359.13
QABS (W)	554.96	592.85	594.18	357.83
η	20.87	13.70	14.27	-0.36
H _T (W/m ²)	474.88	507.31	508.44	306.20

15-MAY-2006-L01



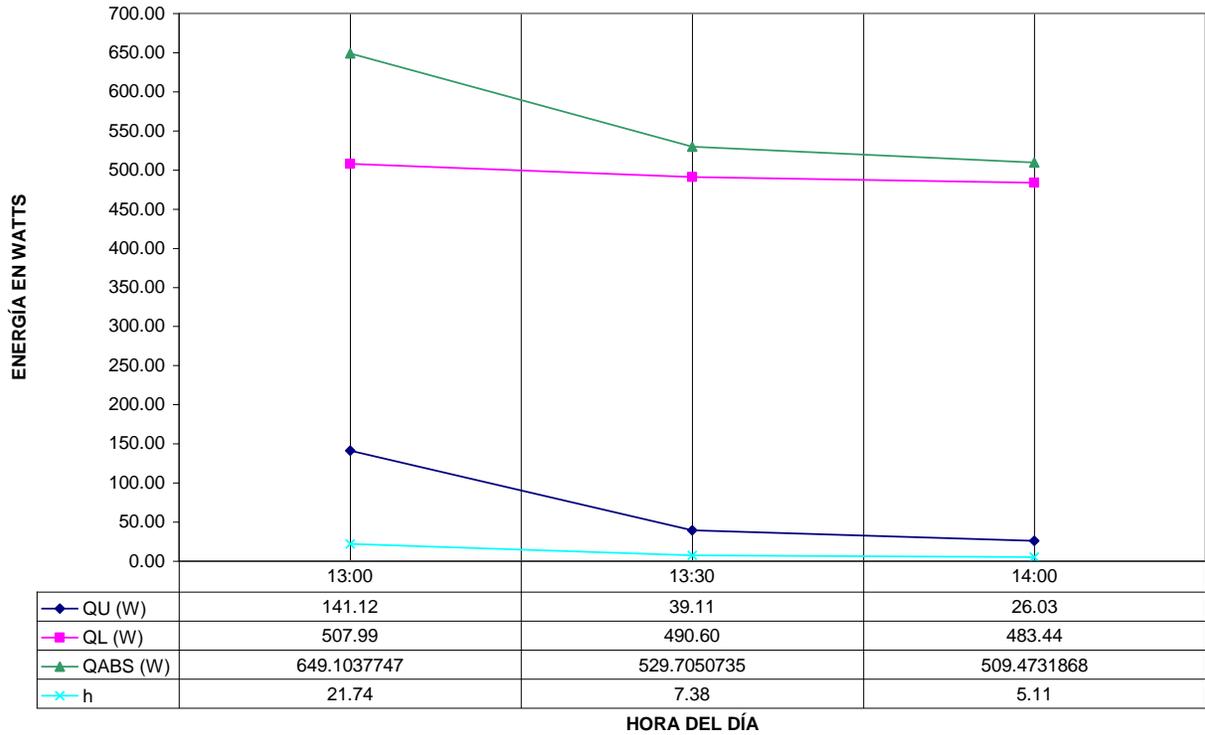
15-may-2006-L02	13:00	13:30	14:00
TL (°C)	60.9	65.6	69.1
ρL (Kg/m ³)	983.48	980.55	978.37
CpL (KJ/Kg°C)	4.185	4.188	4.191
Δt (min)	10.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	5.1	4.3	2.9
QU (W)	141.12	39.11	26.03

15-may-2006-L02	13:00	13:30	14:00
TP (°C)	63.3	62.8	62.4
TV (°C)	49.0	47.1	46.3
TA (°C)	33.3	34.9	34.8
Tf,pv (°C)	56.2	55.0	54.3
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	89000000.0	91000000.0	92000000.0
Gr	4739375.7	5320300.2	5515803.7
Pr	0.703	0.703	0.703
GrPr	0.0	3740171.0	3877610.0
a	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	0.000	1.833	1.855
hr,pv (W/m ² °C)	7.06927	6.99298	6.95172
Tf,va (°C)	41.1	41.0	40.5
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	108000000.0	108000000.0	109000000.0
Gr	2634537535.0	2040721138.2	1933000923.3
Pr	0.705	0.705	0.705
GrPr	1857348962.2	1438708402.4	1362765650.9
a	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.462	4.098	4.025
hr,va (W/m ² °C)	6.34669	6.33753	6.30855

15-may-2006-L02	13:00	13:30	14:00
TP (°C)	63.3	62.8	62.4
TA (°C)	33.3	34.9	34.8
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	0.00000	1.83267	1.85484
hr,pv (W/m ² °C)	7.06927	6.99298	6.95172
R2 (m ² °C/W)	0.14146	0.11331	0.11355
hc,va (W/m ² °C)	4.46218	4.09801	4.02460
hr,va (W/m ² °C)	6.34669	6.33753	6.30855
R3 (m ² °C/W)	0.09252	0.09583	0.09678
US (W/m ² °C)	4.27398	4.78166	4.75449
UL (W/m ² °C)	12.63413	13.14181	13.11464
QL (W)	507.99	490.60	483.44

15-may-2006-L02	13:00	13:30	14:00
QU (W)	141.12	39.11	26.03
QL (W)	507.99	490.60	483.44
QABS (W)	649.1	529.71	509.47
η	21.74	7.38	5.11
H _T (W/m ²)	555.45	453.27	435.96

15-MAY-2006-L02



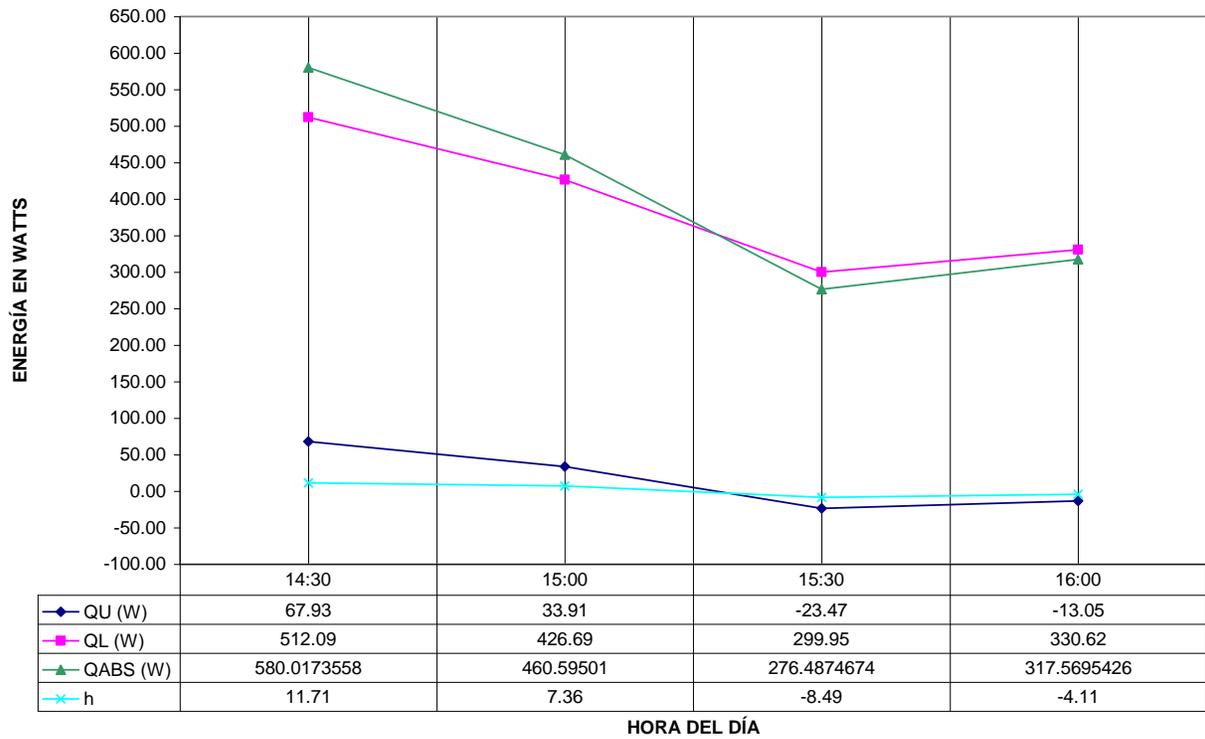
15-may-2006-L03	14:30	15:00	15:30	16:00
TL (°C)	61.3	65.0	65.6	63.6
ρ_L (Kg/m ³)	983.23	980.93	980.55	981.80
CpL (KJ/Kg°C)	4.185	4.188	4.188	4.187
Δt (min)	15.0	30.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	3.7	3.7	-2.6	-1.4
QU (W)	67.93	33.91	-23.47	-13.05

15-may-2006-L03	14:30	15:00	15:30	16:00
TP (°C)	61.4	55.5	48.2	50.2
TV (°C)	46.8	45.8	43.8	41.3
TA (°C)	32.3	31.0	30.7	30.9
Tf,pv (°C)	54.1	50.6	46.0	45.7
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	92000000.0	96000000.0	102000000.0	102000000.0
Gr	4984779.1	3449797.8	1671275.1	3361542.0
Pr	0.703	0.704	0.704	0.704
GrPr	3504299.7	2428657.7	1176577.7	2366525.5
a	0.061	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.793	1.587	1.246	1.573
hr,pv (W/m ² °C)	6.93664	6.71771	6.43280	6.41712
Tf,va (°C)	39.5	38.4	37.2	36.1
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	110000000.0	111000000.0	113000000.0	114000000.0
Gr	2478881437.2	2552992325.6	2301464462.2	1845105564.6
Pr	0.705	0.705	0.705	0.705
GrPr	1747611413.3	1799859589.5	1622532445.8	1300799423.1
a	0.140	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.373	4.416	4.266	3.963
hr,va (W/m ² °C)	6.24970	6.18116	6.11223	6.04356

15-may-2006-L03	14:30	15:00	15:30	16:00
TP (°C)	61.4	55.5	48.2	50.2
TA (°C)	32.3	31.0	30.7	30.9
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.79330	1.58699	1.24641	1.57334
hr,pv (W/m ² °C)	6.93664	6.71771	6.43280	6.41712
R2 (m ² °C/W)	0.11455	0.12041	0.13022	0.12515
hc,va (W/m ² °C)	4.37251	4.41566	4.26560	3.96265
hr,va (W/m ² °C)	6.24970	6.18116	6.11223	6.04356
R3 (m ² °C/W)	0.09414	0.09437	0.09636	0.09994
US (W/m ² °C)	4.79178	4.65589	4.41343	4.44272
UL (W/m ² °C)	13.15193	13.01604	12.77359	12.80287
QL (W)	512.09	426.69	299.95	330.62

15-may-2006-L03	14:30	15:00	15:30	16:00
QU (W)	67.93	33.91	-23.47	-13.05
QL (W)	512.09	426.69	299.95	330.62
QABS (W)	580.02	460.6	276.49	317.57
η	11.71	7.36	-8.49	-4.11
H _T (W/m ²)	496.33	394.14	236.59	271.75

15-MAY-2006-L03



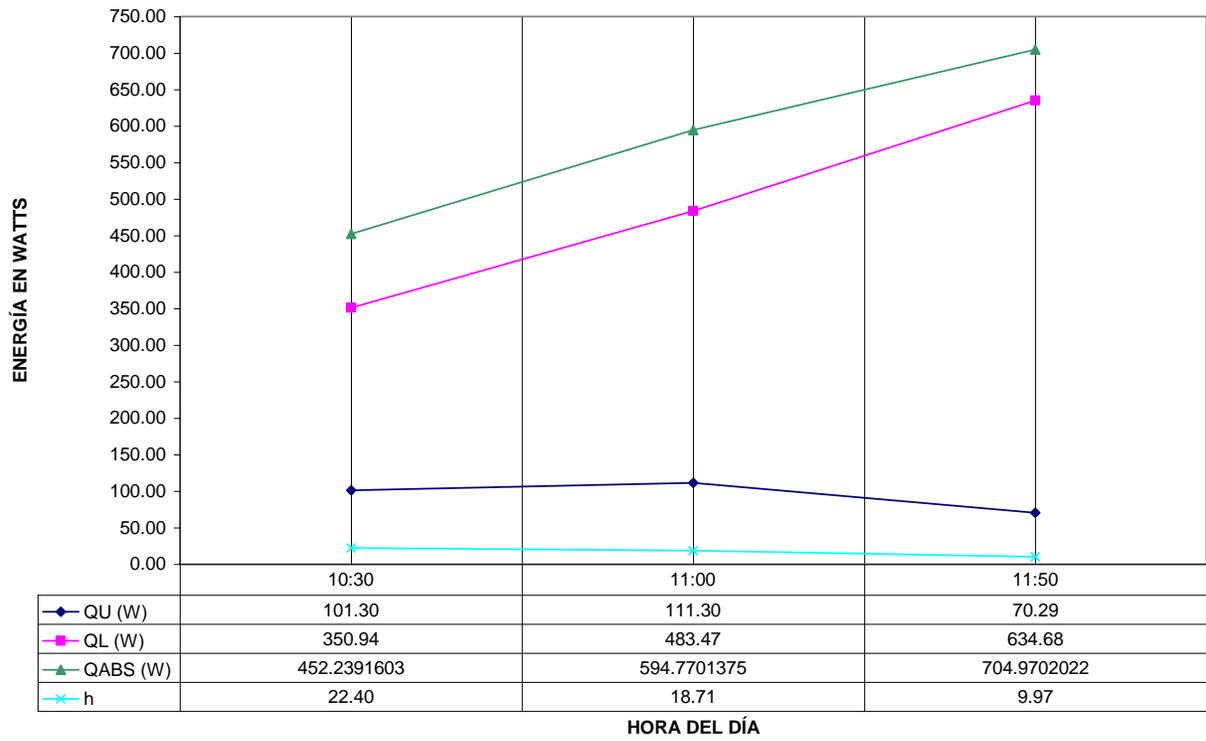
17-may-2006-L01	10:30	11:00	11:50
TL (°C)	45.1	56.6	69.1
ρ_L (Kg/m ³)	993.34	986.79	978.37
CpL (KJ/Kg°C)	4.172	4.180	4.191
Δt (min)	30.0	30.0	50.0
ΔTL (°C)	11.0	12.1	12.9
QU (W)	101.30	111.30	70.29

17-may-2006-L01	10:30	11:00	11:50
TP (°C)	52.0	58.4	66.8
TV (°C)	38.7	43.5	49.2
TA (°C)	31.5	30.7	31.2
Tf,pv (°C)	45.4	50.9	58.0
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	103000000.0	96000000.0	87000000.0
Gr	5101336.4	5326630.8	5685798.5
Pr	0.704	0.704	0.704
GrPr	3591340.8	3749948.1	4002802.2
a	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.808	1.834	1.875
hr,pv (W/m ² °C)	6.39606	6.73691	7.18912
Tf,va (°C)	35.1	37.1	40.2
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	115000000.0	113000000.0	109000000.0
Gr	1291326084.5	2240208754.0	3047219796.1
Pr	0.705	0.705	0.705
GrPr	910384889.6	1579347171.6	2148289956.3
a	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	3.518	4.227	4.684
hr,va (W/m ² °C)	5.98423	6.10176	6.29057

17-may-2006-L01	10:30	11:00	11:50
TP (°C)	52.0	58.4	66.8
TA (°C)	31.5	30.7	31.2
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.80803	1.83426	1.87459
hr,pv (W/m ² °C)	6.39606	6.73691	7.18912
R2 (m ² °C/W)	0.12189	0.11667	0.11033
hc,va (W/m ² °C)	3.51823	4.22742	4.68396
hr,va (W/m ² °C)	5.98423	6.10176	6.29057
R3 (m ² °C/W)	0.10524	0.09681	0.09112
US (W/m ² °C)	4.40284	4.68421	4.96401
UL (W/m ² °C)	12.76299	13.04436	13.32416
QL (W)	350.94	483.47	634.68

17-may-2006-L01	10:30	11:00	11:50
QU (W)	101.30	111.30	70.29
QL (W)	350.94	483.47	634.68
QABS (W)	452.24	594.77	704.97
η	22.40	18.71	9.97
H _T (W/m ²)	386.99	508.95	603.25

17-MAY-2006-L01



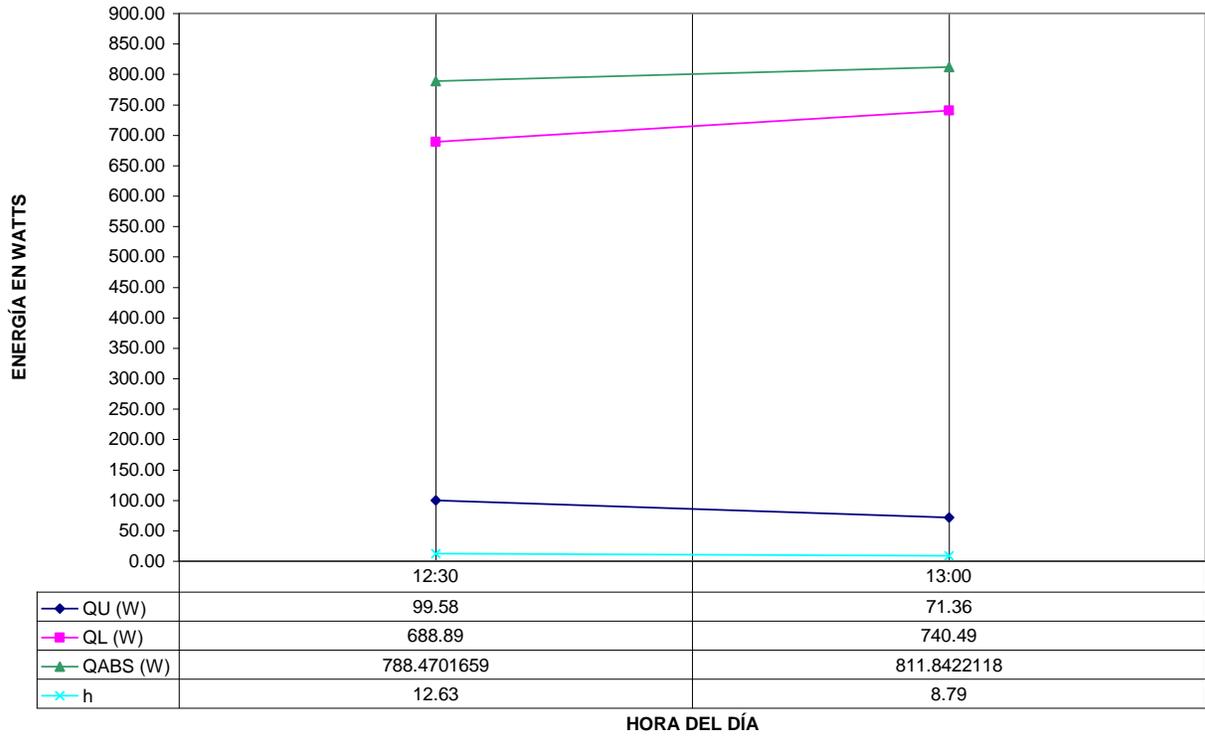
17-may-2006-L02	12:30	13:00
TL (°C)	69.1	76.6
ρ_L (Kg/m ³)	978.37	973.51
CpL (KJ/Kg°C)	4.191	4.198
Δt (min)	20.0	30.0
ΔTL (°C)	7.3	7.9
QU (W)	99.58	71.36

17-may-2006-L02	12:30	13:00
TP (°C)	71.1	73.3
TV (°C)	53.3	53.8
TA (°C)	32.8	32.4
Tf,pv (°C)	62.2	63.5
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	81000000.0	86000000.0
Gr	5354001.3	6260951.0
Pr	0.702	0.702
GrPr	3758508.9	4395187.6
a	0.061	0.061
m	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.836	1.934
hr,pv (W/m ² °C)	7.46615	7.55777
Tf,va (°C)	43.1	43.1
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	105000000.0	105000000.0
Gr	3333828362.2	3472060269.9
Pr	0.704	0.704
GrPr	2347015167.0	2444330430.0
a	0.140	0.140
m	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.824	4.890
hr,va (W/m ² °C)	6.46676	6.46887

17-may-2006-L02	12:30	13:00
TP (°C)	71.1	73.3
TA (°C)	32.8	32.4
km (W/m°C)	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.83566	1.93395
hr,pv (W/m ² °C)	7.46615	7.55777
R2 (m ² °C/W)	0.10751	0.10536
hc,va (W/m ² °C)	4.82415	4.88993
hr,va (W/m ² °C)	6.46676	6.46887
R3 (m ² °C/W)	0.08857	0.08804
US (W/m ² °C)	5.10015	5.17083
UL (W/m ² °C)	13.46030	13.53098
QL (W)	688.89	740.49

17-may-2006-L02	12:30	13:00
QU (W)	99.58	71.36
QL (W)	688.89	740.49
QABS (W)	788.47	811.84
η	12.63	8.79
H _T (W/m ²)	674.70	694.70

17-MAY-2006-L02



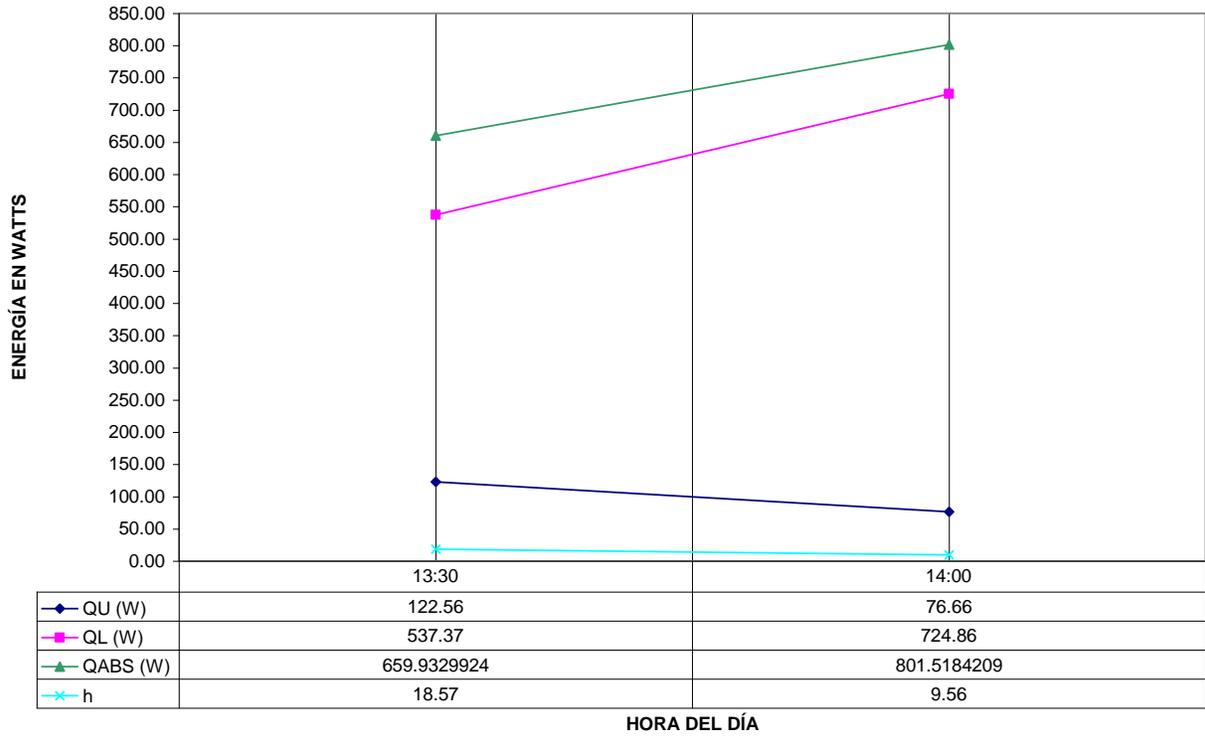
17-may-2006-L03	13:30	14:00
TL (°C)	65.8	73.4
ρL (Kg/m ³)	980.43	975.69
CpL (KJ/Kg°C)	4.189	4.195
Δt (min)	15.0	30.0
ΔTL (°C)	6.7	8.4
QU (W)	122.56	76.66

17-may-2006-L03	13:30	14:00
TP (°C)	63.4	73.5
TV (°C)	49.4	52.7
TA (°C)	33.0	33.4
Tf,pv (°C)	56.4	63.1
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	89000000.0	81000000.0
Gr	4639948.3	6273984.6
Pr	0.703	0.703
GrPr	3261883.6	4410611.2
a	0.061	0.061
m	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.751	1.936
hr,pv (W/m ² °C)	7.08202	7.53004
Tf,va (°C)	41.2	43.0
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	108000000.0	106000000.0
Gr	2734900869.7	3176778329.2
Pr	0.705	0.704
GrPr	1928105113.1	2236451943.8
a	0.140	0.140
m	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.518	4.747
hr,va (W/m ² °C)	6.35002	6.46449

17-may-2006-L03	13:30	14:00
TP (°C)	63.4	73.5
TA (°C)	33.0	33.4
km (W/m°C)	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.75096	1.93621
hr,pv (W/m ² °C)	7.08202	7.53004
R2 (m ² °C/W)	0.11321	0.10564
hc,va (W/m ² °C)	4.51814	4.74718
hr,va (W/m ² °C)	6.35002	6.46449
R3 (m ² °C/W)	0.09201	0.08919
US (W/m ² °C)	4.87272	5.13265
UL (W/m ² °C)	13.23288	13.49280
QL (W)	537.37	724.86

17-may-2006-L03	13:30	14:00
QU (W)	122.56	76.66
QL (W)	537.37	724.86
QABS (W)	659.93	801.52
η	18.57	9.56
H _r (W/m ²)	564.71	685.87

17-MAY-2006-L03



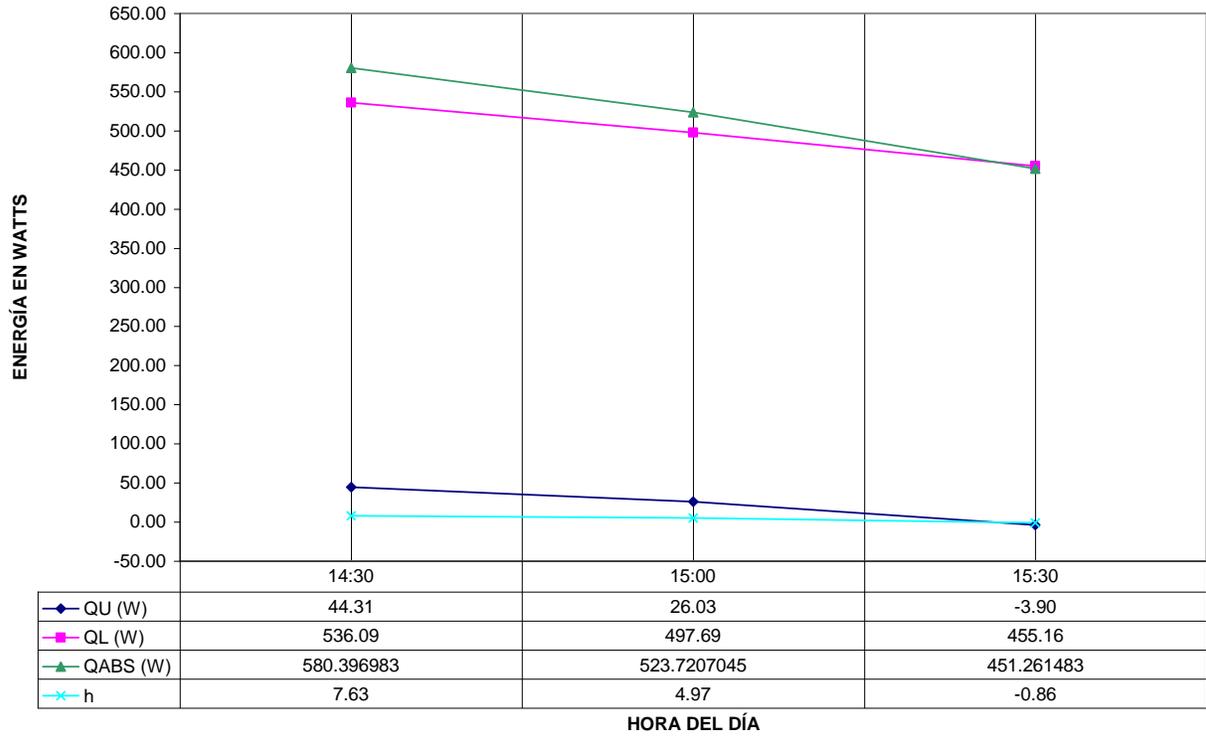
17-may-2006-L04	14:30	15:00	15:30
TL (°C)	66.5	69.1	70.4
ρ_L (Kg/m ³)	979.99	978.37	977.56
CpL (KJ/Kg°C)	4.189	4.191	4.192
Δt (min)	15.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	2.4	2.9	-0.4
QU (W)	44.31	26.03	-3.90

17-may-2006-L04	14:30	15:00	15:30
TP (°C)	62.6	59.5	56.4
TV (°C)	52.3	51.5	48.7
TA (°C)	32.4	31.3	30.4
Tf,pv (°C)	57.4	55.5	52.5
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	88000000.0	90000000.0	94000000.0
Gr	3375320.3	2681190.0	2695340.7
Pr	0.703	0.703	0.703
GrPr	2372850.2	1884876.6	1894824.5
a	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.575	1.458	1.461
hr,pv (W/m ² °C)	7.14845	7.02522	6.83453
Tf,va (°C)	42.3	41.4	39.5
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	106000000.0	108000000.0	110000000.0
Gr	3267074354.1	3378898933.8	3117768405.6
Pr	0.705	0.705	0.705
GrPr	2303287419.6	2382123748.3	2198026726.0
a	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.794	4.848	4.720
hr,va (W/m ² °C)	6.42049	6.36592	6.25017

17-may-2006-L04	14:30	15:00	15:30
TP (°C)	62.6	59.5	56.4
TA (°C)	32.4	31.3	30.4
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.57474	1.45841	1.46097
hr,pv (W/m ² °C)	7.14845	7.02522	6.83453
R2 (m ² °C/W)	0.11464	0.11787	0.12055
hc,va (W/m ² °C)	4.79401	4.84809	4.71984
hr,va (W/m ² °C)	6.42049	6.36592	6.25017
R3 (m ² °C/W)	0.08917	0.08917	0.09116
US (W/m ² °C)	4.90660	4.82980	4.72356
UL (W/m ² °C)	13.26675	13.18995	13.08371
QL (W)	536.09	497.69	455.16

17-may-2006-L04	14:30	15:00	15:30
QU (W)	44.31	26.03	-3.90
QL (W)	536.09	497.69	455.16
QABS (W)	580.4	523.72	451.26
η	7.63	4.97	-0.86
H _T (W/m ²)	496.65	448.15	386.15

17-MAY-2006-L04



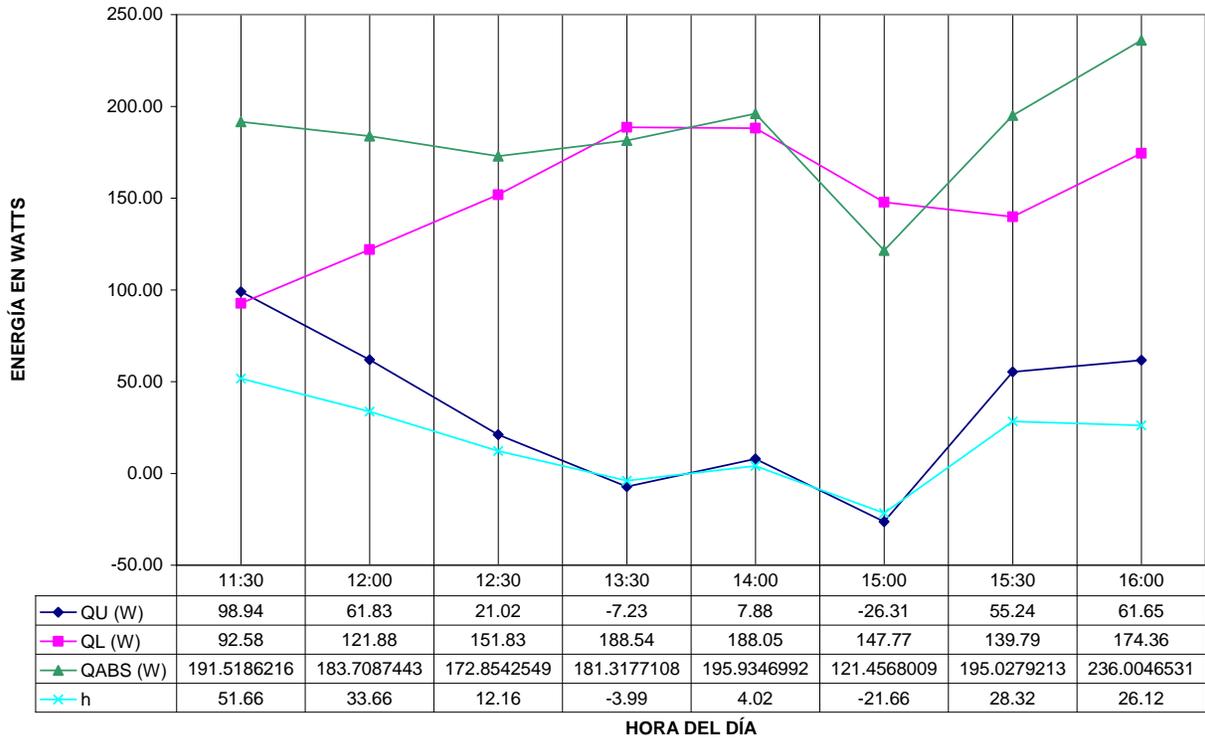
18-may-2006-L01	11:30	12:00	12:30	13:30	14:00	15:00	15:30	16:00
TL (°C)	34.9	43.6	48.1	48.5	48.1	45.7	45.9	52.2
ρ_L (Kg/m ³)	993.89	991.09	991.46	991.22	991.46	992.96	992.84	988.91
CpL (KJ/Kg°C)	4.181	4.181	4.174	4.175	4.174	4.173	4.173	4.178
Δt (min)	30.0	30.0	30.0	60.0	30.0	60.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	10.7	6.7	2.3	-1.6	0.9	-5.7	6.0	6.7
QU (W)	98.94	61.83	21.02	-7.23	7.88	-26.31	55.24	61.65

18-may-2006-L01	11:30	12:00	12:30	13:30	14:00	15:00	15:30	16:00
TP (°C)	41.3	43.4	42.5	41.5	39.5	37.7	43.9	53.9
TV (°C)	32.3	35.0	36.8	38.6	38.3	36.9	37.8	40.1
TA (°C)	26.5	27.5	27.5	27.1	26.8	27.8	29.2	29.6
Tf,pv (°C)	36.8	39.2	39.6	40.0	38.9	37.3	40.8	47.0
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	113000000.0	110000000.0	110000000.0	109000000.0	110000000.0	113000000.0	108000000.0	101000000.0
Gr	3808220.8	3440860.5	2355350.9	1177116.9	491551.5	336638.3	2453288.9	5171531.4
Pr	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.704
GrPr	2684795.6	2425806.7	1660522.4	829867.4	346543.8	237330.0	1729568.6	3640758.1
a	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061
m	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061
k (W/m°C)	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
hc,pv (W/m ² °C)	0.324	0.322	0.314	0.301	0.286	0.279	0.315	0.330
hr,pv (W/m ² °C)	5.89193	6.02822	6.05519	6.07661	6.01269	5.91781	6.12375	6.49462
Tf,va (°C)	29.4	31.2	32.1	32.8	32.6	32.3	33.5	34.9
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	122000000.0	120000000.0	119000000.0	118000000.0	118000000.0	119000000.0	117000000.0	116000000.0
Gr	1086495050.4	1393935203.7	1714075655.5	2101744523.8	2101744523.8	1677213813.4	1549358978.9	1886458975.7
Pr	0.705	0.706	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705
GrPr	765979010.6	984118253.8	1208423337.1	1481729889.3	1481729889.3	1182435738.5	1092298080.1	1329953577.9
a	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	3.321	3.611	3.867	4.138	4.138	3.839	3.738	3.992
hr,va (W/m ² °C)	5.65806	5.76144	5.81317	5.85396	5.83962	5.82454	5.89185	5.97205

18-may-2006-L01	11:30	12:00	12:30	13:30	14:00	15:00	15:30	16:00
TV (°C)	32.3	35.0	36.8	38.6	38.3	36.9	37.8	40.1
TA (°C)	26.5	27.5	27.5	27.1	26.8	27.8	29.2	29.6
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	0.32362	0.32163	0.31428	0.30126	0.28563	0.27911	0.31506	0.32969
hr,pv (W/m ² °C)	5.89193	6.02822	6.05519	6.07661	6.01269	5.91781	6.12375	6.49462
R2 (m ² °C/W)	0.16089	0.15748	0.15700	0.15679	0.15877	0.16137	0.15531	0.14653
hc,va (W/m ² °C)	3.32140	3.61076	3.86654	4.13846	4.13846	3.83862	3.73849	3.99204
hr,va (W/m ² °C)	5.65806	5.76144	5.81317	5.85396	5.83962	5.82454	5.89185	5.97205
R3 (m ² °C/W)	0.11137	0.10670	0.10331	0.10008	0.10022	0.10349	0.10384	0.10036
US (W/m ² °C)	3.67307	3.78526	3.84160	3.89305	3.86112	3.77563	3.85882	4.05030
UL (W/m ² °C)	12.03322	12.14541	12.20176	12.25320	12.22127	12.13578	12.21897	12.41045
QL (W)	92.58	121.88	151.83	188.54	188.05	147.77	139.79	174.36

18-may-2006-L01	11:30	12:00	12:30	13:30	14:00	15:00	15:30	16:00
QU (W)	98.94	61.83	21.02	-7.23	7.88	-26.31	55.24	61.65
QL (W)	92.58	121.88	151.83	188.54	188.05	147.77	139.79	174.36
QABS (W)	191.52	183.71	172.85	181.32	195.93	121.46	195.03	236
η	51.66	33.66	12.16	-3.99	4.02	-21.66	28.32	26.12
H _T (W/m ²)	163.88	157.20	147.91	155.16	167.66	103.93	166.89	201.95

18-MAY-2006-L01



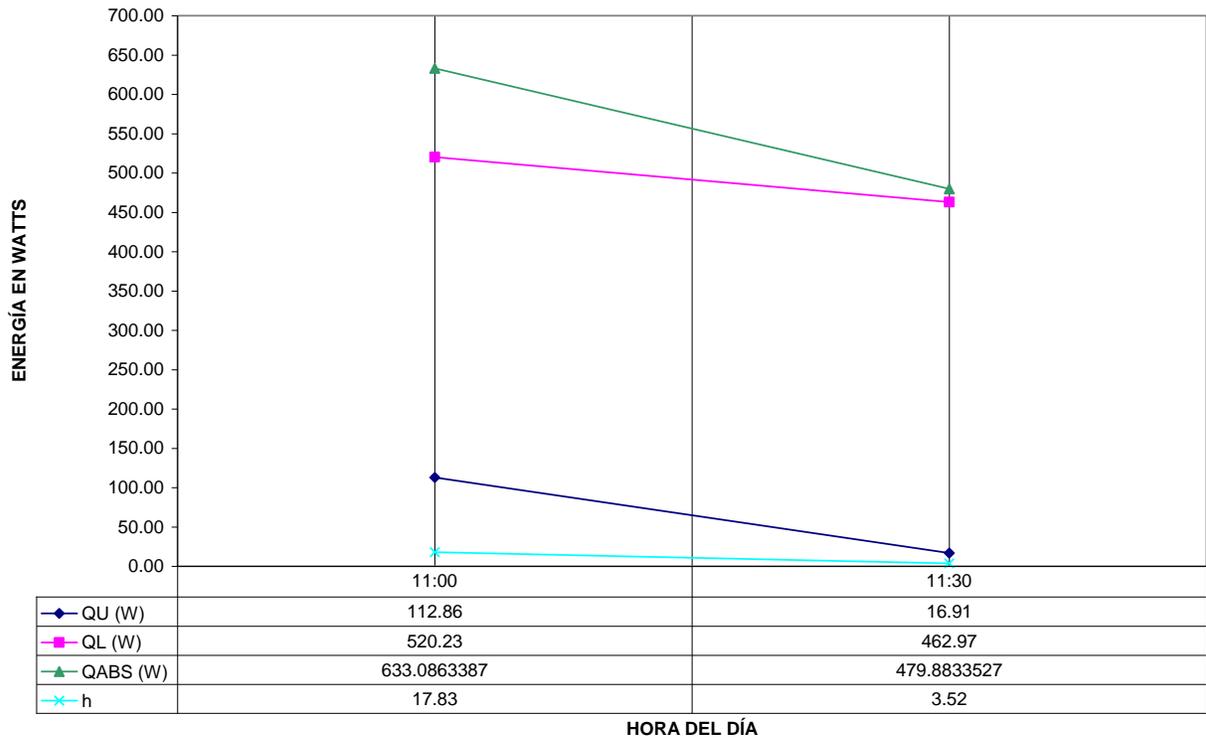
19-may-2006-L01	11:00	11:30
TL (°C)	51.0	70.4
ρ_L (Kg/m ³)	989.66	977.56
CpL (KJ/Kg°C)	4.177	4.192
Δt (min)	90.0	30.0
ΔTL (°C)	36.9	1.9
QU (W)	112.86	16.91

19-may-2006-L01	11:00	11:30
TP (°C)	57.3	56.8
TV (°C)	42.1	50.0
TA (°C)	27.5	30.4
Tf,pv (°C)	49.7	53.4
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	97000000.0	93000000.0
Gr	5472420.5	2354978.6
Pr	0.704	0.703
GrPr	3852584.0	1655549.9
a	0.061	0.061
m	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.851	1.397
hr,pv (W/m ² °C)	6.66094	6.89114
Tf,va (°C)	34.8	40.2
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	116000000.0	109000000.0
Gr	2632059428.0	3308892410.2
Pr	0.705	0.705
GrPr	1855601896.7	2332769149.2
a	0.140	0.140
m	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.461	4.814
hr,va (W/m ² °C)	5.96933	6.29301

19-may-2006-L01	11:00	11:30
TP (°C)	57.3	56.8
TA (°C)	27.5	30.4
km (W/m°C)	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.85085	1.39669
hr,pv (W/m ² °C)	6.66094	6.89114
R2 (m ² °C/W)	0.11748	0.12066
hc,va (W/m ² °C)	4.46078	4.81437
hr,va (W/m ² °C)	5.96933	6.29301
R3 (m ² °C/W)	0.09588	0.09003
US (W/m ² °C)	4.68690	4.74633
UL (W/m ² °C)	13.04706	13.10648
QL (W)	520.23	462.97

19-may-2006-L01	11:00	11:30
QU (W)	112.86	16.91
QL (W)	520.23	462.97
QABS (W)	633.09	479.88
η	17.83	3.52
H _T (W/m ²)	541.74	410.64

19-MAY-2006-L01



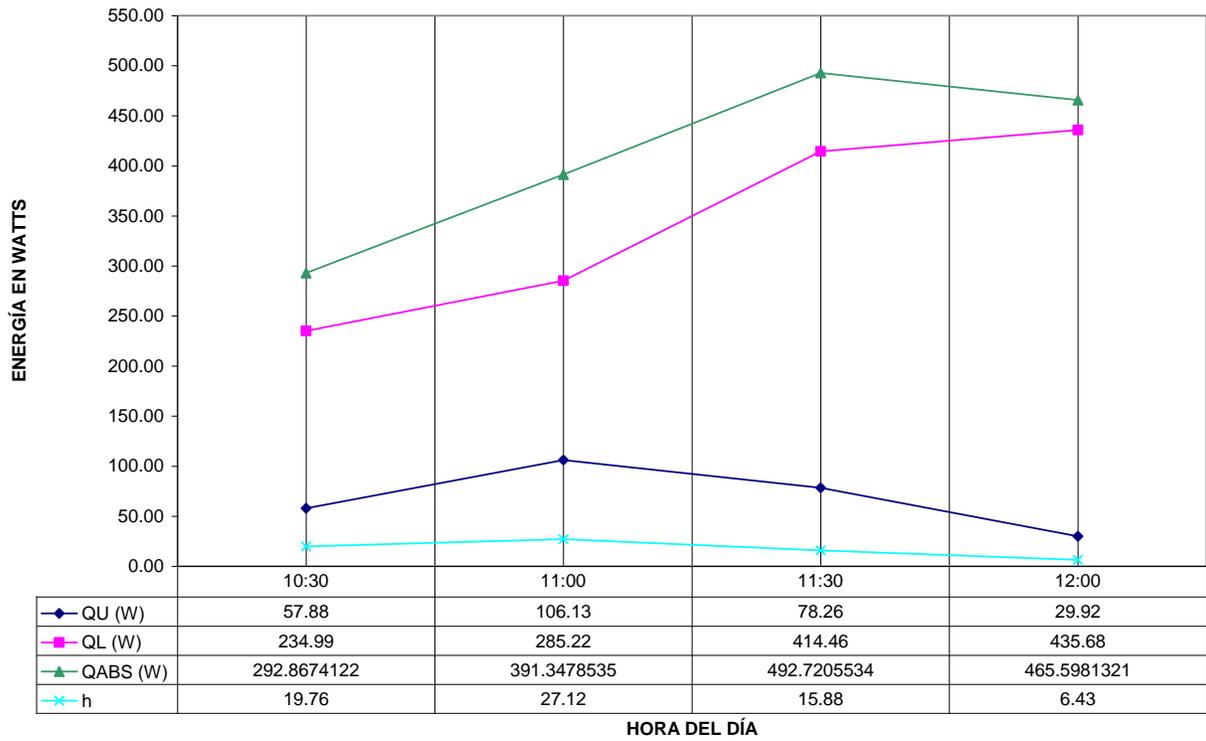
21-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30	12:00
TL (°C)	45.7	54.6	64.7	70.6
ρ_L (Kg/m ³)	992.96	987.41	981.11	977.44
CpL (KJ/Kg°C)	4.173	4.180	4.188	4.192
Δt (min)	30.0	30.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	6.3	11.6	8.6	3.3
QU (W)	57.88	106.13	78.26	29.92

21-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30	12:00
TP (°C)	43.6	46.7	54.8	56.2
TV (°C)	39.5	39.2	45.0	50.3
TA (°C)	29.7	29.9	31.0	31.3
Tf,pv (°C)	41.5	43.0	49.9	53.3
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	107000000.0	106000000.0	97000000.0	93000000.0
Gr	1653586.7	2960480.6	3557976.4	2043290.2
Pr	0.705	0.704	0.704	0.703
GrPr	1165778.6	2084178.4	2504815.4	1436433.0
a	0.061	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.243	1.508	1.603	1.332
hr,pv (W/m ² °C)	6.16596	6.25071	6.67120	6.88146
Tf,va (°C)	34.6	34.6	38.0	40.8
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	116000000.0	116000000.0	112000000.0	108000000.0
Gr	1760695044.0	1670863664.2	2428544888.2	3178172264.4
Pr	0.705	0.705	0.705	0.705
GrPr	1241290006.0	1177958883.2	1712124146.2	2240611446.4
a	0.140	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	3.901	3.834	4.343	4.750
hr,va (W/m ² °C)	5.95439	5.95424	6.15552	6.32884

21-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30	12:00
TP (°C)	43.6	46.7	54.8	56.2
TA (°C)	29.7	29.9	31.0	31.3
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.24258	1.50810	1.60341	1.33213
hr,pv (W/m ² °C)	6.16596	6.25071	6.67120	6.88146
R2 (m ² °C/W)	0.13498	0.12889	0.12085	0.12175
hc,va (W/m ² °C)	3.90128	3.83377	4.34271	4.75012
hr,va (W/m ² °C)	5.95439	5.95424	6.15552	6.32884
R3 (m ² °C/W)	0.10146	0.10217	0.09525	0.09026
US (W/m ² °C)	4.22933	4.32804	4.62737	4.71675
UL (W/m ² °C)	12.58949	12.68819	12.98752	13.07690
QL (W)	234.99	285.22	414.46	435.68

21-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30	12:00
QU (W)	57.88	106.13	78.26	29.92
QL (W)	234.99	285.22	414.46	435.68
QABS (W)	292.87	391.35	492.72	465.6
η	19.76	27.12	15.88	6.43
H _T (W/m ²)	250.61	334.88	421.63	398.42

21-MAY-2006-L01



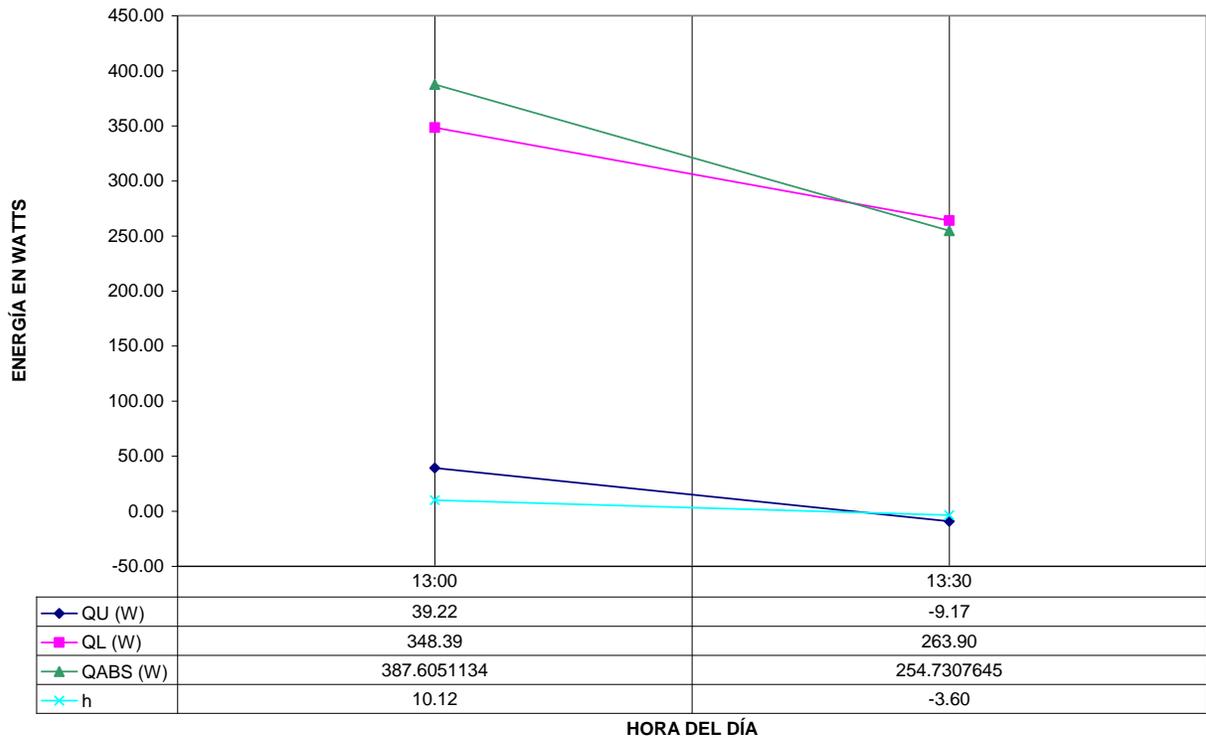
21-may-2006-L02	13:00	13:30
TL (°C)	57.1	58.8
ρ_L (Kg/m ³)	985.85	984.79
CpL (KJ/Kg°C)	4.177	4.192
Δt (min)	30.0	30.0
ΔTL (°C)	4.3	-1.0
QU (W)	39.22	-9.17

21-may-2006-L02	13:00	13:30
TP (°C)	50.6	43.6
TV (°C)	43.6	41.5
TA (°C)	30.3	27.9
Tf,pv (°C)	47.1	42.5
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	100000000.0	106000000.0
Gr	2606712.5	828934.6
Pr	0.704	0.704
GrPr	1835125.6	583569.9
a	0.061	0.061
m	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.445	0.987
hr,pv (W/m ² °C)	6.49697	6.22325
Tf,va (°C)	36.9	34.7
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	113000000.0	116000000.0
Gr	2318966093.0	2434430392.4
Pr	0.705	0.705
GrPr	1634871095.6	1716273426.7
a	0.140	0.140
m	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.276	4.346
hr,va (W/m ² °C)	6.09457	5.96303

21-may-2006-L02	13:00	13:30
TP (°C)	50.6	43.6
TA (°C)	30.3	27.9
km (W/m°C)	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.44547	0.98662
hr,pv (W/m ² °C)	6.49697	6.22325
R2 (m ² °C/W)	0.12591	0.13870
hc,va (W/m ² °C)	4.27639	4.34622
hr,va (W/m ² °C)	6.09457	5.96303
R3 (m ² °C/W)	0.09642	0.09700
US (W/m ² °C)	4.49784	4.24270
UL (W/m ² °C)	12.85799	12.60285
QL (W)	348.39	263.90

21-may-2006-L02	13:00	13:30
QU (W)	39.22	-9.17
QL (W)	348.39	263.90
QABS (W)	387.61	254.73
η	10.12	-3.60
H _T (W/m ²)	331.68	217.98

21-MAY-2006-L02



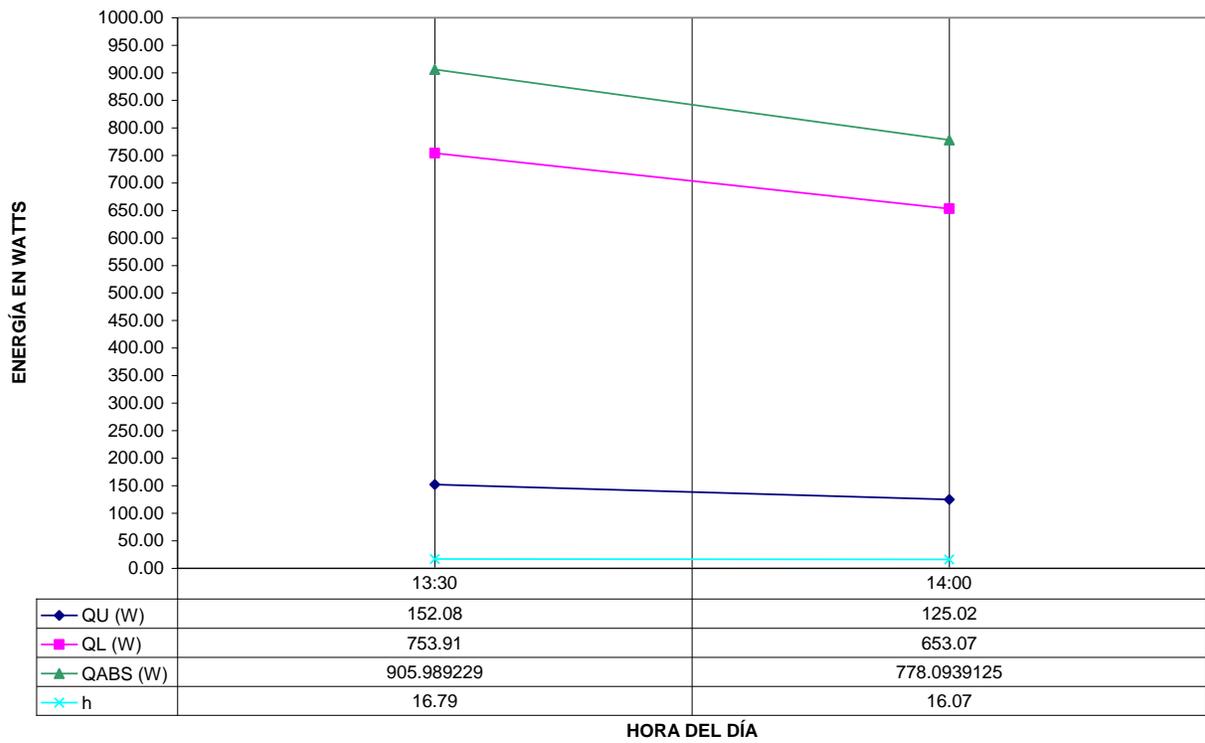
22-may-2006-L01	13:30	14:00
TL (°C)	52.9	68.0
ρ_L (Kg/m ³)	988.47	979.06
CpL (KJ/Kg°C)	4.178	4.190
Δt (min)	30.0	30.0
ΔTL (°C)	16.6	13.7
QU (W)	152.08	125.02

22-may-2006-L01	13:30	14:00
TP (°C)	74.4	68.4
TV (°C)	45.8	47.8
TA (°C)	32.2	31.8
Tf,pv (°C)	60.1	58.1
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	84000000.0	87000000.0
Gr	8946237.3	6673928.8
Pr	0.703	0.703
GrPr	6289204.8	4691771.9
a	0.061	0.061
m	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	2.179	1.977
hr,pv (W/m ² °C)	7.33346	7.19917
Tf,va (°C)	39.0	39.8
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	111000000.0	110000000.0
Gr	2338093981.7	2734436224.6
Pr	0.705	0.705
GrPr	1648356257.1	1927777538.3
a	0.140	0.140
m	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.288	4.518
hr,va (W/m ² °C)	6.21487	6.26543

22-may-2006-L01	13:30	14:00
TP (°C)	74.4	68.4
TA (°C)	32.2	31.8
km (W/m°C)	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	2.17930	1.97651
hr,pv (W/m ² °C)	7.33346	7.19917
R2 (m ² °C/W)	0.10512	0.10898
hc,va (W/m ² °C)	4.28811	4.51788
hr,va (W/m ² °C)	6.21487	6.26543
R3 (m ² °C/W)	0.09521	0.09274
US (W/m ² °C)	4.99169	4.95737
UL (W/m ² °C)	13.35184	13.31753
QL (W)	753.91	653.07

22-may-2006-L01	13:30	14:00
QU (W)	152.08	125.02
QL (W)	753.91	653.07
QABS (W)	905.99	778.09
η	16.79	16.07
H _T (W/m ²)	775.27	665.82

22-MAY-2006-L02



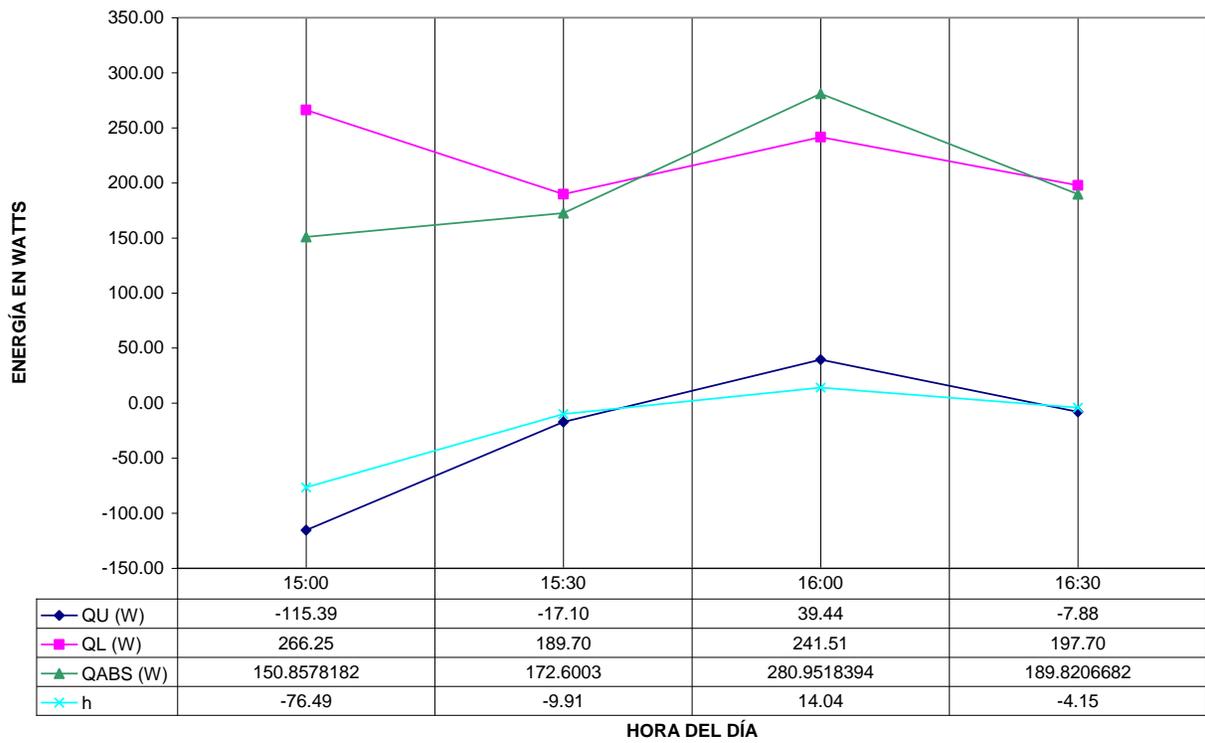
25-may-2006-L01	15:00	15:30	16:00	16:30
TL (°C)	52.6	45.4	46.6	48.3
ρ_L (Kg/m ³)	988.60	993.15	992.40	991.34
CpL (KJ/Kg°C)	4.178	4.172	4.173	4.175
Δt (min)	30.0	30.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	-12.6	-1.9	4.3	-0.9
QU (W)	-115.39	-17.10	39.44	-7.88

25-may-2006-L01	15:00	15:30	16:00	16:30
TP (°C)	46.0	40.3	43.3	39.6
TV (°C)	38.0	35.5	35.6	33.9
TA (°C)	30.2	28.9	28.9	27.7
Tf,pv (°C)	42.0	37.9	39.4	36.7
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	107000000.0	112000000.0	110000000.0	113000000.0
Gr	3187637.0	2022808.9	3154122.1	2377508.0
Pr	0.705	0.705	0.705	0.705
GrPr	2247284.1	1426080.3	2223656.1	1676143.1
a	0.061	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.546	1.329	1.541	1.402
hr,pv (W/m ² °C)	6.19170	5.95398	6.04254	5.88831
Tf,va (°C)	34.1	32.2	32.2	30.8
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	117000000.0	119000000.0	119000000.0	121000000.0
Gr	1404389717.7	1207225327.2	1234871708.8	1171292775.3
Pr	0.706	0.706	0.706	0.706
GrPr	991499140.7	852301081.0	871819426.4	826932699.4
a	0.140	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	3.620	3.442	3.468	3.407
hr,va (W/m ² °C)	5.92630	5.81677	5.81823	5.73707

25-may-2006-L01	15:00	15:30	16:00	16:30
TP (°C)	46.0	40.3	43.3	39.6
TA (°C)	30.2	28.9	28.9	27.7
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.54646	1.32893	1.54102	1.40246
hr,pv (W/m ² °C)	6.19170	5.95398	6.04254	5.88831
R2 (m ² °C/W)	0.12923	0.13731	0.13186	0.13716
hc,va (W/m ² °C)	3.61976	3.44176	3.46783	3.40727
hr,va (W/m ² °C)	5.92630	5.81677	5.81823	5.73707
R3 (m ² °C/W)	0.10476	0.10801	0.10769	0.10936
US (W/m ² °C)	4.27378	4.07637	4.17445	4.05651
UL (W/m ² °C)	12.63393	12.43652	12.53460	12.41667
QL (W)	266.25	189.70	241.51	197.70

25-may-2006-L01	15:00	15:30	16:00	16:30
QU (W)	-115.39	-17.10	39.44	-7.88
QL (W)	266.25	189.70	241.51	197.70
QABS (W)	150.86	172.6	280.95	189.82
η	-76.49	-9.91	14.04	-4.15
H _T (W/m ²)	129.09	147.70	240.41	162.43

25-MAY-2006-L01



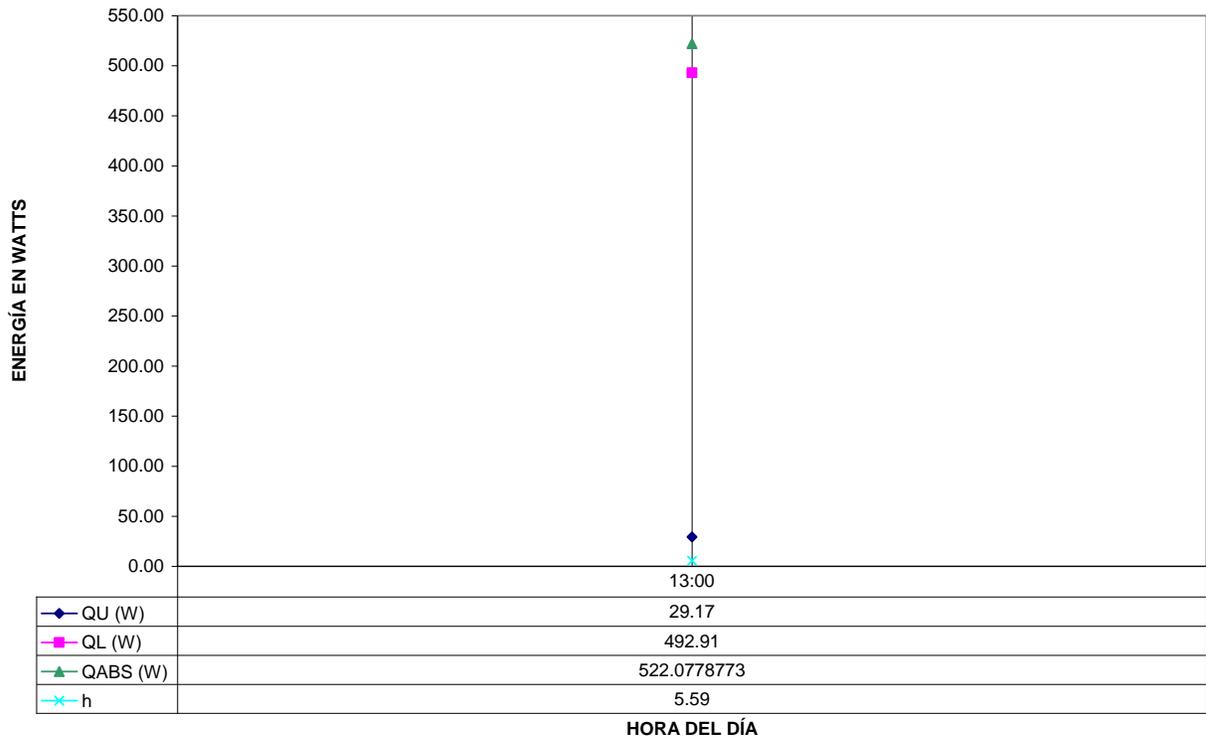
27-may-2006-L01	13:00
TL (°C)	78.1
ρ_L (Kg/m ³)	972.76
CpL (KJ/Kg°C)	4.198
Δt (min)	60.0
ΔTL (°C)	6.4
QU (W)	29.17

27-may-2006-L01	13:00
TP (°C)	61.1
TV (°C)	53.3
TA (°C)	33.2
Tf,pv (°C)	57.2
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	88000000.0
Gr	2539682.8
Pr	0.705
GrPr	1790476.3
a	0.061
m	0.333
k (W/m°C)	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.434
hr,pv (W/m ² °C)	7.13311
Tf,va (°C)	43.3
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	105000000.0
Gr	3268778052.7
Pr	0.704
GrPr	2301219749.1
a	0.140
m	0.333
k (W/m°C)	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.793
hr,va (W/m ² °C)	6.47877

27-may-2006-L01	13:00
TP (°C)	61.1
TA (°C)	33.2
km (W/m°C)	0.11
kfv (W/m°C)	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.43365
hr,pv (W/m ² °C)	7.13311
R2 (m ² °C/W)	0.11673
hc,va (W/m ² °C)	4.79257
hr,va (W/m ² °C)	6.47877
R3 (m ² °C/W)	0.08872
US (W/m ² °C)	4.86734
UL (W/m ² °C)	13.22750
QL (W)	492.91

27-may-2006-L01	13:00
QU (W)	29.17
QL (W)	492.91
QABS (W)	522.08
η	5.59
H _r (W/m ²)	446.75

27-MAY-2006-L01



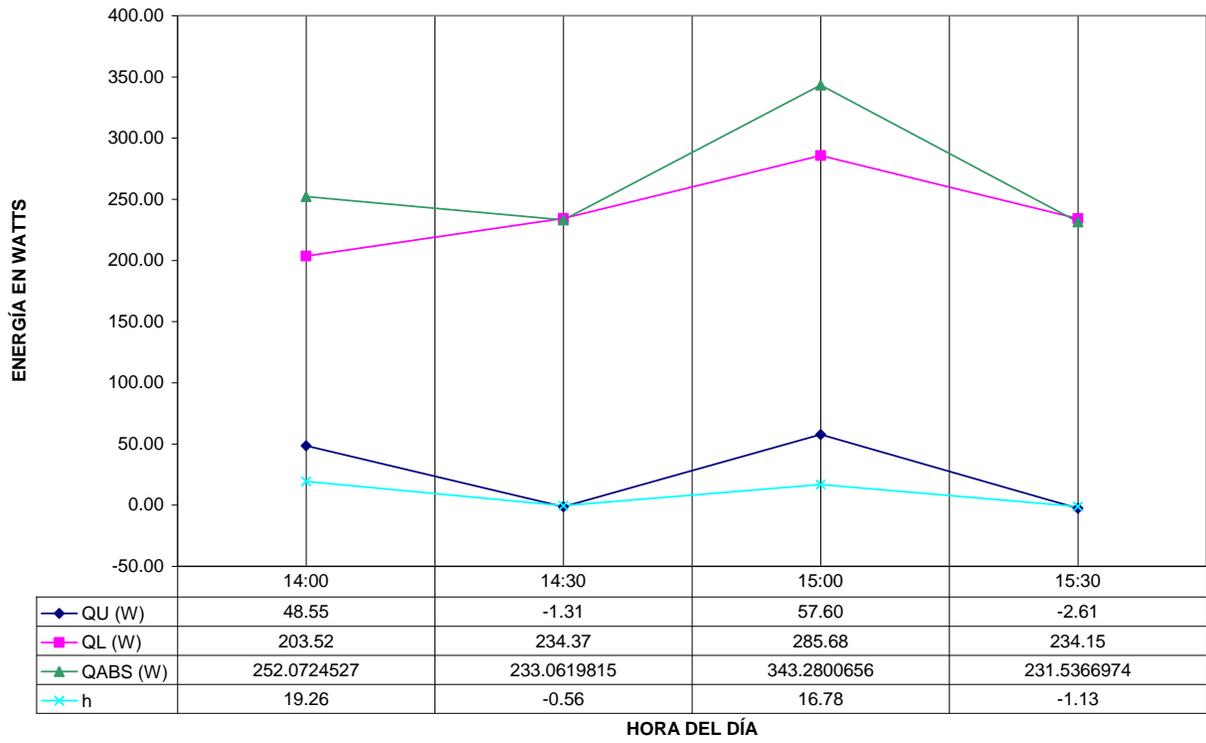
27-may-2006-L02	14:00	14:30	15:00	15:30
TL (°C)	51.2	53.8	56.9	59.9
ρ_L (Kg/m ³)	989.53	987.91	985.98	984.11
CpL (KJ/Kg°C)	4.177	4.179	4.182	4.184
Δt (min)	30.0	30.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	5.3	-0.1	6.3	-0.3
QU (W)	48.55	-1.31	57.60	-2.61

27-may-2006-L02	14:00	14:30	15:00	15:30
TP (°C)	43.2	44.7	47.8	43.6
TV (°C)	45.4	39.1	40.0	40.2
TA (°C)	31.2	30.8	31.0	29.7
Tf,pv (°C)	44.3	41.9	43.9	41.9
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	104000000.0	107000000.0	104000000.0	107000000.0
Gr	832658.4	2231345.9	3001443.3	1334823.0
Pr	0.704	0.705	0.704	0.705
GrPr	586191.5	1573098.9	2113016.0	941050.2
a	0.061	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	0.988	1.373	1.515	1.157
hr,pv (W/m ² °C)	6.32883	6.18530	6.30580	6.18646
Tf,va (°C)	38.3	34.9	35.5	34.9
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	111000000.0	116000000.0	115000000.0	116000000.0
Gr	2432649253.0	1491200904.6	1611931181.4	1895442113.7
Pr	0.705	0.705	0.705	0.705
GrPr	1715017723.4	1051296637.7	1136411482.9	1336286690.1
a	0.140	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.345	3.691	3.788	3.998
hr,va (W/m ² °C)	6.17489	5.97430	6.00802	5.97643

27-may-2006-L02	14:00	14:30	15:00	15:30
TP (°C)	43.2	44.7	47.8	43.6
TA (°C)	31.2	30.8	31.0	29.7
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	0.98810	1.37311	1.51503	1.15697
hr,pv (W/m ² °C)	6.32883	6.18530	6.30580	6.18646
R2 (m ² °C/W)	0.13667	0.13230	0.12786	0.13618
hc,va (W/m ² °C)	4.34516	3.69112	3.78816	3.99837
hr,va (W/m ² °C)	6.17489	5.97430	6.00802	5.97643
R3 (m ² °C/W)	0.09506	0.10346	0.10208	0.10025
US (W/m ² °C)	4.31544	4.24152	4.34888	4.22960
UL (W/m ² °C)	12.67559	12.60167	12.70903	12.58976
QL (W)	203.52	234.37	285.68	234.15

27-may-2006-L02	14:00	14:30	15:00	15:30
QU (W)	48.55	-1.31	57.60	-2.61
QL (W)	203.52	234.37	285.68	234.15
QABS (W)	252.07	233.06	343.28	231.54
η	19.26	-0.56	16.78	-1.13
H _T (W/m ²)	215.70	199.43	293.75	198.13

27-MAY-2006-L02



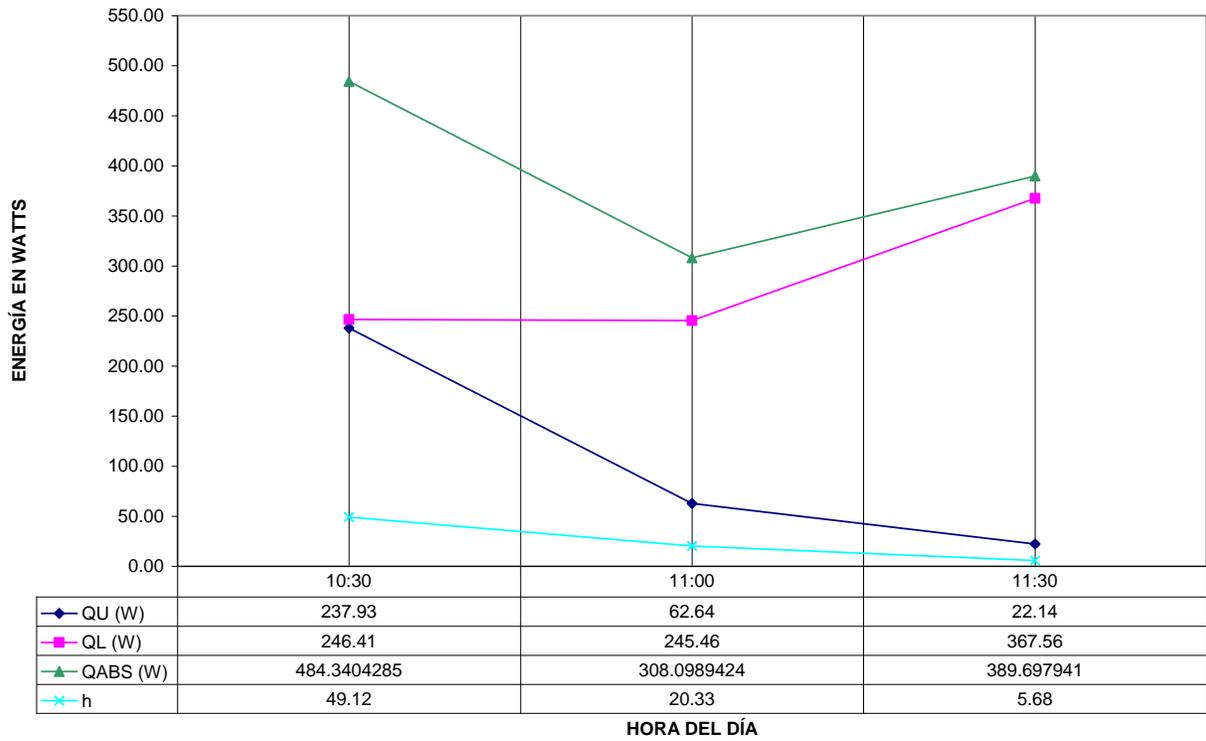
28-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30
TL (°C)	47.2	63.6	68.2
ρ_L (Kg/m ³)	992.03	981.80	978.93
CpL (KJ/Kg°C)	4.174	4.187	4.191
Δt (min)	30.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	25.9	6.9	2.4
QU (W)	237.93	62.64	22.14

28-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30
TP (°C)	44.3	46.8	53.5
TV (°C)	39.2	46.5	48.0
TA (°C)	29.7	32.2	32.3
Tf,pv (°C)	41.8	46.6	50.7
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	107000000.0	101000000.0	96000000.0
Gr	2032118.6	112833.4	1966206.0
Pr	0.705	0.705	0.704
GrPr	1432643.6	79547.6	1384209.0
a	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.331	0.508	1.316
hr,pv (W/m ² °C)	6.17933	6.46884	6.72137
Tf,va (°C)	34.5	39.3	40.1
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	116000000.0	110000000.0	108000000.0
Gr	1706796216.1	2436288972.7	2626173923.8
Pr	0.705	0.705	0.705
GrPr	1203291332.3	1717583725.7	1851452616.3
a	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	3.861	4.347	4.457
hr,va (W/m ² °C)	5.94850	6.23611	6.28479

28-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30
TP (°C)	44.3	46.8	53.5
TA (°C)	29.7	32.2	32.3
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.33096	0.50776	1.31579
hr,pv (W/m ² °C)	6.17933	6.46884	6.72137
R2 (m ² °C/W)	0.13315	0.14334	0.12442
hc,va (W/m ² °C)	3.86106	4.34732	4.45745
hr,va (W/m ² °C)	5.94850	6.23611	6.28479
R3 (m ² °C/W)	0.10194	0.09449	0.09309
US (W/m ² °C)	4.25365	4.20480	4.59744
UL (W/m ² °C)	12.61381	12.56495	12.95759
QL (W)	246.41	245.46	367.56

28-may-2006-L01	10:30	11:00	11:30
QU (W)	237.93	62.64	22.14
QL (W)	246.41	245.46	367.56
QABS (W)	484.34	308.1	389.7
η	49.12	20.33	5.68
H _T (W/m ²)	414.46	263.64	333.47

28-MAY-2006-L01



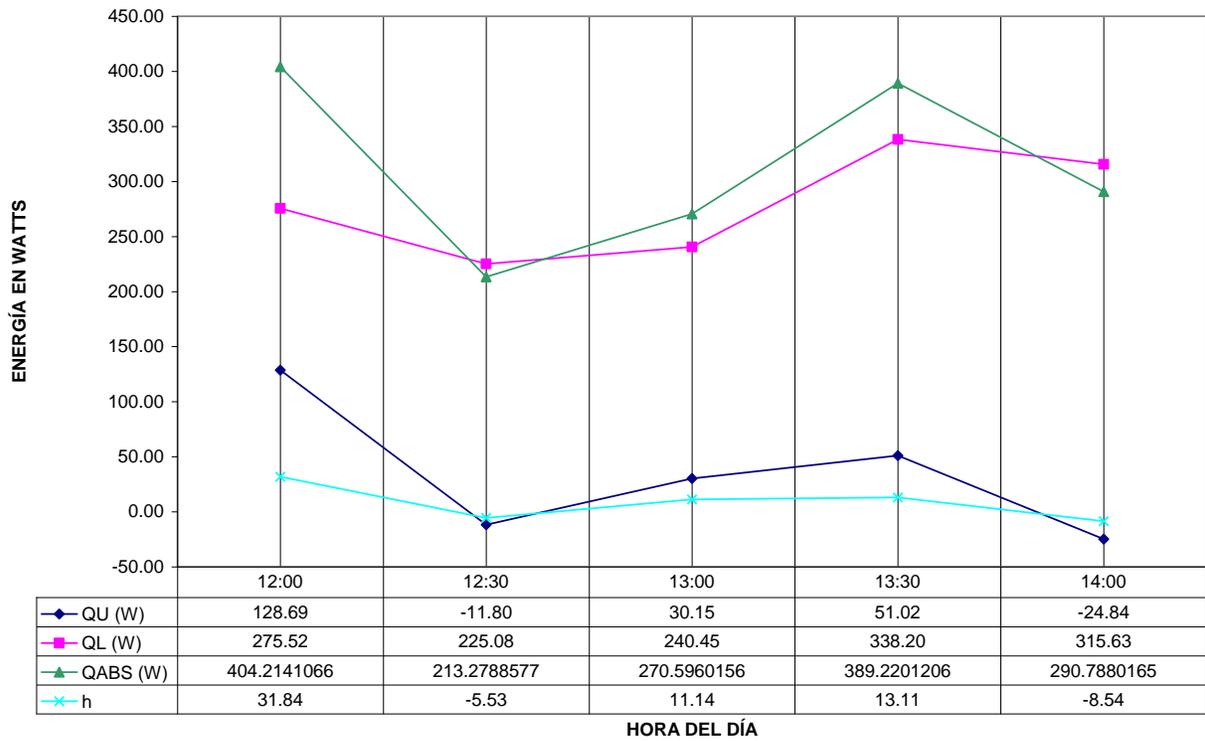
28-may-2006-L02	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00
TL (°C)	49.6	52.5	53.5	57.9	59.4
ρL (Kg/m ³)	990.53	988.72	988.10	985.35	984.42
CpL (KJ/Kg°C)	4.176	4.178	4.179	4.182	4.184
Δt (min)	15.0	30.0	30.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	7.0	-1.3	3.3	5.6	-2.7
QU (W)	128.69	-11.80	30.15	51.02	-24.84

28-may-2006-L02	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00
TP (°C)	47.0	43.0	44.2	50.6	47.2
TV (°C)	44.2	40.7	40.0	42.3	41.0
TA (°C)	30.8	29.6	30.0	30.9	28.7
Tf,pv (°C)	45.6	41.8	42.1	46.4	44.1
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	102000000.0	107000000.0	107000000.0	101000000.0	104000000.0
Gr	1063538.7	896522.9	1673509.4	3102918.8	2401154.6
Pr	0.704	0.705	0.705	0.704	0.704
GrPr	748731.2	632048.6	1179824.1	2184454.9	1690412.8
a	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.072	1.013	1.248	1.532	1.406
hr,pv (W/m ² °C)	6.40545	6.18342	6.19983	6.45930	6.31591
Tf,va (°C)	37.5	35.1	35.0	36.6	34.8
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	112000000.0	115000000.0	115000000.0	113000000.0	116000000.0
Gr	2324464393.0	1985970461.0	1790045124.1	2003936737.0	2209851942.9
Pr	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705
GrPr	1638747397.1	1400109175.0	1261981812.5	1412775399.6	1557945619.8
a	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.280	4.061	3.923	4.073	4.208
hr,va (W/m ² °C)	6.12564	5.98828	5.97917	6.07326	5.96978

28-may-2006-L02	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00
TP (°C)	47.0	43.0	44.2	50.6	47.2
TA (°C)	30.8	29.6	30.0	30.9	28.7
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.07208	1.01322	1.24755	1.53191	1.40643
hr,pv (W/m ² °C)	6.40545	6.18342	6.19983	6.45930	6.31591
R2 (m ² °C/W)	0.13373	0.13895	0.13428	0.12514	0.12949
hc,va (W/m ² °C)	4.27977	4.06103	3.92284	4.07324	4.20824
hr,va (W/m ² °C)	6.12564	5.98828	5.97917	6.07326	5.96978
R3 (m ² °C/W)	0.09610	0.09951	0.10099	0.09856	0.09825
US (W/m ² °C)	4.35089	4.19352	4.25053	4.47040	4.39087
UL (W/m ² °C)	12.71104	12.55367	12.61068	12.83055	12.75102
QL (W)	275.52	225.08	240.45	338.20	315.63

28-may-2006-L02	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00
QU (W)	128.69	-11.80	30.15	51.02	-24.84
QL (W)	275.52	225.08	240.45	338.20	315.63
QABS (W)	404.21	213.28	270.6	389.22	290.79
η	31.84	-5.53	11.14	13.11	-8.54
Hr (W/m ²)	345.89	182.51	231.55	333.06	248.83

28-MAY-2006-L02



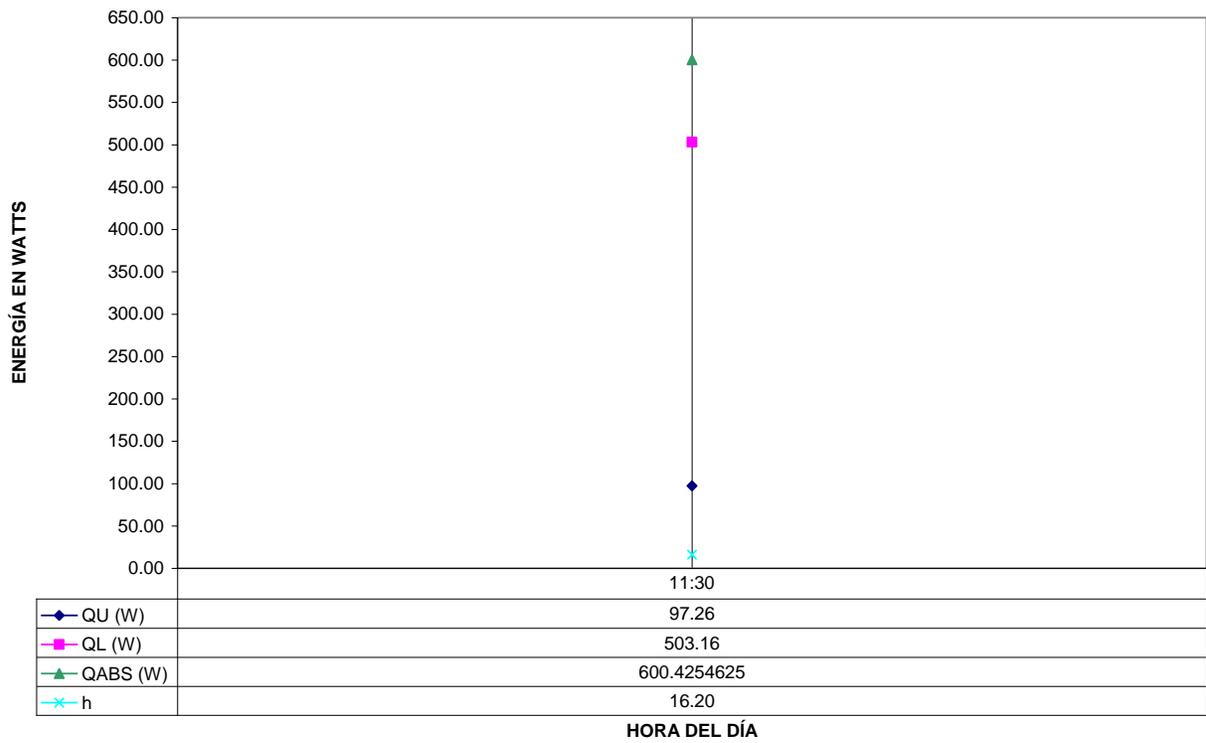
29-may-2006-L01	11:30
TL (°C)	62.6
ρ_L (Kg/m ³)	982.42
CpL (KJ/Kg°C)	4.186
Δt (min)	120.0
ΔTL (°C)	42.6
QU (W)	97.26

29-may-2006-L01	11:30
TP (°C)	60.6
TV (°C)	48.7
TA (°C)	32.0
Tf,pv (°C)	54.6
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	91000000.0
Gr	4032584.2
Pr	0.703
GrPr	2834906.7
a	0.061
m	0.333
k (W/m°C)	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.671
hr,pv (W/m ² °C)	6.96893
Tf,va (°C)	40.3
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	109000000.0
Gr	2810870338.3
Pr	0.705
GrPr	1981663588.5
a	0.140
m	0.333
k (W/m°C)	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.560
hr,va (W/m ² °C)	6.29883

29-may-2006-L01	11:30
TP (°C)	60.6
TA (°C)	32.0
km (W/m°C)	0.11
kfv (W/m°C)	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.67096
hr,pv (W/m ² °C)	6.96893
R2 (m ² °C/W)	0.11574
hc,va (W/m ² °C)	4.55959
hr,va (W/m ² °C)	6.29883
R3 (m ² °C/W)	0.09209
US (W/m ² °C)	4.81147
UL (W/m ² °C)	13.17162
QL (W)	503.16

29-may-2006-L01	11:30
QU (W)	97.26
QL (W)	503.16
QABS (W)	600.43
η	16.20
H _r (W/m ²)	513.79

29-MAY-2006-L01



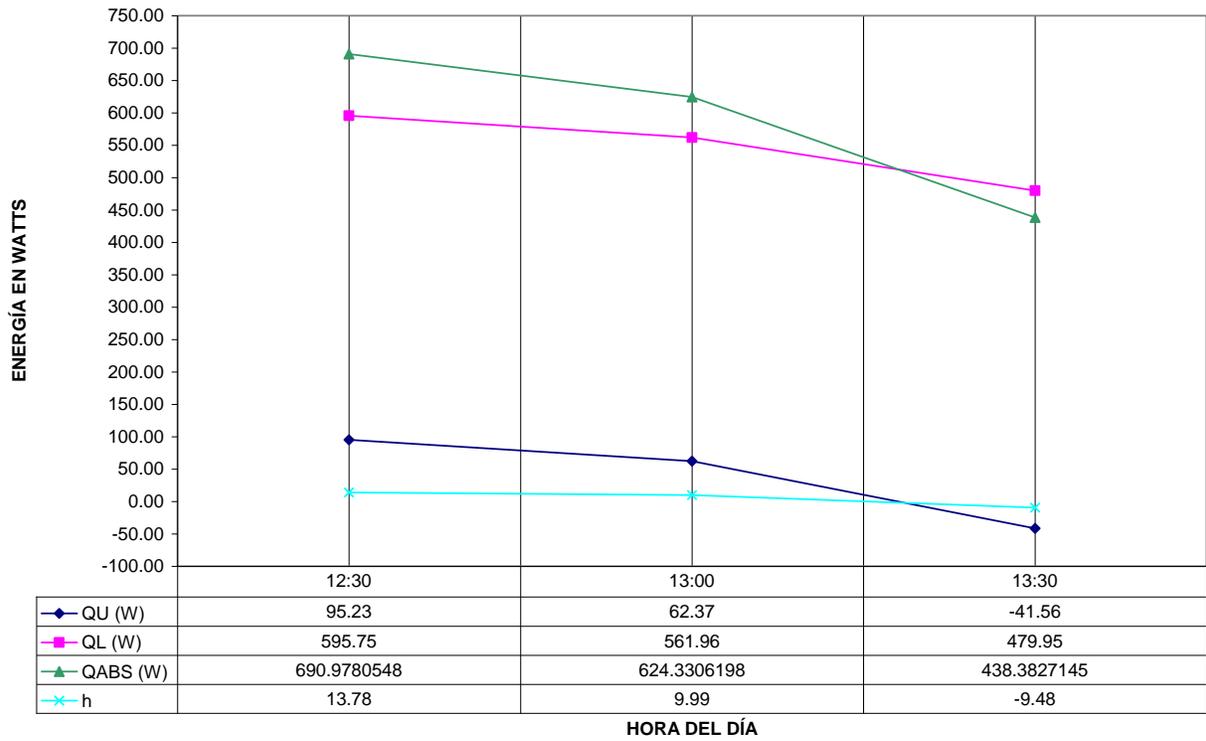
29-may-2006-L02	12:30	13:00	13:30
TL (°C)	64.2	72.9	74.0
ρ_L (Kg/m ³)	981.43	976.00	975.32
CpL (KJ/Kg°C)	4.187	4.194	4.195
Δt (min)	30.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	10.4	6.9	-4.6
QU (W)	95.23	62.37	-41.56

29-may-2006-L02	12:30	13:00	13:30
TP (°C)	66.1	62.8	59.0
TV (°C)	54.1	52.7	51.0
TA (°C)	32.8	31.2	31.8
Tf,pv (°C)	60.1	57.7	55.0
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	84000000.0	87000000.0	91000000.0
Gr	3753666.0	3255970.1	2727924.6
Pr	0.703	0.703	0.703
GrPr	2638827.2	2288947.0	1917731.0
a	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.632	1.556	1.467
hr,pv (W/m ² °C)	7.32235	7.16947	6.99163
Tf,va (°C)	43.4	41.9	41.4
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	105000000.0	107000000.0	107000000.0
Gr	3463928981.2	3571339432.7	3181889425.0
Pr	0.705	0.705	0.705
GrPr	2442069931.7	2517794300.1	2243232044.6
a	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.888	4.938	4.752
hr,va (W/m ² °C)	6.48878	6.39874	6.36226

29-may-2006-L02	12:30	13:00	13:30
TP (°C)	66.1	62.8	59.0
TA (°C)	32.8	31.2	31.8
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.63151	1.55596	1.46684
hr,pv (W/m ² °C)	7.32235	7.16947	6.99163
R2 (m ² °C/W)	0.11168	0.11461	0.11822
hc,va (W/m ² °C)	4.88842	4.93844	4.75197
hr,va (W/m ² °C)	6.48878	6.39874	6.36226
R3 (m ² °C/W)	0.08790	0.08821	0.08997
US (W/m ² °C)	5.01055	4.93065	4.80309
UL (W/m ² °C)	13.37071	13.29080	13.16324
QL (W)	595.75	561.96	479.95

29-may-2006-L02	12:30	13:00	13:30
QU (W)	95.23	62.37	-41.56
QL (W)	595.75	561.96	479.95
QABS (W)	690.98	624.33	438.38
η	13.78	9.99	-9.48
H _T (W/m ²)	591.28	534.25	375.13

29-MAY-2006-L02



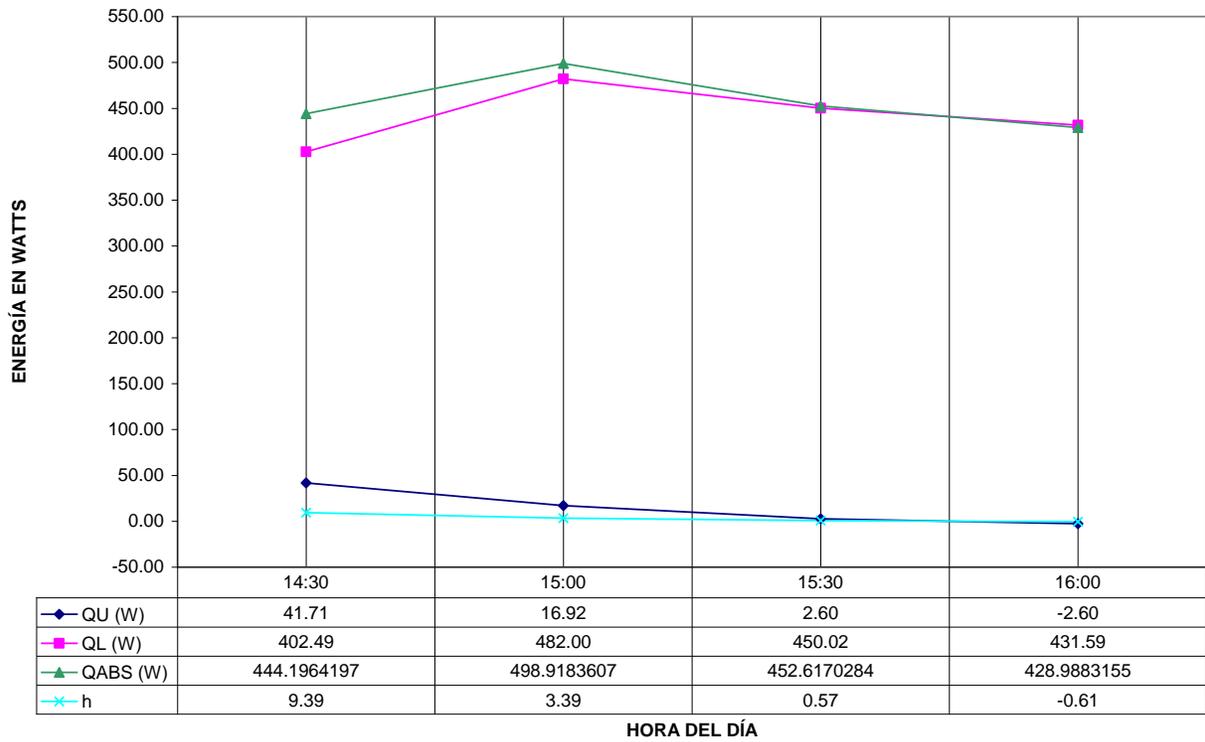
29-may-2006-L03	14:30	15:00	15:30	16:00
TL (°C)	66.4	69.6	70.7	70.7
ρ_L (Kg/m ³)	980.05	978.06	977.37	977.37
CpL (KJ/Kg°C)	4.189	4.192	4.193	4.193
Δt (min)	30.0	30.0	30.0	30.0
ΔTL (°C)	4.6	1.9	0.3	-0.3
QU (W)	41.71	16.92	2.60	-2.60

29-may-2006-L03	14:30	15:00	15:30	16:00
TP (°C)	55.1	59.8	58.0	56.2
TV (°C)	48.5	48.5	47.5	48.3
TA (°C)	32.0	32.4	32.3	31.5
Tf,pv (°C)	51.8	54.2	52.7	52.2
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	95000000.0	92000000.0	94000000.0	94000000.0
Gr	2317181.2	3871340.5	3657962.4	2782851.8
Pr	0.703	0.703	0.703	0.703
GrPr	1628978.4	2721552.3	2571547.6	1956344.8
a	0.061	0.061	0.061	0.061
m	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,pv (W/m ² °C)	1.389	1.648	1.618	1.477
hr,pv (W/m ² °C)	6.78873	6.94005	6.84951	6.81730
Tf,va (°C)	40.2	40.5	39.9	39.9
$\rho^2 g \beta / \mu^2$ (1/m ³ °C)	109000000.0	109000000.0	109000000.0	109000000.0
Gr	2793988234.1	2718018765.5	2574520880.4	2827752442.4
Pr	0.705	0.705	0.705	0.705
GrPr	1969761705.1	1916203229.7	1815037220.7	1993565471.9
a	0.140	0.140	0.140	0.140
m	0.333	0.333	0.333	0.333
k (W/m°C)	0.030	0.030	0.030	0.030
hc,va (W/m ² °C)	4.550	4.509	4.428	4.569
hr,va (W/m ² °C)	6.29275	6.30607	6.27104	6.27181

29-may-2006-L03	14:30	15:00	15:30	16:00
TP (°C)	55.1	59.8	58.0	56.2
TA (°C)	32.0	32.4	32.3	31.5
km (W/m°C)	0.11	0.11	0.11	0.11
kfv (W/m°C)	0.05	0.05	0.05	0.05
R1 (m ² °C/W)	0.11962	0.11962	0.11962	0.11962
UFL (W/m ² °C)	8.36015	8.36015	8.36015	8.36015
hc,pv (W/m ² °C)	1.38918	1.64838	1.61752	1.47662
hr,pv (W/m ² °C)	6.78873	6.94005	6.84951	6.81730
R2 (m ² °C/W)	0.12228	0.11644	0.11811	0.12057
hc,va (W/m ² °C)	4.55044	4.50882	4.42804	4.56870
hr,va (W/m ² °C)	6.29275	6.30607	6.27104	6.27181
R3 (m ² °C/W)	0.09222	0.09247	0.09347	0.09225
US (W/m ² °C)	4.66191	4.78696	4.72654	4.69887
UL (W/m ² °C)	13.02206	13.14711	13.08670	13.05903
QL (W)	402.49	482.00	450.02	431.59

29-may-2006-L03	14:30	15:00	15:30	16:00
QU (W)	41.71	16.92	2.60	-2.60
QL (W)	402.49	482.00	450.02	431.59
QABS (W)	444.2	498.92	452.62	428.99
η	9.39	3.39	0.57	-0.61
H _T (W/m ²)	380.10	426.93	387.31	367.09

29-MAY-2006-L03



9.6 ANEXO 06: TABLAS A.2.11 DE GEANKOPLIS. PROPIEDADES DEL AGUA LÍQUIDA

**A.2.11 Propiedades de transferencia de calor del agua líquida
(UNIDADES SI)**

T (°C)	T (K)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg·K)	$\mu \times 10^3$ (Pa·s, o kg/m·s)	k (W/m·K)	N_{Pr}	$\beta \times 10^4$ (1/K)	$(g\beta\rho^2/\mu^2) \times 10^{-8}$ (1/K·m ³)
0	273.2	999.6	4.229	1.786	0.5694	13.3	-0.630	
15.6	288.8	998.0	4.187	1.131	0.5884	8.07	1.44	10.93
26.7	299.9	996.4	4.183	0.860	0.6109	5.89	2.34	30.70
37.8	311.0	994.7	4.183	0.682	0.6283	4.51	3.24	68.0
65.6	338.8	981.9	4.187	0.432	0.6629	2.72	5.04	256.2
93.3	366.5	962.7	4.229	0.3066	0.6802	1.91	6.66	642
121.1	394.3	943.5	4.271	0.2381	0.6836	1.49	8.46	1300
148.9	422.1	917.9	4.312	0.1935	0.6836	1.22	10.08	2231
204.4	477.6	858.6	4.522	0.1384	0.6611	0.950	14.04	5308
260.0	533.2	784.9	4.982	0.1042	0.6040	0.859	19.8	11030
315.6	588.8	679.2	6.322	0.0862	0.5071	1.07	31.5	19260

9.7 ANEXO 07: TABLA A.3.3 DE GEANKOPLIS. PROPIEDADES DEL AIRE A 1 ATM

**A.3.3 Propiedades físicas del aire a 101.325 kPa (1 atm abs)
(UNIDADES SI)**

T (°C)	T (K)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg·K)	$\mu \times 10^5$ (Pa·s, o kg/m·s)	k (W/m·K)	N_{Pr}	$\beta \times 10^3$ (1/K)	$g\beta\rho^2/m^2$ (1/K·m ³)
-17.8	255.4	1.379	1.0048	1.62	0.02250	0.720	3.92	2.79×10^8
0	273.2	1.293	1.0048	1.72	0.02423	0.715	3.65	2.04×10^8
10.0	283.2	1.246	1.0048	1.78	0.02492	0.713	3.53	1.72×10^8
37.8	311.0	1.137	1.0048	1.90	0.02700	0.705	3.22	1.12×10^8
65.6	338.8	1.043	1.0090	2.03	0.02925	0.702	2.95	0.775×10^8
93.3	366.5	0.964	1.0090	2.15	0.03115	0.694	2.74	0.534×10^8
121.1	394.3	0.895	1.0132	2.27	0.03323	0.692	2.54	0.386×10^8
148.9	422.1	0.838	1.0174	2.37	0.03531	0.689	2.38	0.289×10^8
176.7	449.9	0.785	1.0216	2.50	0.03721	0.687	2.21	0.214×10^8
204.4	477.6	0.740	1.0258	2.60	0.03894	0.686	2.09	0.168×10^8
232.2	505.4	0.700	1.0300	2.71	0.04084	0.684	1.98	0.130×10^8
260.0	533.2	0.662	1.0341	2.80	0.04258	0.680	1.87	0.104×10^8

9.8 ANEXO 08: CORRIDA DE CÁLCULOS PARA LA SECCIÓN 4.5 EN PROGRAMA ESTADÍSTICO SPSS 13.0 PARA WINDOWS

Variables introducidas/eliminadas (b)

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	t (min), TL (°C)	.	Introducir

- a. Todas las variables solicitadas introducidas
 b. Variable dependiente: %CBHAM

Resumen del modelo (b)

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.714 ^a	.510	.435	*****

- a. Variables predictoras: (Constante), t (min), TL (°C)
 b. Variable dependiente: %CBHAM

ANOVA (b)

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	13848.636	2	6924.318	6.779	.010 ^a
	Residual	13279.326	13	1021.487		
	Total	27127.962	15			

- a. Variables predictoras: (Constante), t (min), TL (°C)
 b. Variable dependiente: %CBHAM

Coefficientes (a)

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-77.179	91.993		-0.839	.417
	TL (°C)	1.519	1.329	.256	1.142	.274
	t (min)	.327	.133	.551	2.461	.029

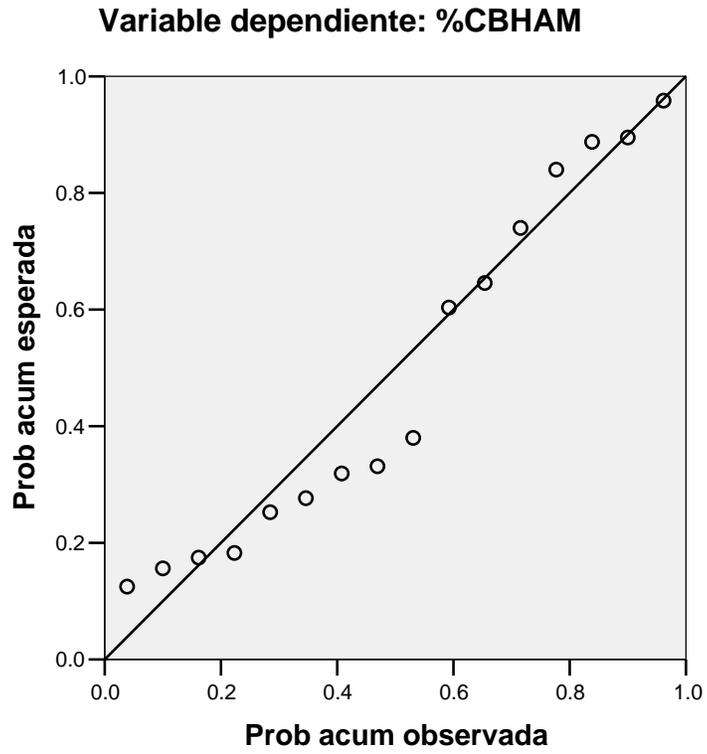
- a. Variable dependiente: %CBHAM

Estadísticos sobre los residuos (a)

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típ.	N
Valor pronosticado	13.952271	127.6864395	57.95833	30.384904	16
Residuo bruto	-36.7667999	55.360615	1.8x10 ⁻¹⁴	29.7537959	16
Valor pronosticado tip.	-1.448	2.295	.000	1.000	16
Residuo tip.	-1.150	1.732	.000	.931	16

- a Variable dependiente: %CBHAM

Gráfico P-P normal de regresión Residuo tipificado



Variables introducidas/eliminadas (b)

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	TL (°C) ^a	.	Introducir

a. Todas las variables solicitadas introducidas

b. Variable dependiente: %CBHAM

Resumen del modelo (b)

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.531 ^a	.282	.231	*****

a. Variables predictoras: (Constante), TL (°C)

b. Variable dependiente: %CBHAM

ANOVA (b)

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	7661.057	1	7661.057	5.510	.034 ^a
	Residual	19466.905	14	1390.493		
	Total	27127.962	15			

a. Variables predictoras: (Constante), TL (°C)

b. Variable dependiente: %CBHAM

Coefficientes (a)

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-170.522	97.785		-1.744	.103
	TL (°C)	3.154	1.344	.531	2.347	.034

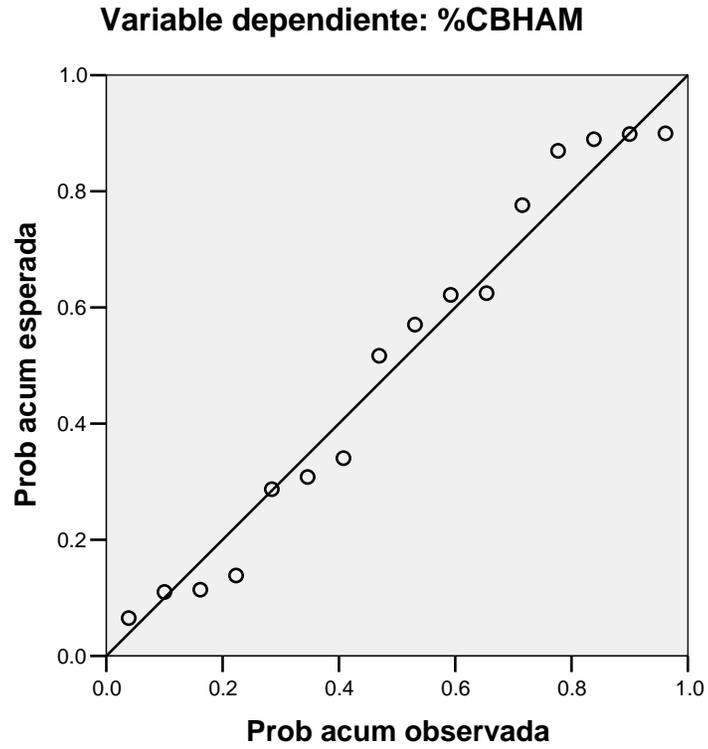
a. Variable dependiente: %CBHAM

Estadísticos sobre los residuos (a)

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típ.	N
Valor pronosticado	18.705038	93.945213	57.95833	22.599494	16
Residuo bruto	-56.445213	47.738876	4.2x10 ⁻¹⁴	36.024904	16
Valor pronosticado tip.	-1.737	1.592	.000	1.000	16
Residuo tip.	-1.514	1.280	.000	.966	16

a Variable dependiente: %CBHAM

Gráfico P-P normal de regresión Residuo tipificado



Variables introducidas/eliminadas (b)

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	t (min) ^a	.	Introducir

a. Todas las variables solicitadas introducidas

b. Variable dependiente: %CBHAM

Resumen del modelo (b)

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.679 ^a	.461	.423	*****

a. Variables predictoras: (Constante), t (min)

b. Variable dependiente: %CBHAM

ANOVA (b)

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	12515.396	1	12515.396	11.991	.004 ^a
	Residual	14612.566	14	1043.755		
	Total	27127.962	15			

a. Variables predictoras: (Constante), t (min)

b. Variable dependiente: %CBHAM

Coefficientes (a)

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	27.034	12.041		2.245	.041
	t (min)	.402	.116	.679	3.463	.004

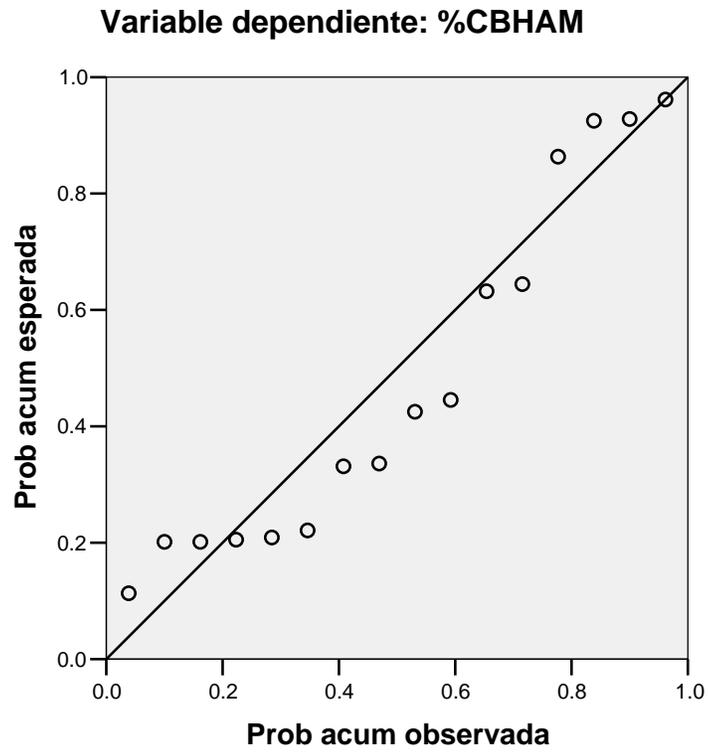
a. Variable dependiente: %CBHAM

Estadísticos sobre los residuos (a)

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típ.	N
Valor pronosticado	27.034393	123.577423	57.95833	28.8852857	16
Residuo bruto	-39.102272	57.147728	8.0x10 ⁻¹⁵	31.211713	16
Valor pronosticado típ.	-1.071	2.272	.000	1.000	16
Residuo típ.	-1.210	1.769	.000	.966	16

a Variable dependiente: %CBHAM

Gráfico P-P normal de regresión Residuo tipificado



Variables introducidas/eliminadas (b)

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	TV (°C) ^a , TL (°C)	.	Introducir

a. Todas las variables solicitadas introducidas

b. Variable dependiente: %BCT

Resumen del modelo (b)

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.733 ^a	.537	.466	24.876

a. Variables predictoras: (Constante), TV (°C), TL (°C)

b. Variable dependiente: %BCT

ANOVA (b)

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	9325.547	2	4662.773	7.535	.007 ^a
	Residual	8044.734	13	618.826		
	Total	17370.281	15			

a. Variables predictoras: (Constante), TV (°C), TL (°C)

b. Variable dependiente: %BCT

Coefficientes (a)

Modelo		Coefficients no estandarizados		Coefficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-96.636	72.593		-1.331	.206
	TL (°C)	7.148	2.526	1.505	2.830	.014
	TV (°C)	-6.935	4.073	-.906	-1.703	.112

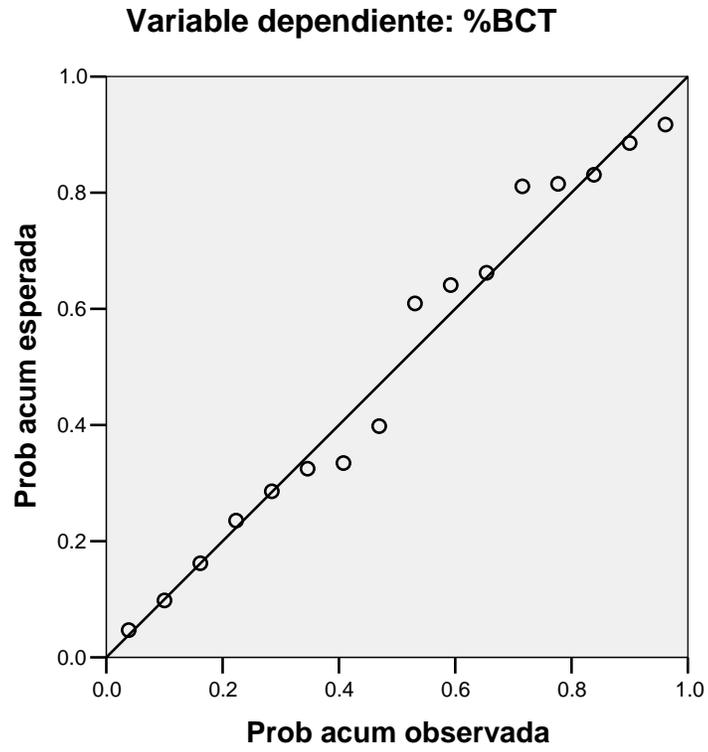
a. Variable dependiente: %BCT

Estadísticos sobre los residuos (a)

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típ.	N
Valor pronosticado	32.22	113.12	75.68	24.934	16
Residuo bruto	-41.675	34.494	.000	23.158	16
Valor pronosticado tip.	-1.743	1.501	.000	1.000	16
Residuo tip.	-1.675	1.387	.000	.931	16

a. Variable dependiente: %BCT

Gráfico P-P normal de regresión Residuo tipificado



Variables introducidas/eliminadas (b)

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	TL (°C) ^a	.	Introducir

a. Todas las variables solicitadas introducidas

b. Variable dependiente: %BCT

Resumen del modelo (b)

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.658 ^a	.434	.393	26.509

a. Variables predictoras: (Constante), TL (°C)

b. Variable dependiente: %BCT

ANOVA (b)

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	7531.755	1	7531.755	10.718	.006 ^a
	Residual	9838.526	14	702.752		
	Total	17370.281	15			

a. Variables predictoras: (Constante), TL (°C)

b. Variable dependiente: %BCT

Coefficientes (a)

Modelo		Coefficients no estandarizados		Coefficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-150.859	69.516		-2.170	.048
	TL (°C)	3.127	.955	.658	3.274	.006

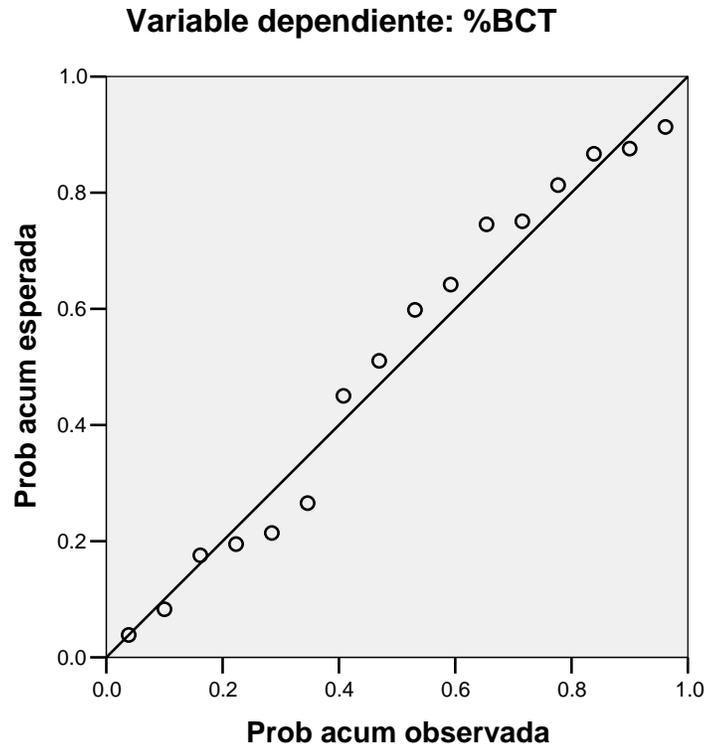
a. Variable dependiente: %BCT

Estadísticos sobre los residuos (a)

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típ.	N
Valor pronosticado	36.76	111.37	75.68	22.408	16
Residuo bruto	-46.901	36.079	.000	25.611	16
Valor pronosticado tip.	-1.737	1.592	.000	1.000	16
Residuo tip.	-1.769	1.361	.000	.966	16

a. Variable dependiente: %BCT

Gráfico P-P normal de regresión Residuo tipificado



Variables introducidas/eliminadas (b)

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	TV (°C) ^a	.	Introducir

a. Todas las variables solicitadas introducidas

b. Variable dependiente: %BCT

Resumen del modelo (b)

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.502 ^a	.252	.198	30.472

a. Variables predictoras: (Constante), TV (°C)

b. Variable dependiente: %BCT

ANOVA (b)

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	4370.816	1	4370.816	4.707	.048 ^a
	Residual	12999.464	14	928.533		
	Total	17370.281	15			

a. Variables predictoras: (Constante), TV (°C)

b. Variable dependiente: %BCT

Coefficientes (a)

Modelo		Coefficients no estandarizados		Coefficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-115.697	88.538		-1.307	.212
	TV (°C)	3.841	1.770	.502	2.170	.048

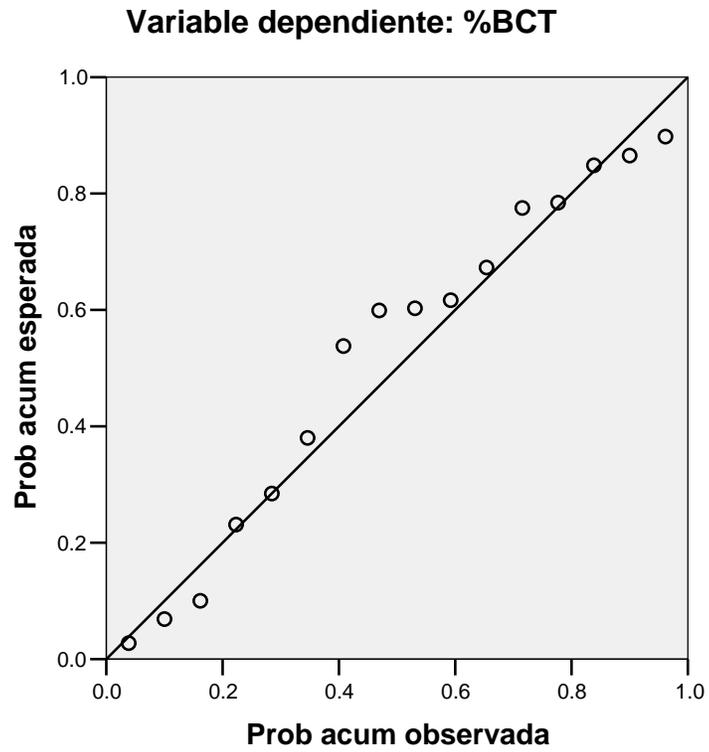
a. Variable dependiente: %BCT

Estadísticos sobre los residuos (a)

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típ.	N
Valor pronosticado	45.24	105.93	75.68	17.070	16
Residuo bruto	-58.538	38.671	.000	29.439	16
Valor pronosticado tip.	-1.783	1.772	.000	1.000	16
Residuo tip.	-1.921	1.269	.000	.966	16

a. Variable dependiente: %BCT

Gráfico P-P normal de regresión Residuo tipificado



Agua que nos has de beber

Publicada 11 de junio 2006, La Prensa Gráfica

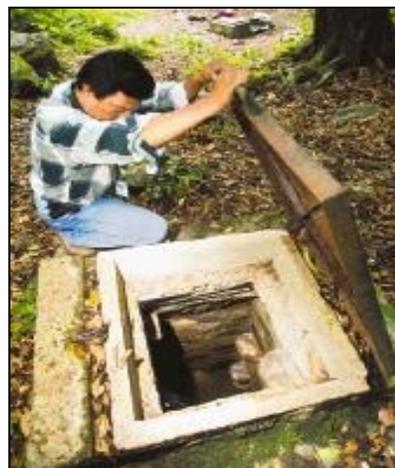
UN TRAGO PELIGROSO

El agua “potable” que han estado consumiendo habitantes de por lo menos 44 municipios del país entre enero y mayo pasados ha estado contaminada con excremento. Los análisis bacteriológicos del Ministerio de Salud muestran que Las mayores deficiencias sanitarias se producen en los sistemas abastecidos por las comunidades, seguidos muy de cerca por los municipales. Y la institución insignia del servicio de agua potable, la anda, y las envasadoras no están exentas. Paralelamente, la normativa que pretende garantizar agua sana a los salvadoreños es poco menos que letra muerta.

Maritza Osegueda se agacha para abrir el único grifo que hay en su casa, confiando en que esa agua es más segura para preparar las pachas y los alimentos de su familia que la del río que está metros abajo del barrio Las Flores, en Anamorós, La Unión.

Fabio, su esposo, carga en brazos al pequeño de un año, mientras ella explica que “a veces” ese exiguo chorrillo de agua “sale turbio, sobre todo cuando llueve”. Aun así, unos cántaros resguardan el líquido utilizado para el consumo diario.

Ellos y algunos de sus vecinos están conectados al sistema de la ANDA y pagan más de 7 dólares cada mes por el servicio que reciben de 5:30 a 7:30 de la mañana. Justo en ese barrio, dos



MALA CALIDAD. Este tanque recoge el agua que la ANDA sirve a Anamorós. Recientemente se detectó contaminación por heces en el agua y bajo nivel de cloro.

muestras tomadas el 1° de febrero por el Ministerio de Salud revelaron que el agua que estaban bebiendo no estaba clorada y contenía heces y bacterias nocivas para la salud.

Los análisis bacteriológicos que el laboratorio Max Bloch realizó a ambas muestras determinaron que una contenía un promedio de 2.6 bacterias coliformes fecales por cada 100 centímetros cúbicos de agua; y la otra, 4.6. La Norma Salvadoreña de Agua Potable, vigente desde el 13 de agosto de 1998, establece que un litro de agua para consumo humano debe tener como mínimo 0.5 miligramos de cloro residual y como máximo 1 mg, y que no puede tener una sola bacteria asociada con excremento humano o animal.

Tener una sola bacteria asociada con heces expone a quienes beban esta agua a enfermedades gastrointestinales, diarreas, cólera y parasitismo. “Si son niños menores de cinco años que no han desarrollado bien las defensas, pueden morir”, ilustra como el peor de los escenarios Julio Alvarado, jefe de la unidad de control de calidad del agua del ministerio.

En El Salvador, alrededor de 12,000 niños mueren cada año por enfermedades diarreicas asociadas con la ingestión de agua contaminada, malos hábitos de higiene, alimentos contaminados, aguas negras sin tratar o sin recolectar y residuos sólidos, según el Ministerio de Salud.

En Anamorós, la unidad de salud registra hasta el 3 de junio 386 consultas por diarreas, enteritis y gastroenteritis; 74 por amebiasis y tres por giardiasis, dos enfermedades severas producidas por parásitos. municipio, ubicado en la zona oriental, también determinaron que la cantidad de coliformes totales —todos los tipos de bacteria que pertenecen al género de los coli,

AGUAS TURBIAS

0 SANCIONES

Salud no tiene registrada ninguna sanción a un proveedor de agua de mala calidad.

\$11,428 MULTA

El Código de Salud sanciona hasta con \$11,428 al proveedor que no potabilice el agua.

1.1 BACTERIAS

Salud y la ANDA validan agua hasta con 1.1 coliformes fecales por 100 cm³ de agua.

0 BACTERIAS

La normativa salvadoreña para la calidad del agua establece que el líquido para consumo humano debe carecer de coliformes fecales.

5,000 USUARIOS

Se debe hacer una muestra mensual por menos de 5,000 usuarios. Una por cada 10,000 si son más de 100,000.

3-6

AÑOS DE CÁRCEL

El Código Penal manda prisión para quienes envenenen, contaminen o adulteren agua para consumo humano

que incluyen las que se encuentran en las heces— por cada 100 centímetros cúbicos de agua sobrepasaba en hasta más de un 700% el valor máximo admisible, que es menor a 1.1.

HECES QUE NO HAS DE BEBER...

Los habitantes del barrio Las Flores no fueron los únicos que recibieron agua del grifo con heces y con un coctel de bacterias ese 1° de febrero. Una muestra tomada una hora después en el barrio El Centro marcó cero cloro, un promedio de 2.6 coliformes fecales y más de ocho en coliformes totales por cada 100 centímetros cúbicos de agua.

Cuando una muestra presenta heces, la norma establece que se deben tomar medidas correctivas y tomar muestras diarias hasta que los resultados arrojen que el agua ya es potable.

En estos casos, la unidad de salud incumplió la norma. René García, inspector de saneamiento de esa localidad, dice que reportó el caso a los operadores de la ANDA en esa zona, pero en Las Flores tuvo que pasar un mes exacto para que una nueva muestra fuera tomada, la otra fue recolectada en el barrio El Calvario y no en El Centro.

César Funes, quien se estrenó en la presidencia de la ANDA en mayo, desconocía el martes la situación de Anamorós. Por cierto, dijo que pensaba que el municipio pertenece a Morazán y no a La Unión, y alegó que no es abastecido por la ANDA. Insistió en que el servicio lo da la alcaldía o la comunidad.

Ambas muestras mostraron contenido de excremento, pues se detectaron coliformes fecales hasta una media de menos de 1.1. La norma establece que la prueba de coliformes fecales debe dar resultado negativo. En la colonia Nueva, en esa misma fecha, se encontró que el agua no estaba clorada, que su contenido de coliformes fecales llegaba justo por debajo de 1.1 y que superaba en más de un 700% el valor máximo de coliformes totales. Ahí no se ha tomado una nueva muestra a la fecha.

García reconoce que no logra realizar las tres o cuatro muestras programadas para cada mes. Su trabajo va desde abatizar la ciudad hasta encabezar campañas de limpieza y de concienciación a los más de 16,000 habitantes del municipio, esto le impide respetar el calendario y realizar nuevas muestras cuando encuentra que se incumple la norma.

Los datos de Salud revelan que no solo los usuarios de Anamorós tuvieron un café espejismo al abrir el grifo del agua potable. Las poblaciones más perjudicadas con agua no potable se han concentrado de enero a mayo en los departamentos de Chalatenango, La Libertad, San Miguel y Morazán, y en total son 47 municipios. Desde 2003, estos mismos departamentos han venido reportando contenido de heces en el agua.

Un estudio realizado en 2001 por el Departamento de Estudios Económicos y Sociales y el Laboratorio de Calidad Integral de FUSADES a escala nacional, encontró que en 679 hogares de la zona rural, el 61% del agua para consumo humano tenía coliformes fecales, y el 52%, *Escherichia coli*, una de las bacterias más dañinas.

De acuerdo con los registros de Salud, las comunidades que se encargan del servicio son las que con mayor frecuencia administran agua contaminada con excremento. Un 8.6% de las muestras tomadas entre enero y abril están en la franja roja, mientras un 7% de las muestras del agua servida por las alcaldías y un 1% de las de servicio de la ANDA.

En San Juan Opico, en La Libertad, en el Centro Escolar Caserío San Nicolás Los Encuentros II, el análisis bacteriológico del 2 de mayo encontró que el agua del pozo del que los estudiantes beben tenía un promedio mayor a ocho bacterias fecales por cada 100 centímetros cúbicos de agua (un vaso de agua pequeño tendrá unos 300 centímetros cúbicos). El agua es tratada ahí con lejía, explica Santos Castillo, director de la escuela, quien hasta el miércoles desconocía los resultados de los exámenes. Cuenta que los niños se resisten a beber el agua porque no les gusta el sabor. “Sabe a lejía, por eso no me gusta”, confirma uno de ellos.

Al saber el resultado de los exámenes automáticamente lo asocia con que, en lo que va del año, 10 niños se han ausentado por diarreas. Y piensa que la culpa puede ser del pozo de la escuela.

Tony Colato, inspector de saneamiento ambiental de Pasaquina, en La Unión, sabe de la reticencia que tiene la gente a echarle lejía o puriagua al agua que piensan beber. “Aquí están bebiendo la pura caca”, advierte a los pobladores.

En abril, de las muestras tomadas en Pasaquina, entre un 25% y un 11% de las muestras detectaban agua fuera de la norma. Una situación similar vivía la vecina Santa Rosa de Lima.

Los lugareños del caserío San Nicolás, en San Juan Opico, que también se abastecen de agua de pozo, cuentan que su agua no es monitoreada por la unidad de salud de la localidad. Solo les reparten abate para prevenir la proliferación de zancudos y les explican la cantidad de lejía que deben poner al pozo para tener agua potable. Benedicto Ramírez, quien bebe agua del pozo “clarita y fina” desde hace 40 años, cuenta que a veces les dan diarreas a los ocho adultos de la casa y a los dos niños, pero las atribuye al “mal de mayo”, que no relaciona con el agua.

UNA LEY DE ADORNO

La norma obliga a las autoridades de salud a seguir ciertas prácticas y atender ciertos límites para garantizar que la población bebe agua que no le causará daño. Por ejemplo, deben analizar toda agua que sea utilizada para consumo humano, pero en Pasaquina y Santa Rosa de Lima los inspectores han recibido órdenes de muestrear solo agua servida por cañería.

Asimismo, aunque la norma establece que el agua para consumo humano debe carecer de coliformes fecales, las autoridades aceptan como válida el agua que registra hasta justo por abajo de 1.1 coliformes por 100 centímetros cúbicos de agua.

La calidad del agua no solo depende de la ausencia de microorganismos, sino también de minerales o metales tóxicos, pero la normativa no especifica frecuencia de muestreo, así que prácticamente no se vigila este aspecto.

Al parecer, ningún sector está libre de pecado. Un 5% de las muestras de agua envasada también señaló contaminación con excrementos.

El Código de Salud establece sanciones para quienes incumplen la norma y atentan contra la salud de los usuarios. Igual el Código Penal. Al abastecedor que transgrede la ley por vez primera se le amonesta oral y privadamente; después por escrito. En una tercera ocasión debe pagar una multa de entre 114 y 11,428 dólares, según la gravedad de la infracción; si reincide, se le sanciona con un cierre temporal de un mes hasta uno definitivo.

Los registros del ministerio dan cuenta de un memorando enviado a la Corporación de Municipalidades de la República de El Salvador (COMURES) con la lista de las 17 alcaldías infractoras, pero estas no han respondido. Julio Alvarado, el jefe de la unidad de control de

calidad del agua del ministerio, asegura que algunas envasadoras ya fueron castigadas con cierre temporal, pero se reservó los nombres.

Un reporte titulado “Indicadores de calidad microbiológica del agua en sistemas de abastecimiento de agua administrados por ANDA”, realizado en el primer trimestre de 2006 por el Ministerio de Salud, revela que de 1,282 muestras analizadas, 1,270 estaban dentro de la norma. No da cuenta del municipio donde fueron tomadas las 12 (9.36%) que no cumplían con los requisitos sanitarios y solo establece que en el departamento de San Miguel se encontraron cinco casos; en La Unión, tres; en Chalatenango, dos; y en La Libertad y La Paz, uno. Las autoridades de Salud y las de la ANDA se rehusaron a precisar la información.

EL ERROR HUMANO

Maritza y su esposo desconocen de las muestras que fueron tomadas por el inspector de la unidad de salud de Anamorós. Dos casas más abajo, la familia Cruz tampoco sabe. Esta familia, aunque desconoce los resultados que el ministerio obtuvo de las pruebas de agua, prefiere comprar agua envasada para el consumo de los tres pequeños de la casa. Los residentes del lugar salen de sus casas y las anécdotas sobre el chorrillo de agua que cae son una catarata. Hugo Bonilla recuerda que hace un año a su hermano le salió pus en el cuerpo porque el agua del chorro caía oscura y pestilente.

“Le salieron chimbombas con líquido en la piel, el agua apestaba porque decían que había un animal muerto en uno de los tanques de captación y nos dijeron que durante un mes no bebiéramos de ella”, recuerda el joven, de 17 años. Uno de esos tanques carece de un candado que mejore la posibilidad de que no quedará abierto de par en par al aire libre.

Maritza cree que el agua que sale de su grifo es confiable. Permite a Enfoques hacer una sencilla prueba con un equipo portátil facilitado por el ministerio. Al aplicar el reactivo, el líquido debería cambiar a un color rosado si hubiera cloro. Pero queda incoloro.

“El problema es que los muchachos que manejan el cloro estén conscientes de que si no lo hacen bien un día, ese día habrá problemas”, advierte René García, el inspector de saneamiento ambiental del ministerio.

César Funes, el presidente de la ANDA, reconoce que no son infalibles y atribuye alguna culpa a los sedimentos en las viejas cañerías que sirven agua a 638,027 usuarios del área urbana y a 19,593 del sector rural. De hecho, los análisis que la misma ANDA hace del agua que sirve reflejan que en 2005 de 652 exámenes físico-químicos, 96, es decir el 14%, estaban fuera de la norma; al igual que el 12% de 5,490 análisis microbiológicos.

Alvarado, del MSPAS, explica que antes de que las alcaldías y comunidades comenzaran a administrar el servicio de agua potable, la ANDA presentaba porcentajes mayores de incumplimiento, pero desde que la ANDA comenzó a ceder el servicio, los nuevos administradores han demostrado incapacidad para potabilizar el agua.

Funes dice que con la nueva norma de agua que entrará en vigor en agosto de este año se mejorarán los estándares de calidad. La nueva disposición sí establecerá el número de muestras por usuarios y la frecuencia con que deben hacerse los análisis físico-químicos del agua.

SNET prevé inicio de las lluvias en abril

Publicada 22 de febrero 2006, El Diario de Hoy

Zonas en riesgo. Las autoridades contabilizan 1,416 puntos de peligro en el país. El mapa final estará listo a final de marzo.

La posible influencia del fenómeno La Niña en la región traerá consigo más lluvias y antes de lo acostumbrado. Antonio Arenas, director de Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), informó ayer que la temporada de invierno comenzará en abril cuando lo normal es que dé inicio un mes más tarde. La institución que él dirige pronostica, además, un incremento del 27 por ciento por encima de lo normal de las precipitaciones previstas en la época lluviosa.

A los claros indicios de una temporada copiosa se unen las zonas vulnerables a inundaciones y deslizamientos existentes en el territorio nacional.

El Centro de Desastres contabiliza hasta la fecha 1,416 puntos de riesgo. Algunos de los departamentos que registran más zonas de peligro son San Salvador, Sonsonate y La Libertad. Curiosamente, algunas de estas áreas fueron de las más castigadas por la pasada tormenta Stan, un fenómeno que dejó decenas de muertos y varios miles de damnificados.



INUNDACIONES. Las comunidades del país son las más frágiles durante el invierno.

Para minimizar el impacto de los fenómenos naturales, las autoridades esperan poner en marcha el plan denominado sistema de alerta temprana. Éste incluye 20 centros nuevos de creación de emergencia municipal en tres departamentos: Ahuachapán (12), Chalatenango y La Paz, con cuatro cada uno. En las semanas siguientes se espera que habiliten otros en el resto de la geografía.

“Actualmente se está revisando el Plan Nacional, el cual se espera terminarlo a finales de marzo”, expreso Mauricio Ferrer, director del Centro de Desastres.

En la capital, algunas áreas que están en la mira de las autoridades son el Reparto Monte Bello, Comunidad La Fosa, Colonia Panamá, Barrio Santa Anita, entre otras.

Se saturan centros por diarreas

Publicada 22 de febrero 2006, El Diario de Hoy

Sólo el hospital San Rafael atiende a 31 ingresados por gastroenteritis

El número de pacientes que se ingresan a diario en los hospitales públicos por gastroenteritis aguda va en aumento. De los 68 casos nuevos registrados el domingo se pasó a 98 un día después.

Los centros con mayor demanda son el San Rafael, Saldaña y Zacamil, todos en el gran San Salvador.

A nivel nacional, 219 pacientes amanecieron ayer en camas de hospitales de la red pública. La cantidad es considerable si se tiene en cuenta que hay 659.

“Es preocupante, pero nos hemos preparado. No importa que se nos llenen los hospitales, por eso hemos fortalecido la red”, comentó Ernesto Navarro, viceministro, al referirse al incremento de ingresados en el sistema público.

El inicio de la semana comenzó también con un alto número de consultas, por encima del millar.

Para el titular, el alza podría deberse al llamado que ha hecho la institución a los padres de familia para que consulten tan pronto los niños presenten los síntomas. Cuatro departamentos están en alerta amarilla desde hace una semana.



CUIDADOS. Un niño recibe suero en el hospital Zacamil.

Escasea suero oral

Publicada 7 de marzo 2006, El Diario de Hoy

Nahuizaco, en alerta, y sin ayuda

En la zona rural, la salud es un bien escaso. El cantón Cuzamaluco ilustra, como ninguno otro, las carencias estructurales y de insumos

Sonsonate registra el mayor número de muertes por esta infección y tiene una de las tasas de consulta por habitante más altas

María Santos, de dos años y cuatro meses, murió el 12 de enero por gastroenteritis aguda, pocas horas después de que se enfermara. Vivía con sus hermanos y primos, algunos de los cuales también se contagiaron, en un “ranchito” a no más de 50 metros de una casa de salud vacía.

Terminada de construir en 2003, los niños del cantón Cuzamaluco, en Nahuizalco, apenas han estrenado las instalaciones. Los médicos tampoco han hecho acto de aparición.

Bueno, para ser exactos, dos veces: una el año del estreno y otra en 2004. “Dijeron que vendrían brigadas médicas una vez por semana o, por lo menos, dos veces por mes”, esboza Dina Isabel Guirao, una de las dos promotoras que atiende el cantón. Aquel día fatal, confiesa, ella no alcanzó a pasar por la vivienda de María. Y quizás, si hubiese llegado, tampoco habría podido hacer mucho por ella. La vivienda dista diez kilómetros de la unidad de salud, es decir, del médico más cercano: un galeno que está en año social.

Su loable trabajo, en una área expuesta a todo tipo de infecciones gastrointestinales y respiratorias por la falta de educación y la carencia de servicios básicos, a veces se limita a charlas a los padres de familia, a los que visita después de largas caminatas sola, en una zona salpicada por la delincuencia.



POBREZA. La abuela, hermanita y prima de María, la niña falleció por diarrea el 12 de Febrero.



Brenda es atendida por su madre María, en la Unidad de Nahuizalco.

En medio de un brote casi epidémico de diarrea, Sonsonate es el departamento con más muertos, siete, y con uno de los promedios de casos más elevados del país (17.19 por cada cien mil habitantes), Guirao viaja con su mochila medio vacía. “De primero nos daban de 100 a 200 bolsitas de suero oral, luego 50. A última hora escaseó todo por la elevación de las diarreas, entonces nos dieron poquitas”, explica la promotora, quien hoy recibe de 25 a 50 para ocho o quince días.

La joven ve necesarias entre 500 y mil por quincena: gasta unas 50 diarias en las nueve visitas que realiza, toda vez que hay una población de 114 menores de un total de 1,616 personas.

Es más, expresó que hace tres semanas, sólo le entregaron cinco sobres, bajo el argumento que habían escaseado. Otro beneficio, como es el puriagua, no se conoce en el cantón. Esa escasez contrasta, en parte, con las palabras del ministro de Salud, Guillermo Maza, quien expresó días atrás: “los establecimientos de salud están abastecidos con sueros orales”.

Cualquier niño o adulto enfermo es remitido por la promotora a la Unidad de Salud de Nahuizalco. Ahí le espera un médico en año social, es decir, en periodo de formación, según el director del centro, Pedro Gonzalo Hernández.



Un edificio casi decorativo. La casa de salud, en el cantón Cuzamaluco, está cerrada desde que se terminó en 2003.

Con el último refuerzo anunciado por Salud, y como dijo Ricardo Lara, director de Fosalud, un médico y una enfermera se sumarán durante un mes al equipo local.

Ese panorama es menos gris en otras áreas como San Antonio del Monte, también en Sonsonate. Agripina Castillo es una de las cuatro promotoras del Cantón El Castaño.

Comenta que la directora de la unidad de salud les insistió en la educación a las familias y en dejar suero oral en cada casa.

“Toda vivienda tiene que tener dos y hay que darles puriagua”, expresa la señora, quien con un “siempre que solicito me dan” asegura que no hay carencias.

Violeta Moz, del mismo cantón, tiene una hija de nueve meses. Recuerda que los promotores les insisten en las medidas higiénicas y en no acudir a los sobadores.

“Si se enferman, dicen que les demos suero, pero aquí no han dejado”. “Sólo dan cuando se enferman”, reitera.

9.10 ANEXO 10: GUÍA RÁPIDA DE ARMADO, MONTAJE Y CUIDADOS DEL EQUIPO

Este manual está diseñado para servir como guía rápida de armado, montaje y puesta en funcionamiento del pasteurizador, tomando en cuenta las consideraciones sencillas de mantenimiento periódico. El equipo consta de varias partes, el serpentín de hierro galvanizado, la placa plana con aislante de fibra de vidrio en medio, la base inclinada para la placa y el vidrio que cubre el serpentín.

Es necesario considerar que este equipo está dimensionado, (1 m² aprox.), con fines experimentales, ya que el volumen de agua a tratar en cada lote, no está ajustado a las necesidades de consumo de una familia o comunidad en particular. Con las dimensiones establecidas, el equipo tiene una capacidad de producción de 4 litros de agua por lote.

1. MATERIALES

Serpentín.

Es la parte del Pasteurizador Solar utilizado para calentar el agua que fluye en su interior; los materiales a utilizar se ilustran en la figura 1.1.

Base del pasteurizador.

Sobre él descansa el serpentín, el colector solar y la caja de vidrio; posee una inclinación de 14°, el cual resulta al considerar las dimensiones que se ilustran en la figura 3.1.

Los materiales necesarios para su construcción se detallan a continuación:

2 – Varas de maderas de cedro de 12”

6 – Varas de maderas de cedro de 18”

¼ de galón de barniz

Tornillos golosos

Pega blanca

Placa Plana.

Es la parte del pasteurizador que absorbe parte de la energía radiante proveniente del sol y la convierte en calor, trasladándolo al serpentín y luego al agua. Para su construcción considerar los siguientes materiales y para la guía de armado considerar la figura 3.1.

1 – Pliego de Plywood Banack BB ¾”

3 – Yards de fibra de vidrio de 1 ½x48”x100”

¼ de galón de pintura negra

Caja de vidrio, evita pérdidas de la radiación solar incidente en el colector.

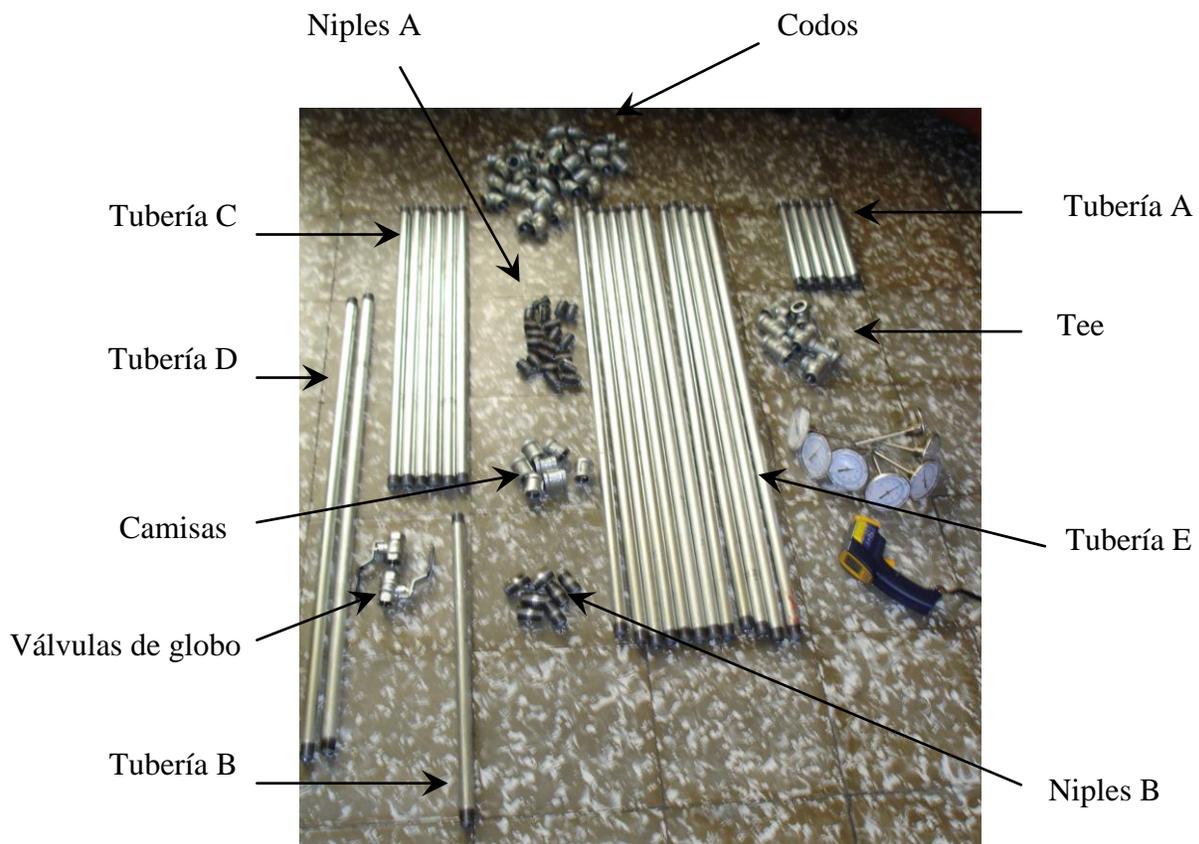


Figura 1.1 Materiales para construcción de serpentín: Teflón. Tubería hierro galvanizado de ½” doble niple: A – 7 Tuberías de 30 cm, B – 1 Tubería de 50 cm, C – 7 Tuberías de 70 cm, D – 2 Tuberías de 90 cm, E – 12 Tuberías de 1 m. Accesorios de hierro galvanizado de ½”: 7 Uniones Tee, 7 Camisas, 38 Codos, 20 niples todo rosca A y 7 niples 1½” B. Herramientas: 2 Llaves Stilson Pintura negra

2. Construcción de partes del pasteurizador

Serpentín.

Para su armado utilizar como guía la 2.1

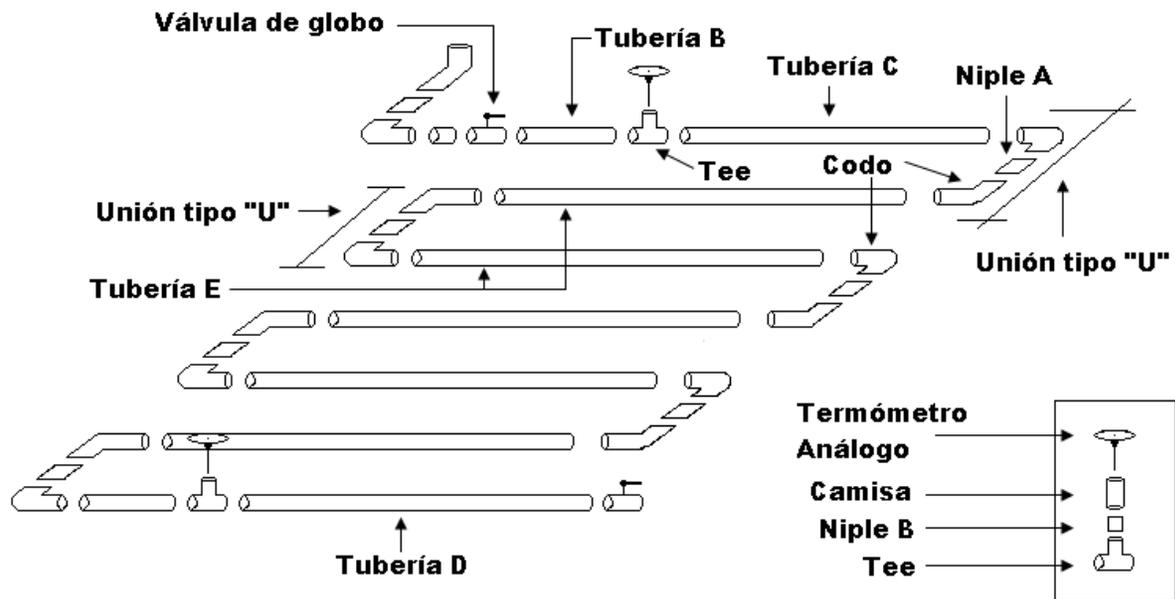


Figura 2.1. Armado del serpentín

Base del pasteurizador, es el soporte de la placa plana, el serpentín y el vidrio. Se utiliza madera de cedro y barniz para impermeabilizarla

Placa Plana, es la base que sostiene el serpentín y el transfiere calor por conducción. Para fabricarla es necesario cortar a la mitad el pliego de plywood y formar la secuencia: placa-aislante-placa. Aplicar pintura negra a toda la placa.

Caja de vidrio, evita pérdidas de la radiación solar incidente en el colector.

3. Armado del pasteurizador

Se hace colocando sobre la base la placa plana, sobre ella el serpentín y por último la caja de vidrio, de acuerdo a lo ilustrado en la figura 3.1:

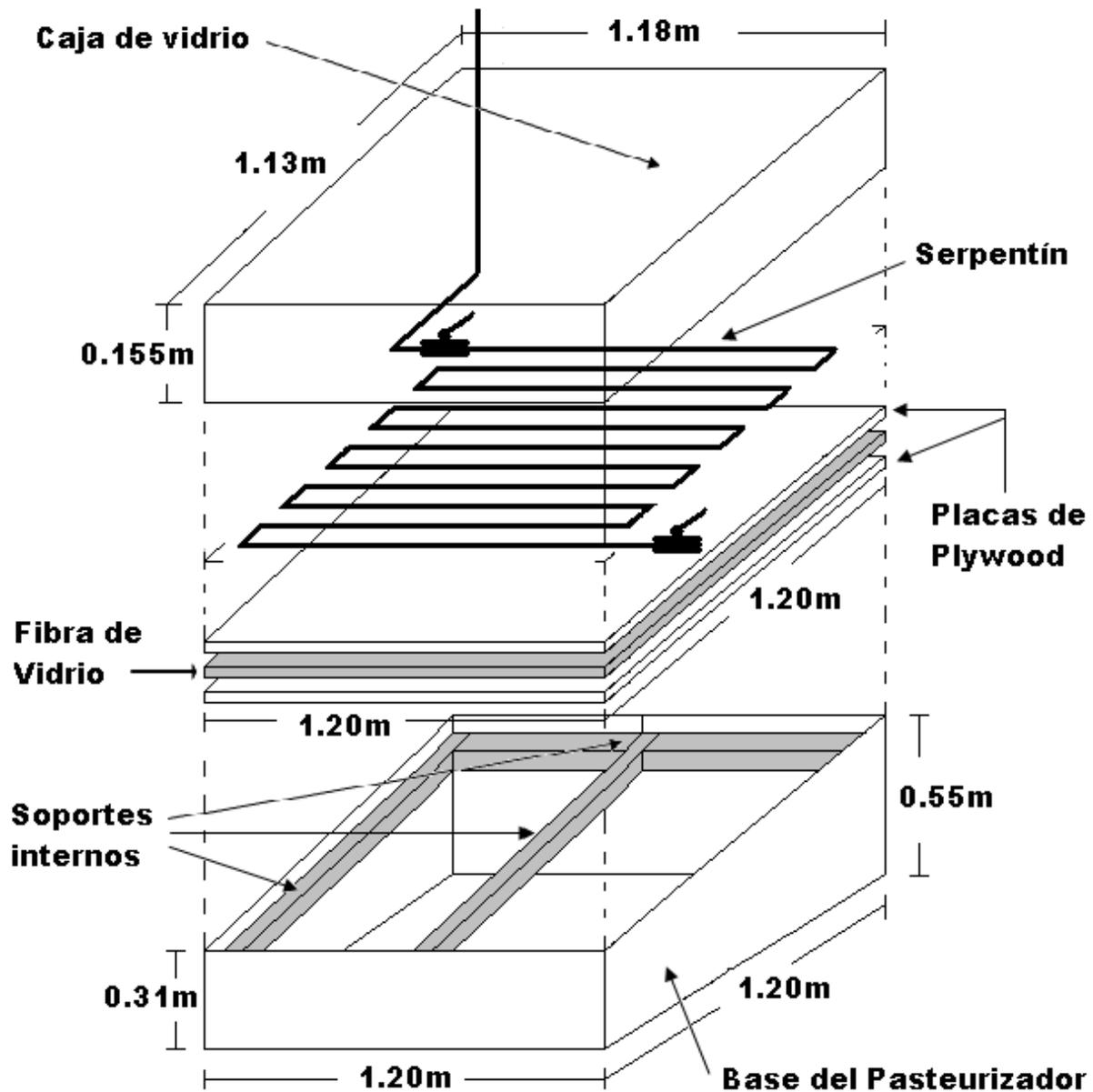


Figura 3.1. Armado del Pasteurizador Solar

4. Montaje y funcionamiento del sistema

Teniendo el equipo armado, se procede a instalar todo el sistema para iniciar la desinfección de los lotes de agua, el equipo se monta de acuerdo a la figura 4.1. El recipiente que contiene el agua debe estar a una altura de por lo menos 2 metros.

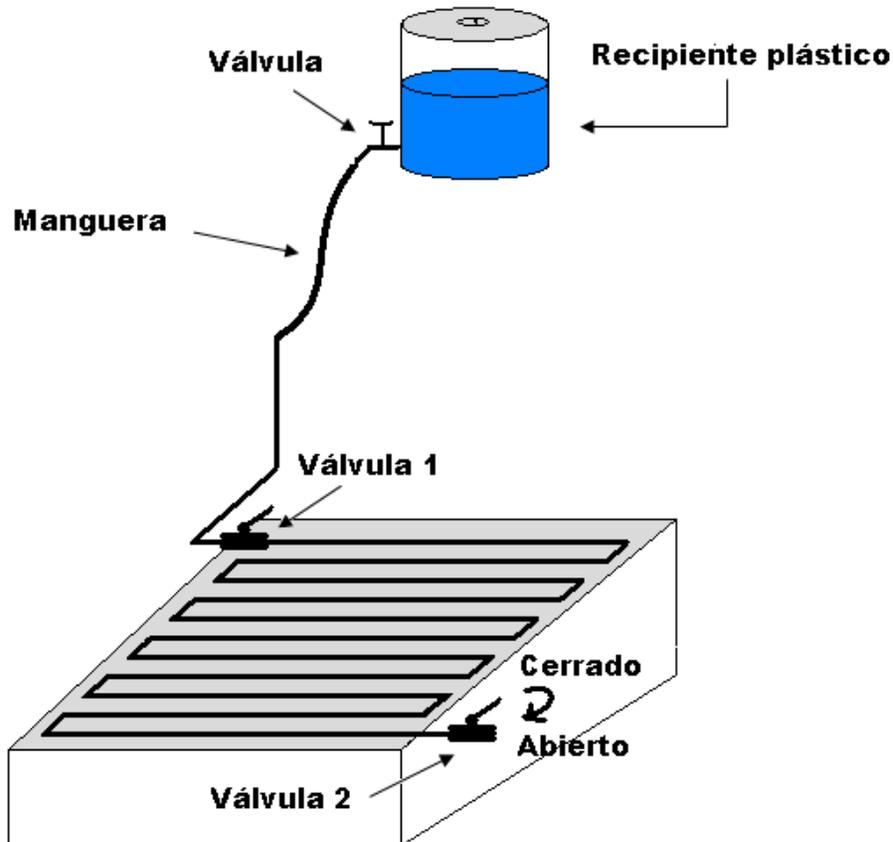


Figura 4.1. Montaje del Sistema

Luego que el sistema esté montado, permitir que el agua al interior del serpentín llegue a una temperatura de 70°C, y mantenerla durante 60 minutos.

Cuando la condición anterior se cumpla, abrir la válvula 2 y luego la válvula 1, dejar drenar unos 10 segundos y luego coleccionar el agua. Dejarla enfriar. El recipiente en los que se colecciona el agua debe ser con tapadera y tienen que estar limpios, para evitar que el agua se contamine.

5. Limpieza

Realizar un procedimiento de limpieza interna del serpentín con una frecuencia de una vez al mes. Para ello llenar, con agua extraída del pozo, a la mitad el recipiente mostrado en la figura 4.1; agregarle 20 ml de lejía, abrir las válvulas 1 y 2 del serpentín y por último la válvula del recipiente. Llenar completamente el serpentín, luego cerrar las válvulas 1 y 2 y dejarlo así durante 1 hora. El efecto combinado del cloro y la alta temperatura realiza un efecto sinérgico efectivo.

Posteriormente, drenar la solución al interior del serpentín, para ello abrir las válvulas 1 y 2 del serpentín. Renovar el agua en el recipiente y drenarla haciéndola pasar por el serpentín, repetir este procedimiento 3 veces.

6. Cuidados con el equipo

Para lograr una mayor eficiencia en la desinfección del agua y evitar contaminación secundaria es necesario tener en cuenta varias consideraciones. La primera consiste en que el agua a pasteurizar debe ser recién sacada del pozo, o de un tiempo menor a 24 horas de haberse extraído, ya que si se utiliza agua sin tratamiento que ha sido almacenada durante mucho tiempo, con mucha probabilidad contendrá una mayor carga microbiológica que el agua de pozo recién extraída.

De acuerdo a los resultados de la etapa 1, que consistía en la caracterización del pasteurizador, para operar el equipo con mayor confianza es necesario hacer la pasteurización del agua desde la mañana hasta las 2 pm, porque en este lapso de tiempo la temperatura del agua al interior del serpentín tiende a aumentar y de las 2 pm en adelante se registra un descenso, dificultándose que el agua alcance la temperatura recomendada. Es necesario permitir que el agua alcance la temperatura recomendada de 70 °C y que cuando alcance esa temperatura se mantenga retenida el agua durante 45 a 60 minutos, si no se tiene este cuidado existe el riesgo que la desinfección no se logre completamente.

Al momento de cumplirse los requisitos de temperaturas y tiempos recomendados, el agua al interior del serpentín está desinfectada, por lo que es necesario extraerla. Es necesario ser cuidadoso, ya que el agua está caliente y el contacto con la misma puede causar quemaduras leves. Para recolectar el agua desinfectada deben utilizarse recipientes que estén limpios para evitar contaminación secundaria, el agua debe enfriarse y luego ingerirse en un tiempo menor a 24 hr.