



TÍTULO

SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA SOLAR

REUTILIZACIÓN DE ELEMENTOS PLÁSTICOS DESCARTADOS

AUTORA

Virginia Miranda Gassull

Directora
Tutor
Curso

Esta edición electrónica ha sido realizada en 2011

María López de Asiaín

Alfredo Esteves

IX Maestría en Energías Renovables: Arquitectura y Urbanismo. La ciudad sostenible.

Virginia Miranda Gassull

©

©

Para esta edición, la Universidad Internacional de Andalucía



Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas

Usted es libre de:

- Copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra.

Bajo las condiciones siguientes:

- **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
 - **No comercial.** No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
 - **Sin obras derivadas.** No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.
-
- *Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.*
 - *Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.*
 - *Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.*

SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA SOLAR

Reutilización de elementos plásticos descartados

Tesista: VIRGINIA MIRANDA GASSULL

Directora: MARIA LÓPEZ DE AISAIN

Tutor: ALFREDO ESTEVES

*Erosionada montaña se queja,
siendo su queja una verdad,
ya no son como ayer sus mañanas,
desde que llegó la ciudad.*

*Cada vez menos flora y fauna,
no está el civilizado indio que la cuidaba,
salvajes industrias la dañan,
hasta explotan sus entrañas.*

*Miles de años estuvo limpia,
ahora esta el basural,
sus ríos llenos de fealdad,
hasta el aire sucio está.*

*Su único consuelo es esperar,
sabe que el hombre no durará
solo que teme quedar sola,
tras la guerra moral.*

Javier R. Cinacchi





SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA SOLAR

Reutilización de elementos plásticos descartados

IX Máster: “Energías Renovables” Arquitectura y Urbanismo. La Ciudad sostenible. Sede Iberoamericana La Rábida, Universidad Andalucía- Huelva, España

Tesista: Arq. Virginia Miranda Gassull^{5*}, Director de Tesis: Dra. Ma. López de Aisain^{6}, Tutor de Tesis: Ing. Alfredo Esteves^{7*}, Tec. Fernando Buenanueva^{8*}**

*Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda - Instituto Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INCIHUSA) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) Centro Científico Tecnológico – CCT CONICET Mendoza C.C.131 C.P. 5500
Tel. 0054-261-5244309 – Fax 0054-261-5244001
e-mail: arg.vmiranda@gmail.com , aesteves@mendoza-conicet.gov.ar

**Universidad Internacional de Andalucía – Sede Iberoamericana La Rábida
Paraje Palos de la Frontera s/n - Huelva – España

⁵ Becaria de Maestría UNIA (Universidad Internacional de Andalucía-España)

⁶ Profesional Principal UNIA (Universidad Internacional de Andalucía-España)

⁷ Investigador Independiente CCT-CONICET Mendoza.

⁸ Técnico Asociado CCT-CONICET. Mendoza

INDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	19
1.1. Introducción General Enfoque Nacional	
1.2. Del Tema al Problema Enfoque regional	26
1.3. Resumen del Estado en cuestión.....	38
1.4. Objetivos de Estudio.....	39
1.5. Objetivo General	39
1.6. Objetivos Específicos.....	39
1.7. Hipótesis de Trabajo.....	40
1.8. Relevancia de Estudio.....	40
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA	43
CAPÍTULO 3: DATOS CLIMÁTICOS DE MENDOZA	47
3.1. Temperaturas	49
3.2. Humedad Relativa	50
3.3. Radiación Global y Difusa.....	51
3.4. Vientos	52
CAPÍTULO 4: PLAN DE TRABAJO	55
4.1. Búsqueda de antecedentes	58
4.1.1. Antecedentes de Tecnología solar para el calentamiento de agua.....	58
4.1.2. Breve Historia de la Aplicación de sistemas solares en la Argentina	62
4.1.3. Uso de la Energía Solar en Sistemas Solares	63
4.2. Estudio de tecnología existente utilizando elementos reciclados	64
4.2.1. Evaluación y crítica a la tecnología existente. Relevamiento y estudio de las	64
propiedades físicas y costos de los materiales plásticos posibles de reciclar y utilizar en aplicaciones solares PET, polietileno, polipropileno, etc.	
4.3. Diseño de opciones de la tecnología posible de utilizar para las distintas partes que.....	64
conforman los colectores solares:	
4.3.1. Composición del Sistema	64
4.3.2. Circuito de conducción de agua: estudio de materiales, temperaturas máximas de	66
trabajo, comportamiento frente a la radiación solar, costos económicos, conductividad térmica, toxicidad, etc.	
4.3.3. Cubierta transparente: materiales, transmitancia solar, conductividad térmica,.....	69
rigidez dimensional, peso, costo, dimensiones comerciales, etc.	
4.3.4. Base o Carcasa	72
4.3.5. Tanque Almacenamiento: materiales, volumen, peso, costo, transmitancia	72
térmica, etc.	
4.4. Armado de prototipos de ensayo.....	73
4.5. Ensayos experimentales	83

4.5.1. Estudio Térmico Solar	83
4.5.2. Rendimiento del Sistema	84
4.6. Estudio de costos del sistema con 2 botellas (con tanque sin aislar)	88
CAPÍTULO 5: REDISEÑO Y OPTIMIZACION SEGÚN RESULTADOS OBTENIDOS	91
5.1. Discusión respecto del desempeño de la tecnología propuesta	91
5.1.1. Optimización para el sistema óptico/absorbedor	92
5.1.2. Optimización propuesta para el Tanque	93
5.2. Colocación de aislación térmica en Tanque	95
5.3. Estudio Térmico	96
5.3.1. Temperaturas Resultantes con tanque aislado	96
5.3.2. Estudio Comparativo de temperaturas 24 hr y temperaturas diurnas del tanque..... optimizado respecto del original	97
5.4. Estudio de costos del sistema 2 botellas (con tanque aislado).....	100
CAPÍTULO 6: ESTUDIO COMPARATIVO CON UN SISTEMA SOLAR SIMILAR	103
CON CUBIERTA DE 1 BOTELLA DE PET	
6.1. Diseño de opciones a la tecnología existente	103
6.1.1. Composición del Sistema	104
6.1.2. Cubierta Transparente	104
6.2. Estudio Térmico	105
6.2.1. Ensayo Térmico Solar	105
6.2.2. Rendimiento del Sistema	106
6.3. Comparación del Sistema con Cubierta de 2 botellas y Sistema con cubierta de 1 botella de PET	107
6.4. Temperaturas resultantes al producir extracciones de agua caliente	108
6.5. Estudio de costos del sistema 1 botella (con tanque aislado)	109
CAPÍTULO 7: ESTUDIO INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA	113
7.1. Configuración para su integración	113
7.1.1. Ubicación del colector.....	113
7.1.2. Formato de adaptación.....	116
7.2. Integración Arquitectónica en elementos verticales	117
7.3. Integración Arquitectónica en cubiertas.....	119
7.4. Sistemas de Anclaje	121
CAPÍTULO 8: EFICIENCIA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DEL SISTEMA	125
8.1. Introducción	125
8.2. Metodología	126
8.3. Condiciones de Consumo	126

8.4. Caso 1: Mendoza Capital	127
8.4.1. Datos Climáticos de Mendoza Capital	127
8.4.2. Colector cubierta transparente de 1 Botella	128
8.4.3. Colector cubierta transparente de 2 Botellas	131
8.5. Caso 2: Valle de Uspallata	132
8.5.1. Datos Climáticos de Valle de Uspallata	132
8.5.2. Colector cubierta transparente de 1 Botella	133
8.5.3. Colector cubierta transparente de 2 Botellas	133
CAPÍTULO 9: CONCLUSIÓN	137
CAPÍTULO 10: BIBLIOGRAFÍA	145
CAPÍTULO 11: ANEXOS	149
ANEXO I: MANUAL DE AUTOCONSTRUCCIÓN	151
ANEXO II: PUBLICACIÓN EN REVISTA AVANCES EN ENERGÍA	175
RENOVABLES Y AMBIENTE (AVERMA) Vol. 13. 2009	
ANEXO III: INFORME DE PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN EN COLOMBIA	183

INDICE IMÁGENES

- fig. 1.** Matriz Energética Primaria: Importancia del gas natural (49%) y el petróleo (38%) en la producción de energía primaria y la escasa preponderancia de los combustibles vegetales y otros (carbón mineral). Fuente: IAPG-Secretaría de Energía de la Nación.
- fig. 2.** Consumo de Gas Natural de la Argentina. Año 2004. Fuente: ENARGAS.
- fig. 3.** Imágenes del Barrio Dos Angelitos, departamento de Guaymallén. Provincia. Mendoza. Barrio Marginal cuyos integrantes comercian RSU del basural a Cielo Abierto Fuente: Taller Solar realizado por INCIHUSA.CCT. Conicet.
- fig. 4.** Imágenes del Barrio Dos Angelitos, departamento de Guaymallén. Provincia. Mendoza. Fuente: Taller Solar realizado por INCIHUSA.CCT. Conicet
- fig. 5.** Ubicación Provincia de Mendoza en la República de Argentina con indicación del área metropolitana de la provincia. Fuente: Enciclopedia electrónica: wikipedia. Y elaboración propia. Octubre 2010.
- fig. 6.** Área de Estudio: A. Metropolitana “Gran Mendoza”. Fuente: Enciclopedia electrónica: wikipedia. Imagen aérea: google earth. Octubre 2010.
- fig. 7.** Participación por tipo de cliente en el consumo de Gas Natural. Provincia de Mendoza. Año 2007. Fuente IERAL Mendoza, basado en ENARGAS.
- fig. 8.** Relación entre consumos residenciales de la Provincia de Mendoza y temperatura Promedio. Fuente: elaboración a base de datos de Enargas y Servicio Meteorológico.
- fig. 9.** Disposición de Residuos Domiciliarios en el área metropolitana. Fuente: Fundación Universidad Tecnológica Nacional. Regional Mendoza. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.
- fig. 10.** Cantidades de RSU Recolectados. Según su origen el área metropolitana. Fuente: Fundación Universidad Tecnológica Nacional. Regional Mendoza. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.
- fig. 11.** Composición de RSU Recolectados. Fuente: Fundación Universidad Tecnológica. Regional Mendoza. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable
- fig. 12.** Residuos Sólidos Plásticos acumulados en las acequias de la ciudad, obstruyendo el recorrido normal del agua.
- fig. 13.** Cuadro de resumen de la problemática en la cual se asienta la presente tesis de maestría
- fig. 14.** Imagen de la ciudad de Mendoza. Fuente: Google. Noviembre 2010.
- fig. 15.** Perfil Urbano del área Metropolitana Mendoza. Fuente: “Contribuciones del Colegio de Arquitectos de Mendoza al Plan Estratégico de Desarrollo de la Provincia de Mendoza”.2009

- fig. 16.** La calle Mendocina. Sistema de Espacios de uso. Fuente: "Contribuciones del Colegio de Arquitectos de Mendoza al Plan Estratégico de Desarrollo de la Provincia de Mendoza".2009
- fig. 17.** Temperaturas Mensuales. Fuente: Elaboración por Cátedra de Arquitectura Sustentable FAUD-Universidad de Mendoza.
- fig. 18.** Amplitud térmica media diaria para los distintos meses del año. Fuente: Elaboración por Cátedra de Arquitectura Sustentable FAUD- Universidad de Mendoza.
- fig. 19.** Humedad relativa y precipitaciones. Fuente: Elaboración por Cátedra de Arquitectura Sustentable FAUD- Universidad de Mendoza.
- fig. 20.** Radiación Global y Difusa. Fuente: Elaboración por Cátedra de Arquitectura Sustentable FAUD- Universidad de Mendoza.
- fig. 21.** Cantidad de Días claros, cubiertos y parcialmente nublados. Fuente: Elaboración por Cátedra de Arquitectura Sustentable FAUD- Universidad de Mendoza.
- fig. 22.** Frecuencia y Velocidad de Viento por Dirección. Fuente: Elaboración por Cátedra de Arquitectura Sustentable FAUD-UM
- fig. 23.** Colector de botellas con tetrapack interior negro. Fuente: Alano et al, 2006.
- fig. 24.** Sistema de Calentamiento de agua solar obras de mayor envergadura. Fuente: Programa del Estado de Paraná Brasil,2008
- fig. 25.** Sistema de Calentamiento de agua solar. Rojas, 2006.
- fig. 26.** Calentador Solar de agua de botellas descartables de PET. Fuente: Serrano P. 1995.
- fig. 27.** Poza solar convectiva para calentamiento de grandes cantidades de agua a poca temperatura. Fuente: Kreither et al, 1981.
- fig. 28.** Colector tanque- acumulador.
- fig. 29.** Colector tanque- acumulador. Fuente: Esteves et al, 2005
- fig. 30.** Partes del Sistema. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 31.** Planta esquemática. Sistema colector solar. Fuente: Elaboración propia.

- fig. 32.** Esquema del sistema colector nº1. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 33.** Funcionamiento del sistema. Fuente: Instalaciones solares térmicas. Sistemas de Energía Renovables en la edificación. López Lara. 2008.
- fig. 34.** Partes del Sistema de conducción de agua. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 35.** Tubos de polipropileno copolímero Tricapa. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 36.** Transmitancia de botellas PET. Fuente: Litter et al, 2001.
- fig. 37.** Cubierta Transparente del Sistema. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 38.** Tanque 20 lts. de pintura, sin aislar. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 39.** Medidas de las botellas tipo de 2,00 l. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 40.** Tipos de Botellas utilizadas. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 41.** Lavado de Botellas PET. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 42.** Esquema de corte de las botellas. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 43.** Corte de botellas con amoladora. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 44.** Corte de base de botellas con cutter.
- fig. 45.** Corte de botella interna. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 46.** Pasos en la colocación papel reflejante interno. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 47.** Ramales utilizados. Caños de polipropileno copolímero Tricapa ½ “.Fuente: Elaboración propia.
- fig. 48.** Colectores utilizados. Caños de polipropileno copolímero Tricapa 1 “.Fuente: Elaboración propia.

fig. 49. Pintura de esmalte sintético color negro mate sobre los caños de polipropileno $\frac{1}{2}$ " que van a ser utilizados como absorbedores del sistema. Fuente: elaboración propia.
Fuente: Elaboración propia.

fig. 50. Colocación de Botellas de PET como cubierta de los ramales verticales. Fuente: Elaboración propia.

fig. 51. a) botellas de menor diámetro con papel reflejante adherido a la de mayor diámetro; b) detalle de remate de la cubierta en el ramal conductor. Fuente: Elaboración propia.

fig. 52. Botellas apiladas en el ramal colector. Fuente: Elaboración propia.

fig. 53. Conexiones en colector superior. Fuente: elaboración propia.

fig. 54. Conexiones en colector inferior. Fuente: elaboración propia.

fig. 55. Conexiones de entrada y salida de agua. Fuente: Elaboración propia.

fig. 56. Imagen del colector terminado con un Tanque de almacenamiento sin aislar. Fuente: Elaboración propia.

fig. 57. Temperaturas de ingreso, egreso, tanque y radiación solar para el colector. Curva de Rendimiento del colector. Fuente: Elaboración propia.

fig. 58. Curva de Rendimiento del colector. Fuente: Elaboración propia.

fig. 59. Caso 1 y Caso 2 de reflexión especular. Fuente: Elaboración propia.

fig. 60. Tipos de papeles en caso 1 y caso 2 de reflexión especular. Fuente: Elaboración propia.

fig. 61. Botellas de PET con papeles internos caso 1 y Caso 2. Fuente: Elaboración propia.

fig. 62. Tanque Plástico 20 l con Aislamiento de Poliestireno Expandido. Sistema completo. Tanque aislado conectado al Colector. Fuente: Elaboración propia.

fig. 63. Armado del Tanque aislado. Fuente: Elaboración propia.

fig. 64. Temperaturas de entrada, salida del colector, tanque con aislamiento térmico y ambiente para días del mes de octubre del 2010. Fuente: Elaboración propia.

- fig. 65.** Temperaturas de entrada, salida del colector, tanque con aislamiento térmico y ambiente para un día típico del mes de octubre del 2010. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 66.** Temperaturas diurnas del Tanque sin aislamiento térmico del mes de septiembre del 2010. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 67.** Temperaturas diurnas del Tanque con aislamiento térmico en el mes de septiembre del 2010. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 68.** Temperaturas diurnas del Tanque sin aislamiento térmico las 24 hs. Fuente: Elaboración propia. 2010.
- fig. 69.** Temperaturas del Tanque con aislamiento térmico las 24 hs. Fuente: Elaboración propia. 2010.
- fig. 70.** Partes del Sistema. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 71.** Planta del Sistema Colector nº2. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 72.** Esquema Gral. Colector. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 73.** Cubierta transparente con 1 botella de PET. Ejemplo de colocación del papel reflejante en el interior de la botella. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 74.** Temperaturas de entrada y salida del colector, temperaturas del tanque y del ambiente: calefón solar sin realizar extracciones. Julio del 2010. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 75.** Temperaturas de entrada y salida del colector, temperaturas del tanque y Radiación Solar: calefón solar sin realizar extracciones. 7 de Julio del 2010. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 76.** Curva de Rendimiento. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 77.** Curva de Rendimiento “comparación ambos sistemas”. Fuente: Elaboración propia.
- fig. 78.** Temperaturas de entrada y salida del colector, temperaturas del tanque y Radiación Solar: calefón solar con extracciones. 13 de Julio del 2010. Fuente: Elaboración propia.

- fig. 79.** Carta Solar de la Ciudad de Mendoza.
- fig. 80.** Radiación incidente diaria en verano (enero) e invierno (julio) para las distintas superficies verticales y para la superficie horizontal para Mendoza (32° S latitud).
- fig. 81.** Altitud solar en verano y en invierno en la Ciudad de Mendoza.
- fig. 82.** Componentes de la radiación global incidente sobre una superficie inclinada. Fuente: Ruiz Hernandez.2008
- fig. 83.** Proyección de sombra sobre vivienda en invierno.
- fig. 84.** Formato de adaptación Sistema de calentamiento de Agua Sanitaria Solar.
- fig. 85.** Integración arquitectónica en elementos verticales.
- fig. 86.** Imagen de Vivienda con colectores en pared Frontal. Fuente propia. 2008.
- fig. 87.** Imagen de Vivienda con colectores en pared Frontal. Fuente propia. 2008.
- fig. 88.** Imagen de Vivienda con sistema formato vertical colocado en Galería. Fuente: Casa de Quincha. Matías Esteves 2010.
- fig. 89.** Integración arquitectónica en elementos horizontales inclinados y planos
- fig. 90.** Imagen de Vivienda con colectores en Cubierta. Fuente: Casa de Quincha. Matías Esteves 2010.
- fig. 91.** Imagen de Vivienda con colectores en Cubierta. Fuente propia.2008.
- fig. 92.** Integración de colector a parasoles y galería con cubierta inclinada.
- fig. 93.** Sistemas de Sujeción elementos verticales. Fuente Elematic e Isofoton. 2006.
- fig. 94.** Sistemas de sujeción a elementos horizontales. Fuente Elematic e Isofoton. 2006.
- fig. 95.** Ubicación en Perfil cordillerano de los casos de estudio.

fig. 96. Datos climáticos de radiación solar, temperatura media y temperatura máxima media en la ciudad de Mendoza Capital.

fig. 97. Demanda de energía y Aporte Solar en caso de la ciudad de Mendoza Capital.

fig. 98. Datos climáticos de radiación solar, temperatura media y temperatura máxima media en la localidad de Uspallata.

fig. 99. Imagen de los 3 sistemas de ACS estudiados.

INDICE DE TABLAS:

Tabla n°1: Cantidades de RSU Domiciliarios Recolectados en el área metropolitana. Fuente: Fundación Universidad Tecnológica. Facultad Regional Mendoza. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

Tabla n°2: Cantidades de RSU Recolectados. Distinción según su origen el área metropolitana. Fuente: Fundación Universidad Tecnológica. Facultad Regional Mendoza. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

Tabla n° 3: Resumen comparativo de las propiedades más importantes de cada material plástico posible de utilizar en la conducción de agua Fuente: Nisnovich,1998. Estudio de costos. Septiembre 2009.

Tabla n°4: Costos de materiales para armar el Sistema de ACS con tanque sin aislar. Fuente: Elaboración propia. Octubre 2009.

Tabla n°5: Costos de materiales para armar el Sistema de ACS con tanque aislado y cambio de papel reflejante. Fuente: Elaboración propia. Octubre 2009.

Tabla n° 6: Hoja de carga con el consumo medio de agua caliente y fría por día por persona. Fuente: Curso de Calefones Solares: Diseño y Cálculo de Instalación. 2003. Ing. Alfredo Esteves.

Tabla n° 7: Resumen de los datos climáticos de Mendoza Capital.

Tabla 8: Valores hoja de carga de familia de 7 integrantes.

Tabla 9: Datos del colector de 1 botella.

Tabla 10: Cantidad de energía aportada del sistema.

Tabla 11: Datos de Resultados de la energía provista por el sistema de ACS.

Tabla 12: Ahorros de energía para diferentes cantidades de colectores.

Tabla 13: Costos \$, ahorro anual y amortización económica para diferentes cantidades de colectores en el sistema.

Tabla 14: Ahorro de energía para diferentes cantidades de colectores de doble botella.

Tabla 15: Costos \$, ahorro anual y amortización económica para diferentes cantidades de colectores en el sistema.

Tabla 16: Datos climáticos en la localidad de Uspallata.

Tabla 17: cantidad de colectores resultantes en Uspallata de simple botella, energía ahorrada y emisiones ahorradas.

Tabla 18: ahorros y amortización para diferentes cantidades de colectores (1 Botella) en el sistema y en la localidad de Uspallata.

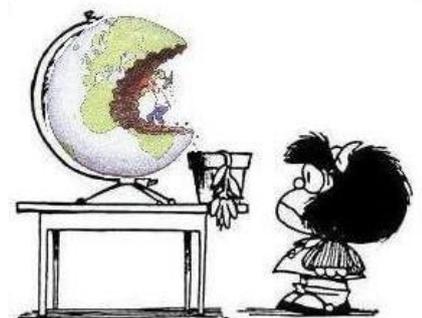
Tabla 19: cantidad de colectores resultantes en Uspallata de doble botella, energía ahorrada y emisiones ahorradas.

Tabla 20: Costos \$, ahorro anual y amortización económica para diferentes cantidades de colectores (2 Botellas) en el sistema y en la localidad de Uspallata.



**...HAY SUFICIENTE EN EL MUNDO PARA CUBRIR
LAS NECESIDADES DE TODOS LOS HOMBRES,
PERO NO PARA SATISFACER SU CODICIA...**

GANDHI





CAPÍTULO 1

■ CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

RESUMEN

El proyecto de Tesis presentado trata respecto de una problemática energética en la vivienda como la energía necesaria para producir el agua caliente sanitaria (ACS) para el uso domiciliario y una problemática ambiental como es la incorrecta disposición de residuos sólidos plásticos, desaprovechando su potencial económico.

Se propone una alternativa de reducción del consumo energético en el uso de calentadores: termo tanques o calefones instantáneos que utilizan gas, electricidad o leña para su funcionamiento. Se utilizan materiales plásticos descartados para su armado, reduciendo el impacto ambiental que éstos generan, disponiendo su reutilización por varios años más y resulta además con un costo económico reducido para ser alcanzado por un amplio sector de la población.

Además es especialmente aplicable en aquellas viviendas de familias de escasos recursos, en barrios marginales que por diversas razones no cuentan con agua caliente sanitaria. Este sistema realizado por autoconstrucción en talleres, les permitiría contar con agua caliente para enfrentar situaciones actuales de insalubridad.

ABSTRACT

The Thesis presented treats respect of an energetic problematic in the housing since it is the warm sanitary water (ACS) for the domiciliary use and an environmental problematic since it is the incorrect disposal of solid plastic residues, failing to take advantage of his economic potential.

One proposes an alternative of reduction of the energetic consumption in the use of heaters: thermos tanks or instantaneous boilers that use gas or electricity for his performance. Using plastic materials rejected for his armed one, reducing the environmental impact that these generate, arranging his reutilization several years more and it proves in addition with an economic cost reduced to be reached by a wide sector of the population.

In addition it is specially applicable in those housings of families of scanty resources, in marginal neighborhoods that for diverse reasons do not possess warm sanitary water. This system realized by autoconstruction in workshops, would allow them to possess warm water to face current situations of insalubrity.

A continuación se hará una breve reseña sobre la situación energética y el estado de situación respecto a la generación y disposición de los Residuos Sólidos Urbanos.

En primer lugar se hará referencia a nivel Nacional, para luego centrar el foco de estudio en la Provincia de Mendoza, precisamente en el área metropolitana “Gran Mendoza”.

El enfoque de estudio es muy amplio por lo que se tratan los puntos antes mencionados de forma general. Tomando en carácter particular los puntos relevantes respecto a la crisis energética, se hará referencia a la disponibilidad y consumo de gas residencial y su necesidad

de calefacción. En relación a los residuos sólidos urbanos, se hará hincapié en los residuos sólidos plásticos y su reutilización.

1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL | ENFOQUE NACIONAL

La energía constituye un problema con dimensiones técnicas, económicas, políticas, sociales y medioambientales.

El balance energético de la Argentina ⁹ presenta en la energía primaria utilizada una neta conformación de energía no renovable. La energía hidráulica mas otras formas, principalmente la leña aparecen como renovables y el resto petróleo, gas natural y nuclear como no renovable. El 87 % de la energía primaria consumida proviene de combustibles fósiles, lo que implica emisiones de gases de invernadero importantes, que acentúan el cambio climático. *Secretaría de La Nación, 2006.*

Este balance es algo preocupante y pone de relieve la necesidad de una política energética respecto a la necesidad de utilizar fuentes de energía renovables.

Se debe considerar que desde el 2004, Argentina transita una crisis energética que se manifiesta:

- Insuficiencia de gas natural (por falta de inversión en prospección de yacimientos) en Marzo, algo totalmente atípico para esta época del año.
- Corte de gas a la Industria por parte de las distribuidoras de 8,2 Millones de m³ por día por falta de disponibilidad de gas, durante los meses de invierno.
- Centrales eléctricas de Ciclo Combinado y Turbo Gas trabajando con combustible alternativo – Gas Oil, en vez de gas natural.
- Centrales eléctricas de Turbo Vapor trabajando con Fuel Oil.
- Funcionamiento del sistema generador eléctrico financieramente descompensado (al borde de la quiebra).
- Durante el 2010 se prevé una eliminación de los subsidios del Estado Nacional en el uso de estos combustibles (gas natural y electricidad) lo que conlleva a un mayor costo operativo del uso de los mismos.
- Ajustes tarifarios bruscos e imprevistos.
- Importación de gas desde Bolivia.

⁹ Balance Energético Nacional Secretaria de Energía de la Nación. 2006

ARGENTINA: MATRIZ ENERGÉTICA PRIMARIA Promedio de los últimos años

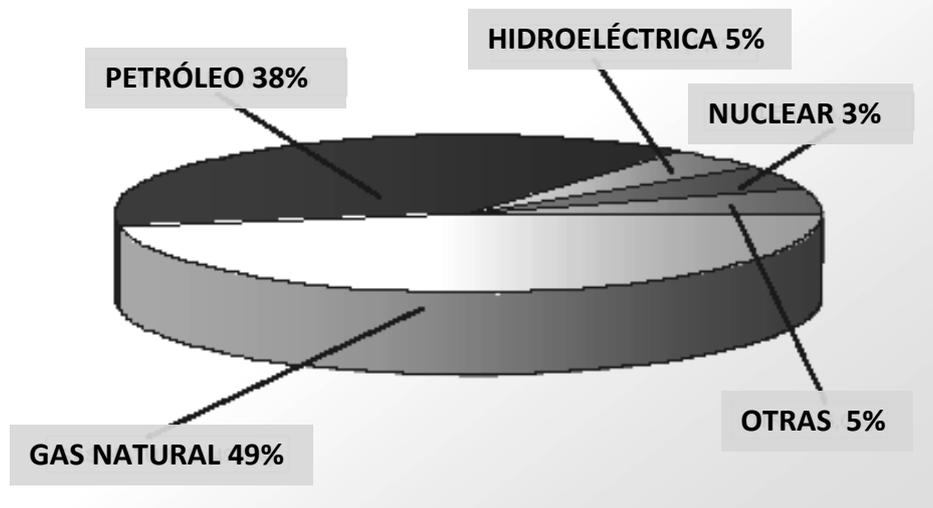


Fig. 1: Matriz Energética Primaria: Importancia del gas natural (49%) y el petróleo (38%) en la producción de energía primaria y la escasa preponderancia de los combustibles vegetales y otros (carbón mineral). Fuente: IAPG-Secretaría de Energía de la Nación.

El epicentro de la crisis que se está viviendo en este momento se encuentra en el gas natural. Esto es grave, porque el gas natural representa el 49 por ciento de la energía primaria que produce la Argentina y, a su vez, porque el gas natural condiciona mucho el parque térmico de generación eléctrica por los ciclos combinados y todas las inversiones nuevas que se han realizado en el sector eléctrico.¹⁰

La actual crisis energética, cuyo aspecto más visible es la incipiente falta de gas, se debe a la fijación del precio tanto del gas como del crudo. De este modo, el precio del gas en boca de pozo es actualmente en la Argentina de 0.40 centavos de dólar por millón de BTU.¹¹

El incremento tarifario provocado por las crisis energéticas traen como consecuencia niveles de disconfort e insalubridad en los sectores con menor poder adquisitivo, debido a la incapacidad de asumir económicamente esta situación.

Al mismo tiempo, aparece en escena el subsidio económico que ejerce el estado sobre el gas natural, que no permite que la población de clase media alta y los mismos organismos del estado perciban claramente la compleja situación de disponibilidad y uso desmedido del

¹⁰ La Política Energética de Mendoza: Del energón al Power aportes para su desarrollo y Formulación. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ingeniería. 2006

¹¹ Situación Energética Local: Balance y Perspectivas de una Problemática Actual. Universidad Nacional de Cuyo-2004

recurso. En el país, se accede al gas natural con un costo hasta veinticinco veces menor en relación a otros lugares de Latinoamérica como Santiago de Chile, Río de Janeiro o Montevideo. Estos valores indican que el costo energético seguirá ascendiendo en los años venideros, lo que dará como consecuencia un empeoramiento de la situación de confort de la franja poblacional de menores recursos. *Mercado y Esteves. 2010*

ARGENTINA: CONSUMO DE GAS NATURAL

Año 2004-Por Tipo de Clientes: 33.472.672 Mm3.

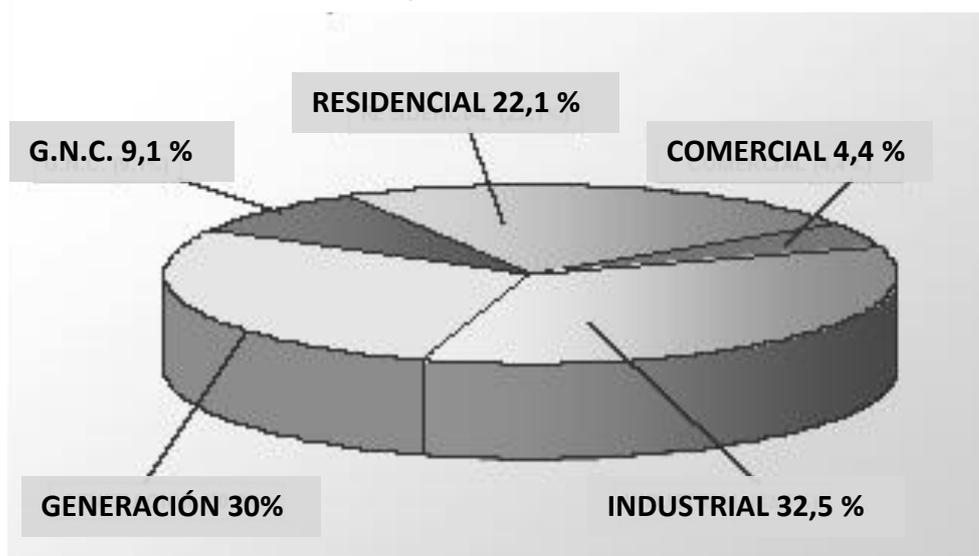


Fig.2: Consumo de Gas Natural de la Argentina. Año 2004. Fuente: ENARGAS.

En lo que respecta al consumo de gas natural, el sector residencial es el encargado del 22,1% del consumo energético nacional, del cual se utiliza el 58% para calefaccionar las viviendas (EVANS, 2005).

Se puede observar que el consumo industrial y la generación eléctrica a partir de este hidrocarburo representan casi las dos terceras partes del consumo. Es importante remarcar que, a partir de la disponibilidad de gas natural barato y de tecnología abaratadora de costos, la generación eléctrica en Argentina adquirió una dependencia importante con respecto del gas natural.

Los derivados se emplean en el transporte y la maquinaria agrícola, mientras que las industrias, el comercio y las familias han sustituido los derivados por el Gas Natural en los usos calóricos. (*Seltzer, Severino, Tamburrini. 2006. UnCuyo*)

Situación Nacional de los residuos sólidos urbanos (RSU)

Otra problemática que repercute en Argentina es la cantidad y disposición de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU). La "generación per cápita" (GPC) media del país, el cual refiere a la cantidad de residuos en kilogramos que produce a diario cada habitante, se encuentra entre 0,91 y 0,95 kg/hab. día. (ENGIRSU. *Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.2005*)

En Argentina se genera un total de 12.325.000 de Tn/año. En el territorio nacional alrededor del 15% de las localidades más pequeñas, de entre 2.000 y 10.000 habitantes, tiene recolección selectiva y plantas de tratamiento de los residuos para su posterior reciclado y compostaje en el caso de los residuos orgánicos, siendo creciente el número de comunidades que adhieren a este tipo de manejo.

A partir de los datos analizados, se observa que la mayoría de los municipios más grandes - más de 500.000 habitantes- utilizan para la disposición final (DF) de sus RSU el sistema de Relleno Controlado (RC) o, en menor medida, lo hacen con Disposición Semi-Controlada (DSC). Esta situación se replica en la totalidad de las demás capitales de Provincia.

Más del 70% de los municipios de poblaciones menores a 10.000 habitantes, vierten sus residuos en Basurales a Cielo Abierto (BCA). Los porcentajes continúan elevados hasta las poblaciones de 100.000 habitantes, donde el uso de BCA para la disposición final todavía supera el 50%.

A nivel país, como mínimo el 44% del total de los RSU que se generan son vertidos en forma inadecuada, ya sea en basurales a cielo abierto o en sitios que no cuentan con los controles mínimos requeridos para una adecuada preservación de la salud humana y del ambiente, cifras que remarcan la gravedad de la situación existente. Es más existen familias enteras dedicadas a la selección y clasificación de los residuos en su punto final de disposición, disponiendo económicamente de su reventa, lo que genera trastornos y problemas a nivel de salud humana.



Fig.3 : Imágenes del Barrio Dos Angelitos, departamento de Guaymallén. Provincia. Mendoza. Barrio Marginal cuyos integrantes comercian RSU del basural a Cielo Abierto



Fig.4 : Imágenes de trabajadores informales del Barrio Dos Angelitos, departamento de Guaymallén. Provincia. Mendoza

La fracción valorizable que se presenta en los RSU es alta. Al margen de la lista de residuos potencialmente recuperables, en el país se trabaja mayormente de manera informal con los siguientes materiales: papel y cartón, vidrio, plástico (PEAD y PET), aluminio y chatarra.

Sin dudas, el contexto macroeconómico y las fluctuaciones propias de cada uno de los potenciales mercados inciden fuertemente en la posibilidad de recuperar residuos para su efectiva valorización.¹²

En vistas de lograr un desarrollo sostenible local es indispensable introducir cambios fundamentales en la forma en que producen y consumen las sociedades. Se deben promover modalidades sostenibles de consumo y producción. Los gobiernos y las organizaciones internacionales competentes, el sector privado y todos los grupos principales deben desempeñar un papel activo. Algunas de las propuestas respecto a esta problemática son:

- Integrar consideraciones relativas a la energía como la eficiencia energética y la accesibilidad económica y física en los programas socioeconómicos, especialmente en las políticas de los sectores que son consumidores importantes de energía, y en la planificación, gestión y conservación de infraestructuras consumidoras de energía de larga vida útil, como las del sector público, el transporte, la industria, la agricultura, la urbanización, el turismo y la construcción.
- Idear y difundir tecnologías alternativas con objeto de aumentar la proporción de la producción de energía correspondiente a las fuentes renovables, incrementando la eficiencia energética y utilizando en mayor medida tecnologías avanzadas, como las tecnologías menos contaminantes para el aprovechamiento de los combustibles fósiles.
- Diversificar el suministro de energía perfeccionando las tecnologías existentes o ideando otras menos contaminantes y más eficientes, accesibles y económicas, en particular las que se utilizan para el aprovechamiento de los combustibles fósiles y las fuentes de energía

¹² Informe: Estrategia Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU) Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

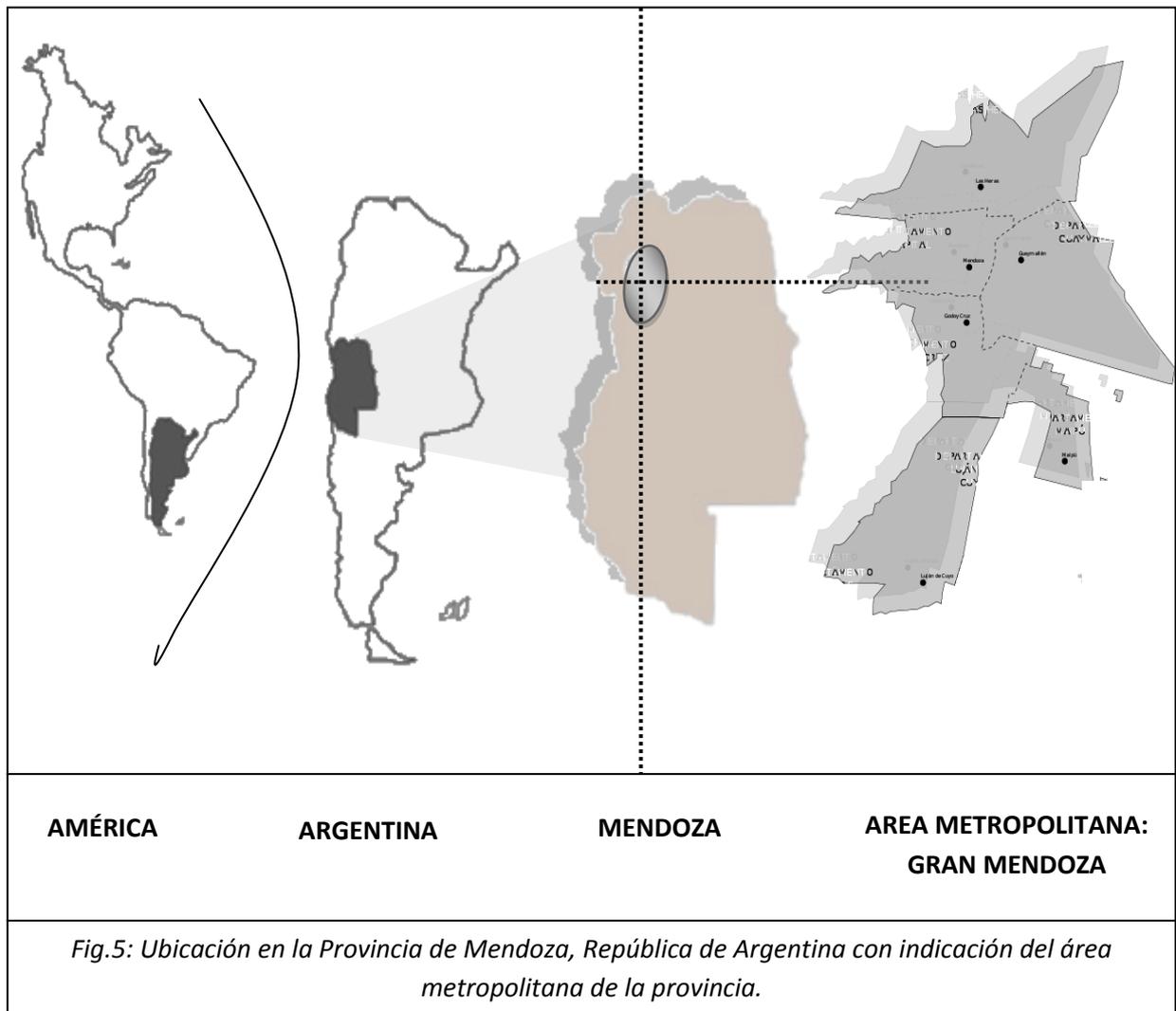
renovables, incluida las de energía hidroeléctrica, y transfiriéndolas a los países en desarrollo en condiciones favorables mutuamente convenidas.

- Agilizar el desarrollo, la difusión y el despliegue de tecnologías menos contaminantes y de costo accesible para aumentar la eficiencia energética y la conservación de energía y promover la transferencia de esas tecnologías, en particular a los países en desarrollo, en condiciones favorables e incluso concesionarias y preferenciales convenidas de común acuerdo.
- Promover la intensificación de las actividades de investigación y desarrollo en el campo de la tecnología energética, como las fuentes de energía renovables, la eficiencia energética y las tecnologías de avanzada, incluidas las tecnologías más modernas y menos contaminantes para la utilización de los combustibles fósiles.
- Evitar la producción de desechos o reducirla al mínimo y aumentar al máximo la reutilización, el reciclado y el empleo de materiales alternativos inocuos para el medio ambiente, con la participación de las autoridades gubernamentales y de todos los interesados, con objeto de reducir al mínimo los efectos adversos para el medio ambiente y aumentar el rendimiento de los recursos en los países en desarrollo.

1.2. DEL TEMA AL PROBLEMA | ENFOQUE REGIONAL

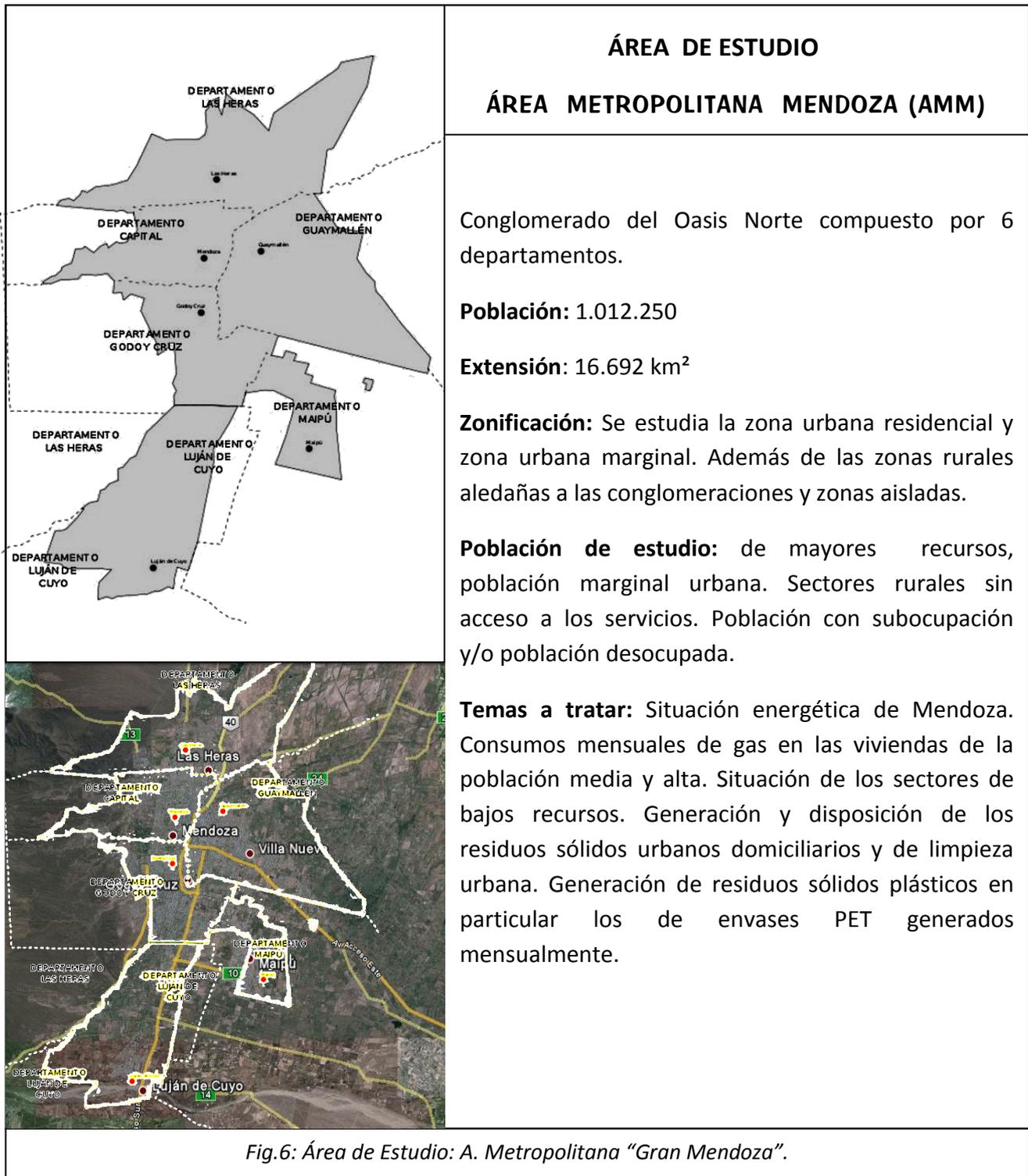
El ser humano debe ser constructor, no destructor.

En vistas del marco general de la situación energética de la República Argentina, y de los problemas de la disposición de los RSU, se estudia el lugar de aplicación del proyecto de Investigación: área metropolitana de la Provincia de Mendoza, Argentina¹³ (foto 1). Esta área ubicada en el oasis Norte, llamada "Gran Mendoza" está conformada por 6 departamentos: Las Heras, Guaymallén, Maipú, Luján de Cuyo, Ciudad de Mendoza y Godoy Cruz. Tiene una extensión de 16.692 km² y un total de 848.660 habitantes según *censo de 2001, Indec*.



En la siguiente figura se detallan algunos datos relevantes de la zona de estudio.

¹³ La provincia de Mendoza tiene un territorio de 148.827 km² y se encuentra situada en el centro-oeste de la República Argentina sobre una zona semidesértica de clima árido. Los tres oasis (norte, este y sur) rigen el crecimiento y la distribución poblacional sobre el territorio. La ciudad de Mendoza se ubica en el centro del Oasis norte (32° 40' latitud sur y 68° 51' longitud oeste; a una altura sobre nivel del mar de 750m promedio).



La provincia no escapa de la realidad nacional siendo necesario realizar acciones tendientes a mejorar el suministro de energía en las viviendas y además reducir el impacto ambiental de esos suministros, sumando acciones a las propuestas nacionales. La alternativa planteada en esta investigación presenta una reducción de costos de los sistemas tradicionales, y plantea una acentuación al crecimiento de un medio ambiente sostenible.

En la zona comprendida por los departamentos del denominado Gran Mendoza, se concentra el 70% de los usuarios de gas natural y energía eléctrica, que es además el espacio de mayor crecimiento urbano y demográfico.

El 65% de la generación de energía eléctrica proviene de: 53% provisto por CTM (Central Térmica Mendoza) y 12% por el sistema del Río Mendoza¹⁴. El porcentaje restante proviene de los yacimientos localizados en la provincia de Neuquén.¹⁵

Debido a la composición del mix energético argentino, estos sectores se encuentran estrechamente vinculados; pues el 44% de la misma es de base térmica, con gas natural como combustible principal, por lo que un incremento en la demanda de energía eléctrica se traduce necesariamente en un aumento en el consumo de gas natural, esto sucede principalmente en verano, y en años con baja disponibilidad de recursos hídricos tales como los correspondientes al 2003 y 2004. (Correa, et.all, 2005)

En Mendoza, el consumo de energía eléctrica en el año 2003 mostró un incremento del 5,9% respecto del 2002 alcanzando los 3,5 millones de MWh y en el 2004 del 8% alcanzando los 5.251.137 MWh de electricidad de consumo mensual. Los sectores de mayor representatividad dentro de la distribución son: el residencial con una participación de 25% y el comercial con el 16%, presentando un crecimiento respecto del año anterior del 24, 5% para el sector comercial y del 3% para el residencial (IERAL, 2005).

El área metropolitana consume mensualmente aproximadamente 548.571.000 m³ de gas natural¹⁶ para servir a 848.660 usuarios según datos suministrados en el año 2005. Con un promedio de 1.183 m³ anuales por usuario, hay variaciones sectoriales en el mismo, ya que los mayores consumos por usuario se asientan en el sector residencial de mayores recursos.

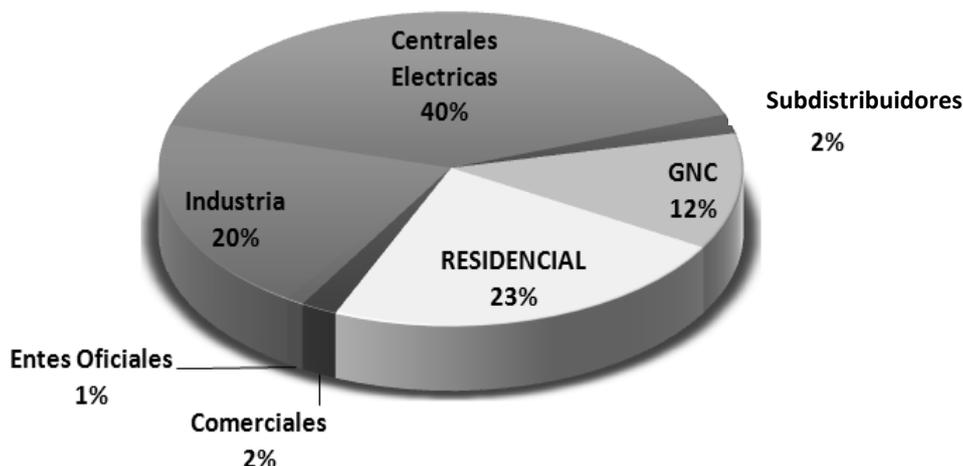


Fig. 7: Participación por tipo de cliente en el consumo de Gas Natural. Provincia de Mendoza. Año 2007. Fuente IERAL Mendoza, basado en ENARGAS.

¹⁴ El proyecto consiste en la generación de energía eléctrica hidroeléctrica en el embalse Potrerillos, que toma las aguas del Río Mendoza. La reducción de emisiones se debe al emplazamiento de la electricidad generada a través de una fuente renovable.

¹⁵ Situación Energética Local: Balance y Perspectivas de una Problemática Actual. Universidad Nacional de Cuyo-2004.

¹⁶ Matriz Energética Provincia de Mendoza. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza. Instituto Regional de Estudio Sobre Energía.

Consumo de Gas-Sector Residencial

La mayor parte de los hogares metropolitanos, está conectado a la red de gas natural (70%), hay sectores que utilizan gas envasado (22%) y 8% recurre a otros combustibles (kerosene, biomasa). En las zonas rurales aledañas al área metropolitana, hay sectores (mayoría) que no cuentan con las posibilidades de energía por red, por lo que deben abastecerse de otras fuentes.

En Mendoza existe un 30% de los hogares que no tienen acceso a la red de gas natural. Los habitantes de estas viviendas son los que cada año padecen los sobrepuestos de las garrafas las interminables filas para acceder a un tubo y el frío cuando no logran acceder a alguno de los métodos opcionales a ese recurso. *Diario Observatorio Petrolero. Junio 2010*

Existe un mecanismo por el cual, se accede a la garrafa social, que implica la comercialización de una garrafa de 10 kg a precio de \$ 18 (\$ 1.8/kg – US\$ 0.45/kg) (aprox. 13000 kcal) – gas natural tiene un costo de \$ 0.2/m³-US\$ 0.05/m³ (/9300 kcal). El costo de adquisición comercial de la garrafa es de 25-20 \$/m³. Conseguir la garrafa social resulta muy improbable por los pocos puntos de expendio y porque existe desabastecimiento frecuente.

La demanda de gas natural residencial consumida en el año 2007 por el 70% habitacional que accede a la red de gas natural, es del 23% del volumen total demandado de gas en nuestra Provincia mientras que si se considera el consumo invernal (el que se produce entre los meses de mayo a septiembre), el consumo de este grupo fue del 37% del volumen total consumido.

Según la normativa vigente, el consumo de gas natural residencial (junto con los pequeños clientes comerciales y los entes oficiales tales como escuelas y hospitales), es ininterrumpible, es decir que la prestación de este servicio debe hacerse sin interrupciones y tiene la mayor prioridad de abastecimiento del sistema.

La principal característica de la demanda de gas residencial es su gran variabilidad en función de factores climáticos. En temporada estival, cuando las temperaturas son elevadas, la demanda de gas natural residencial se reduce, tendiendo a un valor constante por cliente en presencia de temperaturas muy elevadas. Este comportamiento se debe a que el gas sólo es utilizado para cocción y para calentamiento de agua, uso en el cual también se reduce el consumo debido a la necesidad de provocar pequeños cambios en la temperatura del agua de red o acumulada en tanques domiciliarios.

Por el contrario, a medida que disminuyen las temperaturas, el consumo se incrementa debido a la necesidad de utilizar mayor cantidad de combustible para calentamiento de agua y al uso para calefacción. Una vez que todos los artefactos a gas se encuentran funcionando, es lógico pensar que el consumo de gas se estabiliza en su valor máximo ver figura 8.

RELACIÓN ENTRE LOS CONSUMOS DE GAS RESIDENCIALES DE LA PROVINCIA DE MENDOZA Y LA TEMPERATURA PROMEDIO

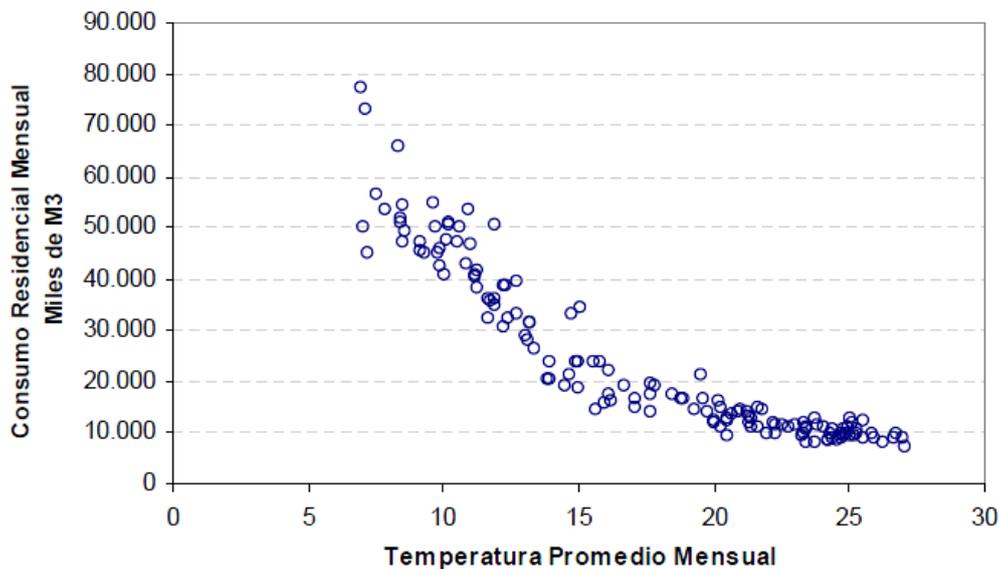


Fig.8: Relación entre consumos residenciales de la Provincia de Mendoza y temperatura Promedio. Fuente: elaboración a base de datos de Enargas y Servicio Meteorológico.

De acuerdo con los conceptos mencionados en el apartado anterior, se considera que la demanda de gas natural de los hogares de Mendoza, depende de las siguientes variables:

Temperatura: existen diversas formas de incluir la variabilidad térmica en los modelos que caracterizan las variaciones en el consumo de gas, (tales como la temperatura promedio, la sensación térmica, la amplitud térmica diaria, la cantidad de días con temperatura inferior a cierto valor).

Inercia Térmica: la demanda de gas no responde a las condiciones climáticas de un día analizado, sino que depende del escenario preexistente; ya que no será el mismo consumo en un día de verano en el cual se registra una temperatura de 20°C, que en un día de invierno. Dicho de otro modo, se puede decir que existe una cierta inercia en el consumo. Si se está en un día estival, cuando el consumo es bajo, para que los clientes comiencen a encender la calefacción deben transcurrir varios días de frío (en general entre 4 a 6 días). Del mismo modo, en invierno, la temperatura debe incrementarse por unos días consecutivos para que se apague la calefacción.

Ingresos: se espera que a medida que aumenten los ingresos, la demanda de gas natural para uso doméstico se incremente (el gas natural se considera un bien normal).

Precio del Gas Natural: a medida que se incrementa el precio del bien, se espera que se demande una menor cantidad.

Residuos Sólidos Urbanos en el Área Metropolitana de Mendoza

En el AMM existe otro problema en la provincia, es el causado por la creciente cantidad de residuos sólidos urbanos (RSU) y residuos sólidos plásticos (RSP), que en general se depositan en tiraderos municipales o rellenos sanitarios.

La disposición de estos residuos en rellenos sanitarios no es lo más conveniente, dado que se rompe el ciclo natural de descomposición, se contaminan las fuentes de agua y se favorece la generación de agentes patógenos.

Como se observa en el siguiente cuadro y gráfico, el 75 % de los residuos domiciliarios recolectados en el área metropolitana se disponen en vertederos incontrolados (11.814 tn/mes), el 16% se dispone en vertederos parcialmente controlados (Relleno Sanitario metropolitano “Lime” ubicado en el departamento de Las Heras a 10 km. de la ciudad capital) y el 9% corresponde a la Planta de Tratamientos de Residuos Sólidos Urbanos ubicada en el departamento de Maipú (actualmente es la única experiencia a nivel provincial donde los residuos reciben un tratamiento para su separación y posterior comercialización).

MUNICIPIO	RSU DOMICILIARIOS			VACIADEROS CONTROLADOS	PLANTA de TRATAMIENTO	PARCIALMENTE CONTROLADOS
	DIARIO tn.	SEMANAL tn.	MENSUAL tn.			
CAPITAL	93	648	2777	2777		
GUAYMALLÉN	162	1137	4873	4873		
GOSOY CRUZ	94	660	2829	2829		
LAS HERAS	80	560	2400			2400
LUJÁN	45	312	1335	1335		
MAIPÚ	46	322	1380		1380	
TOTAL	520	3639	15594	11814	1380	2400

Tabla n°1: Cantidades de RSU Domiciliarios Recolectados en el área metropolitana. Fuente: Fundación Universidad Tecnológica. Facultad Regional Mendoza. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

Disposición de RSU Domiciliarios Área Metropolitana

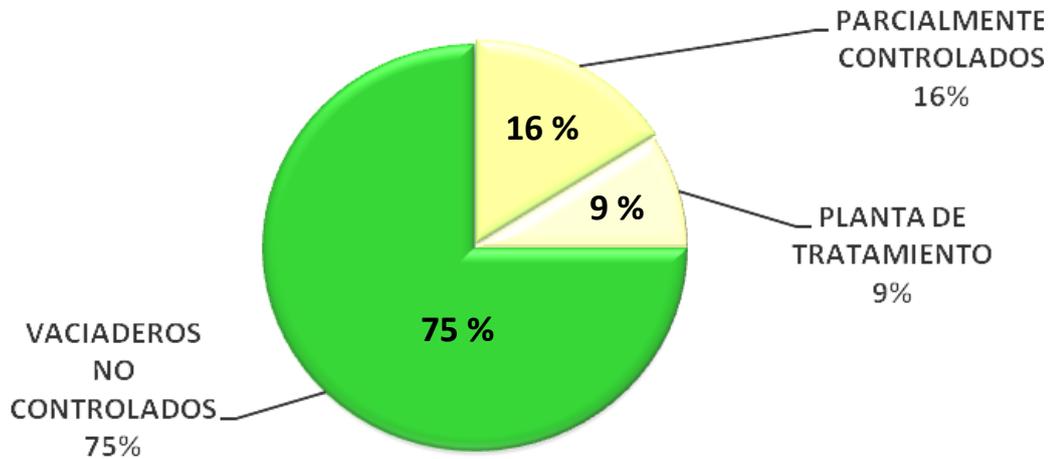


Fig.9: Disposición de Residuos Domiciliarios en el área metropolitana. Fuente: Fundación Universidad Tecnológica. Facultad Regional Mendoza. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

En Mendoza se produce un total de 15.792 t anuales de residuos domiciliarios mensuales brindando valores per cápita de 0,55 kg diarios en promedio. A estos valores se le deben sumar los RSU recolectados por la limpieza urbana, ya que modifican sustancialmente la cantidad de Residuos totales.

Disposición de RSU Área Metropolitana

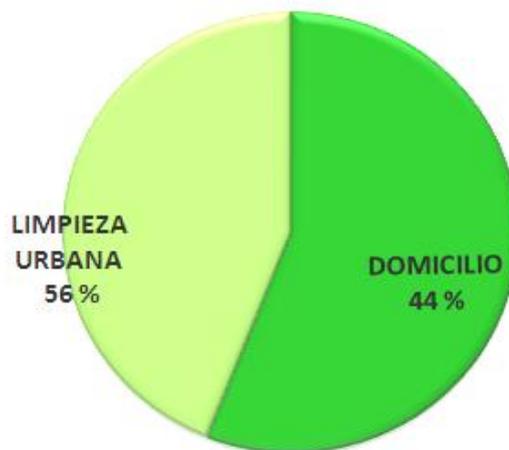


Fig.10: Cantidades de RSU Recolectados. Según su origen el área metropolitana. Fuente: Fundación Universidad Tecnológica. Facultad Regional Mendoza. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

MUNICIPIO	TIPO DE RSU	POBLACIÓN	POBALCIÓN SERVIDA		RSU SEMANAL t	RSU MENSUAL t	RESIDUOS PER CÁPITA Kg/día
			%	HAB.			
CAPITAL	Domiciliarios				648	2777	0,82
	Limpieza Urbana	112.882	100	112882	792	3394	1,00
	Total				1440	6171	1,82
GUAYMALLÉN	Domiciliarios				1137	4873	0,66
	Limpieza Urbana	261.440	94	245754	870	3729	0,51
	Total				2007	8601	1,17
GODOY CRUZ	Domiciliarios				660	2829	0,52
	Limpieza Urbana	186.526	97	180.930	375	1607	0,30
	Total				1035	4436	0,82
LAS HERAS	Domiciliarios				560	2400	0,46
	Limpieza Urbana	186.965	92,5	172.943	1337	5733	1,10
	Total				1897	8133	1,57
LUJÁN	Domiciliarios				312	1335	0,46
	Limpieza Urbana	106.933	90,6	96.881	775	3321	1,14
	Total				1087	4656	1,60
MAIPÚ	Domiciliarios				322	1380	0,35
	Limpieza Urbana	157.504	84	132.303	450	1929	0,49
	Total				772	3309	0,83
RESUMEN	Domiciliarios				3079	15594	0,55
DEL ÁREA	Limpieza Urbana	1.012.250		941.693	4599	19713	0,69
	Total				8238	35306	1,24

Tabla n°2: Cantidades de RSU Recolectados. Distinción según su origen el área metropolitana. Fuente: Fundación

Se observa que del total de residuos sólidos recolectados el 44% corresponde a residuos sólidos domiciliarios y 56% a residuos provenientes de la Higiene Urbana.

En cuanto a los residuos de limpieza urbana no se puede establecer una relación tan estrecha entre el nivel económico y su producción ya que intervienen otros factores que pueden desequilibrar esta relación. Estos factores pueden ser la extensión del ejido urbano, la proporción de cunetas revestidas y no revestidas, la cantidad de espacios verdes (parques, plazas y paseo), el tipo y cantidad de arbolado público, la gestión municipal (procedimientos, frecuencias y cumplimiento de cronogramas), la influencia de las zonas comerciales, la asignación de recursos, etc. Es decir, es difícil establecer una relación entre la población y la cantidad de residuos de limpieza urbana. Esta disparidad de factores sobre las cantidades en relación con su población, hacen que se observen fuertes variaciones entre sus cantidades.

Las condiciones socio económicas de la población vinculada informalmente a los residuos domiciliarios están relacionadas con la extrema pobreza. En todos los sitios de disposición actuales, existe una fuerte actividad de cirujeo¹⁷ con una población estimada de 10.000 personas asociadas a directa o indirectamente a los residuos en donde una buena parte de esa población son niños en edades escolares.

En cada uno de los vertederos existen trabajadores informales que separan manualmente los materiales con valor comercial bajo condiciones inhumanas y sin ningún tipo de protección sanitaria. Los materiales recuperados son vendidos a acopiadores que se han ubicado estratégicamente cerca de los basurales. En general los trabajadores informales perciben entre \$5 y \$10 (€1 y €2) por día como producto de la venta de los materiales reciclados. Existe también una recolección informal de residuos realizada por carreteleros y cartoneros provenientes de asentamientos inestables.

Los residuos así recolectados son trasladados hasta las viviendas de estos asentamientos y clasificados para su posterior venta a acopiadores de materiales reciclables.

Los residuos rechazados (rechazos) son posteriormente abandonados en cualquier zona especialmente sobre los márgenes de cauces y/o sobre la vía pública.

La caracterización de los residuos sólidos recolectados (según Norma ASTN 5132-92) se observan en el grafico siguiente. Esta caracterización corresponde a Abril 2004. La caracterización indica que a pesar del fuerte desvío de materiales reciclables que se produce en la vía pública (entre un 10 y 20 %) siguen llegando una buena parte de materiales con valor comercial.¹⁸

¹⁷ Cirujeo: Actividad informal de selección, separación y acopio de residuos sólidos urbanos en viviendas de los recolectores "cirujas" para su posterior venta,. Esta actividad vulnera toda norma de higiene y salud establecida , siendo una tarea peligrosa y de alto riesgo muy extendida en todo el país)

¹⁸ Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (SGIRSU) Área Metropolitana Mendoza. Fundación Universidad Tecnológica. Regional Mendoza. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable

Composición de R.S.U.

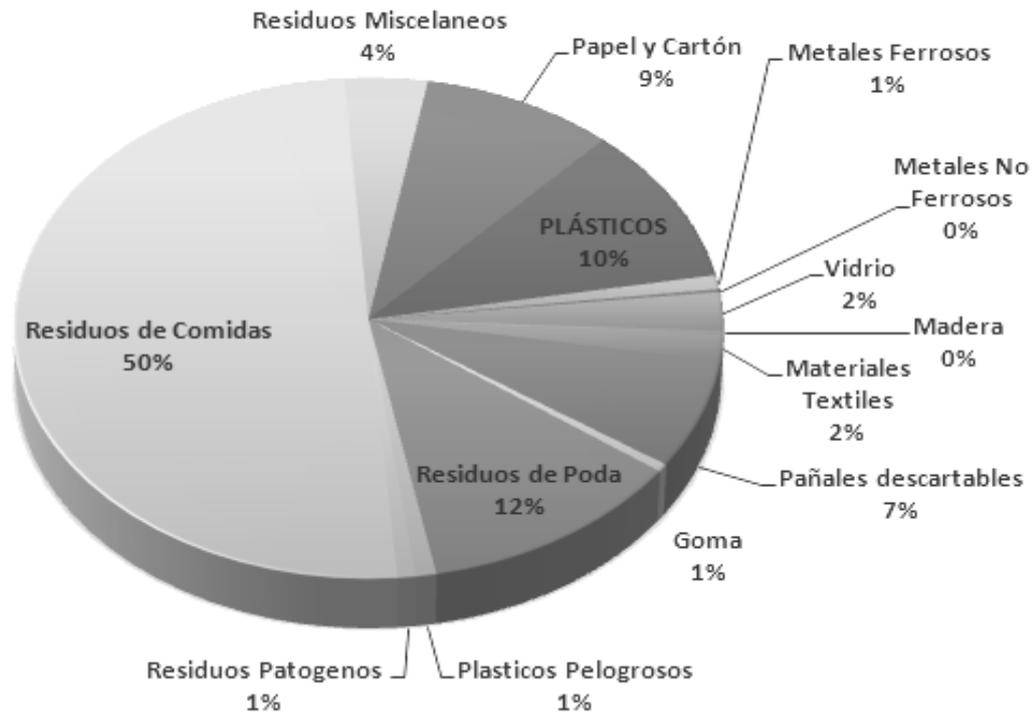


Fig.11: Composición de RSU Recolectados. Fuente: Fundación Universidad Tecnológica. Regional Mendoza. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable

En el área de estudio no existen registros oficiales del número exacto de residuos Polietileno Tereftalato (PET), ya que la recolección no es discriminada por material¹⁹(sólo el 9% es separada en la P.T.de Maipú).

Existen estimaciones donde se considera que se producen 3678,3 T mensuales (10,3% del valor total de los residuos) de residuos sólidos plásticos (SGIRSU, 2007), de los cuales los envases PET le corresponden el 4,5% siendo aproximadamente 166 T/mes. Al año se estima una generación de 2000 Toneladas de envases PET, donde sólo el 40% se recicla (800 t) y el restante 60% queda en los canales, basurales, etc. Secretaría de Medio Ambiente, 2009.

El PET es uno de los materiales de envasado que más ha incrementado su consumo en los últimos años, dadas sus características, liviano, irrompible, etc. El problema es su acumulación en la vía pública, particularmente en Mendoza²⁰, su acumulación en los canales y acequias²¹

¹⁹ Las políticas públicas sobre la conservación del Medio Ambiente, aún no son eficientes a la hora de brindar una correcta disposición de Residuos Sólidos Urbanos tanto en la Provincia como en la Nación.

²⁰ Mendoza es una ciudad oasis artificial, que ha modificado su ecosistema natural semidesértico, gracias a su red de riego conformado por canales y acequias. Éstas recorren toda la ciudad irrigando la arboleda pública una vez por semana por circulación de agua.

²¹ Acequia: canal de riego de menor dimensión (aproximadamente 0,20 x 0,20 x 0,40mts) que recorre las manzanas en todo su perímetro, regando la arboleda pública, por circulación de agua una vez a la semana.

constituye un serio problema para la evacuación del agua de lluvia durante las tormentas. Por lo tanto, es especialmente interesante de eliminarlo de la vía pública y reciclar.

El reciclado del envase de PET post consumo es una ventaja medioambiental, ya que en su fabricación se consume energía de modo intenso y en reemplazo de otros productos, tales como el vidrio u otros plásticos. Reutilizados como cubierta solar u otros elementos útiles, se ahorraría una cantidad importante de ese 60% que queda en la vía pública. Se ahorraría también materias primas y energía, que serían necesarios para suplir su nuevo destino. El producto así reciclado, da lugar a un elemento ecológicamente valioso que orientado hacia sistemas autoconstruibles sirve también como vehículo de capacitación y desarrollo de las personas que aprenden su reciclado.

Adicionalmente, en la fig. 12, se puede observar el problema de que estos residuos terminan obturando los cauces de agua por quedar en la vía pública por reciclaje.



Fig.12: Residuos Sólidos Plásticos acumulados en las acequias de la ciudad, obstruyendo el recorrido normal del agua.

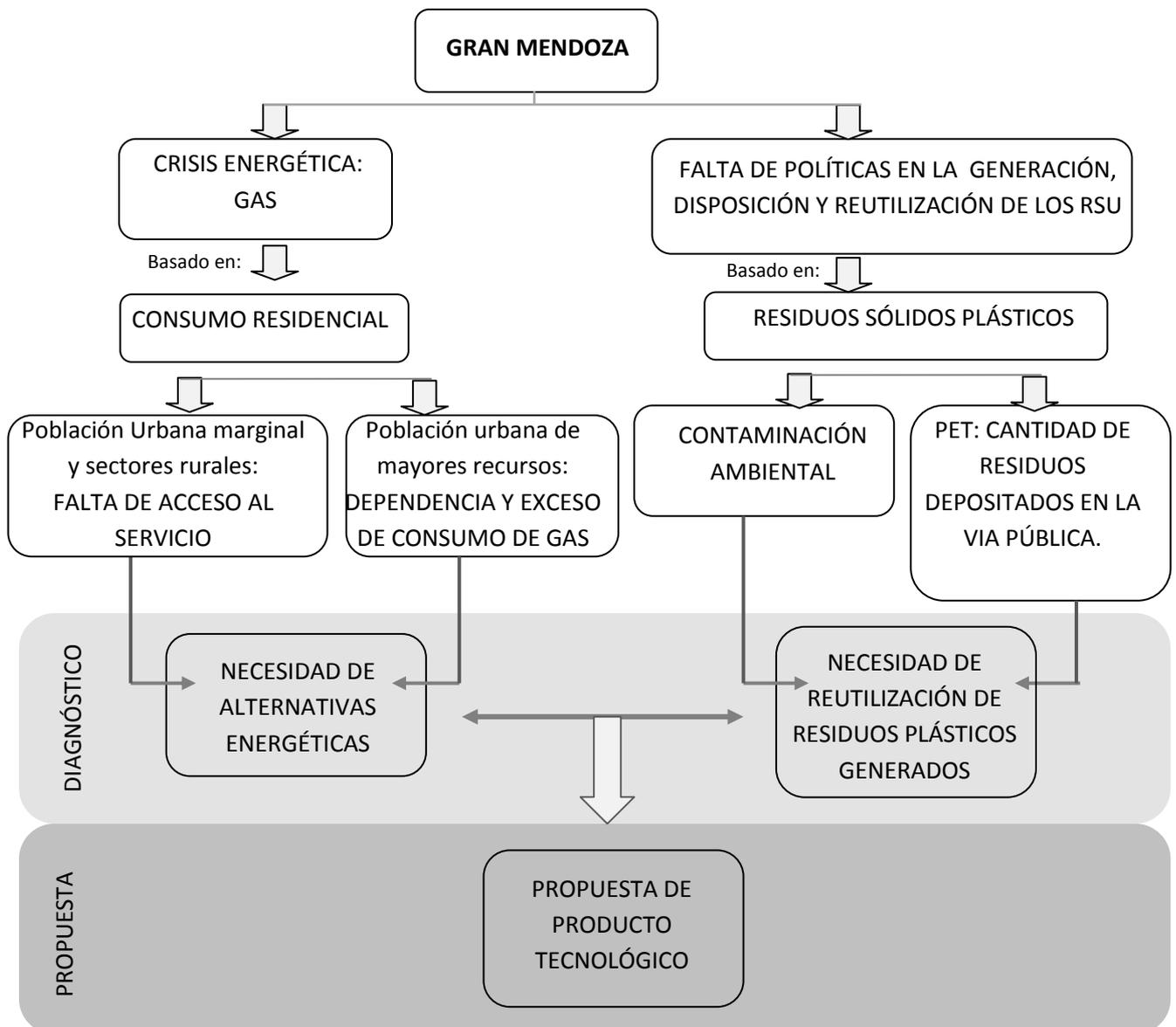
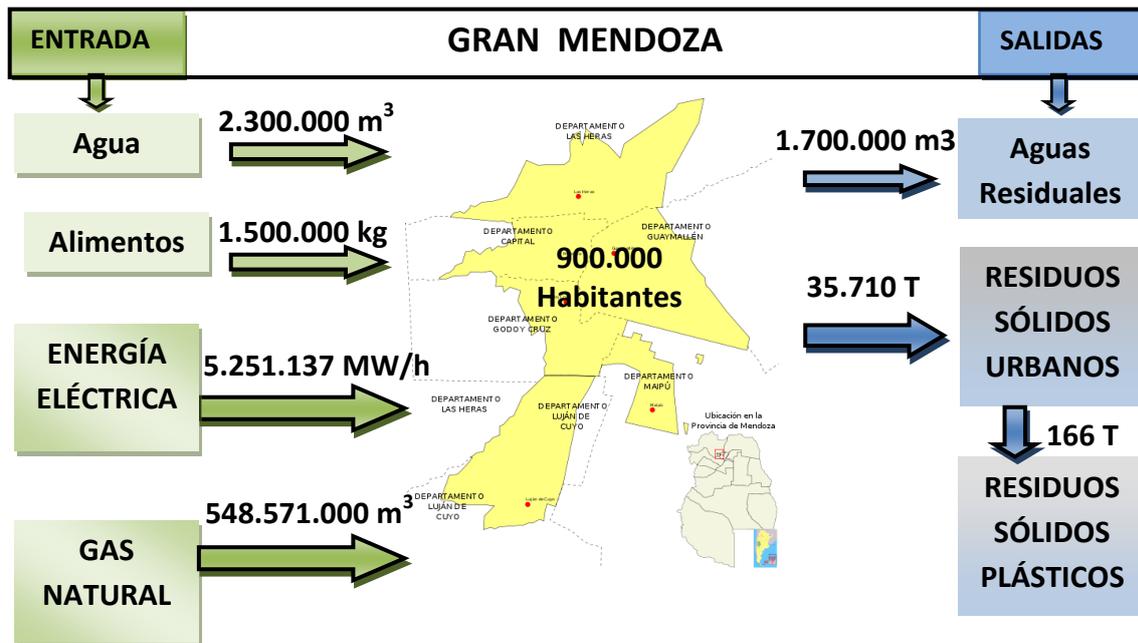


Fig.13: Cuadro de resumen de la problemática en la cual se asienta presente tesis de maestría

Resumen del Estado en Cuestión

En la Provincia de Mendoza se utilizan energías no renovables para el calentamiento de agua sanitaria. Es a través del uso de gas natural o licuado, o electricidad, cuando se dispone de este servicio. En algunos casos el brazo del sistema de red no alcanza a algunas zonas provocando la deficiencia en la posibilidad de agua caliente sanitaria, por lo general, en los sitios alejados de la ciudad y en los sectores urbano-marginales que no pueden acceder al coste y mantenimiento de este servicio. En su lugar, en general se utilizan calefones a biomasa para lo cual, muchas veces se genera desertificación local.

La energía térmica solar no es una opción utilizada para el calentamiento de agua, sólo existen algunas experiencias aisladas en general, dado el alto coste del sistema comparado con los ahorros económicos producidos que desalientan la inversión.

Por otro lado, en Mendoza, existe una conciencia muy incipiente sobre la cultura del reciclaje y además, no se cuenta con incentivos para realizarlo, lo que causa contaminación ambiental y el desaprovechamiento de su uso potencial.

La gran cantidad de residuos sólidos plásticos que se están generando en el área metropolitana y su destino fortuito en los cauces de riego, obstruyendo la circulación de agua para el riego, sumando a la falta de re-utilización de RSP provocan un problema ambiental ya que, sin reciclar, reutilizar o reducir se desaprovecha su valor viable.

La creciente escasez de materias primas para la síntesis de plásticos, su recuperación y la protección del ambiente, son razones suficientes para su reciclaje. Por lo tanto, es especialmente interesante de reciclar.

En la provincia, se han iniciado diferentes Programas de Recolección y reciclaje de Envases PET realizados por la Subsecretaría de Medio Ambiente, teniendo un alcance mínimo y sin incentivos del valor potencial de recolectar este tipo de residuos, pretendiendo modificarse en un periodo mediano ya que se está elaborando el Plan Estratégico Provincial, el cual hace referencia a la problemática previamente descripta.

En comunidades aisladas, donde las viviendas no poseen agua corriente o si la poseen no cuentan con calefón, las personas se "lavan" utilizando agua que calientan en una olla al fogón. De allí sacan luego para cocinar, lavarse, lavar la ropa.

En este trabajo se presentan los resultados de la conformación de un calefón solar destinado a calentar agua para una familia de escasos recursos construido con botellas de PET. Se presenta la tecnología para su armado que incluye materiales y detalles técnicos y además, resultados de su comportamiento térmico y evaluación económica.

1.3. OBJETO DE ESTUDIO

La crisis energética nacional y el creciente problema de la disposición de residuos planteada en el punto 1.1. Y 1.2 , se toma como contexto del objeto de estudio basado en la energía de agua sanitaria de la vivienda.

La investigación se fundamenta en la posibilidad de utilizar energía térmica solar para el calentamiento agua sanitaria, a través de un sistema que en su confección utilice materiales plásticos descartados en reemplazo del vidrio.

A partir de estos materiales se ha diseñado el producto tecnológico detallando las acciones necesarias para obtener el máximo rendimiento solar-térmico.

1.4. OBJETIVO GENERAL

El proyecto de Tesis presentado tiene como objetivo el aprovechamiento de los residuos sólidos plásticos como recurso material base en el diseño de colectores solares térmicos para el aprovechamiento solar y la producción de agua caliente sanitaria en la vivienda.

Propone una alternativa de reducción del consumo energético en el uso de calentadores: termo tanques o calefones instantáneos que utilizan gas o electricidad para su funcionamiento, reduciendo los gases de efecto invernadero GEI emitidos a la atmósfera y a su vez, el impacto al medioambiente local., también para aquellos lugares donde en el uso de biomasa está generando desertificación.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Diseñar equipos de calentamiento de agua o de calefacción que aprovechen la energía solar utilizando residuos plásticos.
- 2) Realizar un diseño asequible en términos económicos a gran parte de la población mas desfavorecida del Área Metropolitana de Mendoza.
- 3) Reutilizar materiales descartados: PET, Polietileno, etc.
- 4) Elaborar manuales operativos para fabricación, uso y manejo de las tecnologías.
- 5) Desarrollar tecnologías apropiadas, transferibles por autoconstrucción.

1.6. HIPÓTESIS DEL TRABAJO

Hipótesis 1: La reutilización de materiales de PET podría aplicarse como parte integral de sistemas solares en el diseño y/o reciclaje energético de viviendas que tiendan hacia la sustentabilidad. Estos permitirán producir agua caliente sanitaria y/o calefacción de locales con fuerte reducción de gases de efecto invernadero.

Sub-Hipótesis 1: Los sistemas diseñados con materiales de PET, permiten otorgar agua caliente a viviendas de personas de escasos recursos mejorando su calidad de vida y salubridad.

Sub-Hipótesis 2: Estos diseños pueden ser replicados por autoconstrucción y tender de este modo a la extensión de la tecnología de manera fácil y sencilla.

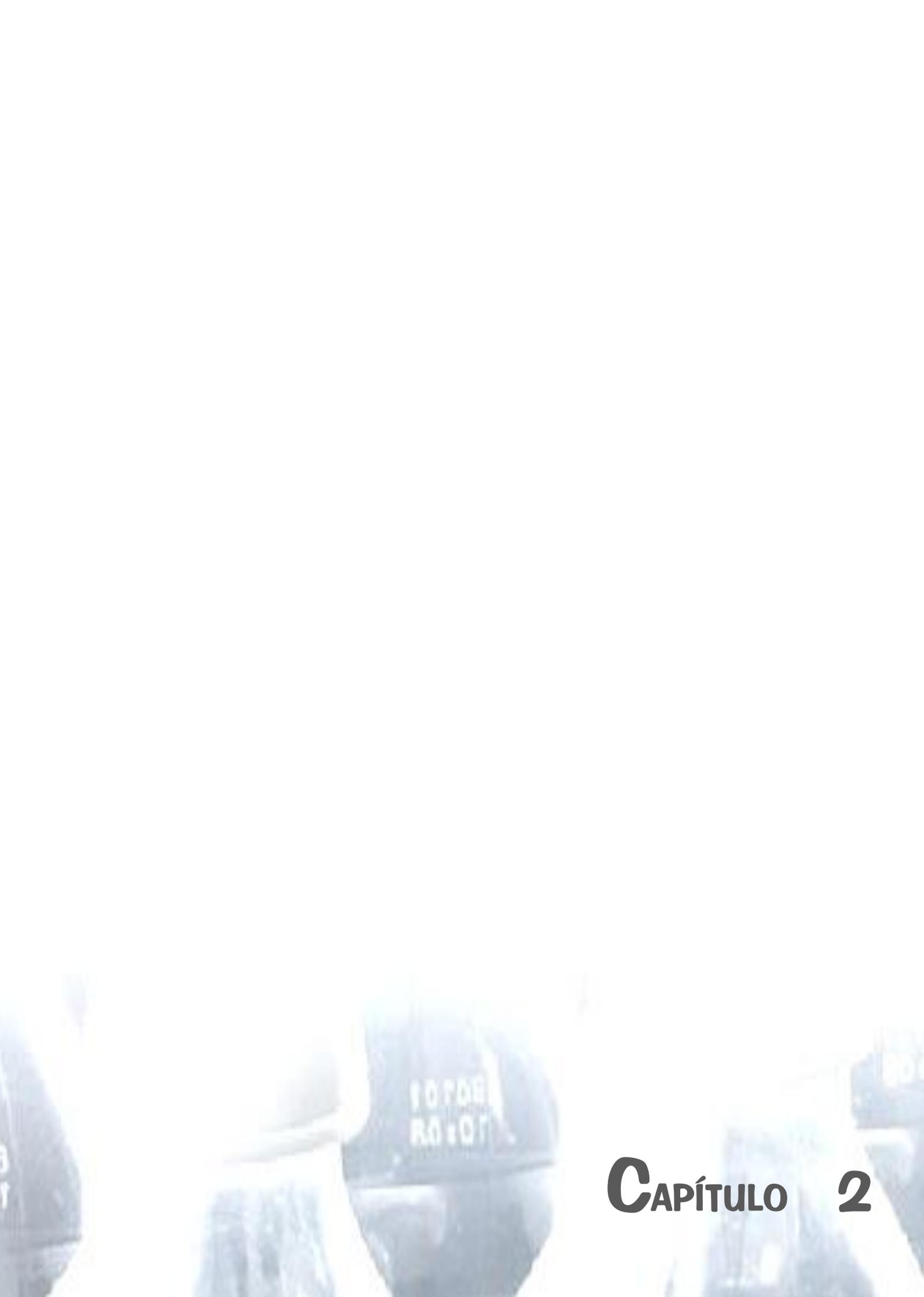
1.7. RELEVANCIA DE ESTUDIO

La relevancia del presente estudio se encuentra en los siguientes aspectos:

1. Disminución de consumos de energía fósil, utilizando sistemas solares a partir de materiales reciclables.
2. Reducción del impacto ambiental propiciando la limpieza del medio ambiente al quitar elementos de PET del circuito de los RSU y generar el reciclaje de productos evitando materiales y energías adicionales.
3. Diseño de sistemas de producción de agua caliente sanitaria para fracciones de población que en muchos casos adolecen de ella (zonas rurales).
4. Propiciar el desarrollo humano al disponer de un sistema posible de replicar por autoconstrucción, que permite la transferencia de tecnología y capacitación de personas que no posean estudios formales.

La posibilidad de utilizar energías limpias y autosuficientes dentro del hábitat y acercar el acceso de los servicios mínimos indispensables, a las poblaciones más afectadas por la crisis energética actual, contando con la posibilidad de la autoconstrucción, permite que cada familia pueda realizar el armado de esta tecnología, sin necesidad de especialización, brindando un valor agregado a este sistema.

Además, al reutilizar los materiales plásticos y brindando una solución energética con el reuso de los mismos, se potencia el valor de la separación de Residuos Sólidos Urbanos, generando fuentes de trabajo dignas en su proceso de separación y reutilización.



CAPÍTULO 2

■ CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA

En la primera etapa se hace uso de datos secundarios y bibliográficos de clima registrados por el Servicio Meteorológico Nacional. A partir de los cuales se diseña y evalúa la solución técnica, tomando en cuenta la radiación solar sobre distintos planos por el método de Liu y Jordan (*Duffie et al, 1992*).

A partir de la solución técnica, se construyen prototipos en los cuales se proponen soluciones tecnológicas de detalles constructivos y se evalúa el resultado de su aplicación. Esto conforma la tecnología de armado del producto tecnológico.

En el presente trabajo se hace uso del método científico en el cual, se proponen soluciones diseñadas, se evalúan teóricamente, se construyen modelos en escala 1:1, se evalúan experimentalmente y se analizan los resultados propiciando su mejoramiento y/o su transferencia al medio.

Para evaluar las características térmicas se hace uso de mediciones experimentales en la plataforma de ensayos térmicos de colectores solares perteneciente al Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda – INCIHUSA obteniendo de este modo, datos primarios que nos permitan registrar las variables características. A partir de estos datos se elaboran las características térmicas de los sistemas ensayados.

Las mediciones de parámetros representativos se realizan cada 15 minutos, entre ellos: temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección de viento y radiación solar. En el sistema se mide temperaturas del agua en el ingreso, egreso del colector y en el tanque acumulador utilizando sensores de termocupla de cobre-constantán y data loggers marca HOB0. Se registran la radiación solar con un sensor térmico Kipp y Zonen CM1 y datos meteorológicos con estación meteorológica marca Davis.

La eficiencia del sistema térmico se evalúa tomando en consideración la relación entre la energía útil al medir el calentamiento del agua en el intervalo de tiempo y la energía solar recibida por el sistema en ese mismo intervalo (15 minutos).



CAPÍTULO 3

■ CAPÍTULO 3: DATOS CLIMATICOS DE MENDOZA

El caso del área de estudio conocida como “El Gran Mendoza” o Área Metropolitana de Mendoza (AMM), se encuentra situada al norte de la provincia, a 32° 40’ Latitud Sur, 68° 51’ Longitud Oeste y 827 metros sobre el nivel del mar, en el piedemonte de la Cordillera de Los Andes.

Esta zona es semi-desértica y árida, presentando un clima templado continental.

Su población urbana ha crecido un 14 % durante la última década y con más de 900.000 habitantes es la quinta aglomeración de la República Argentina. (Correa, et al; 2005).

A continuación se exponen los datos climáticos del área. Estos datos son relevantes para el diseño del producto tecnológico a presentar.

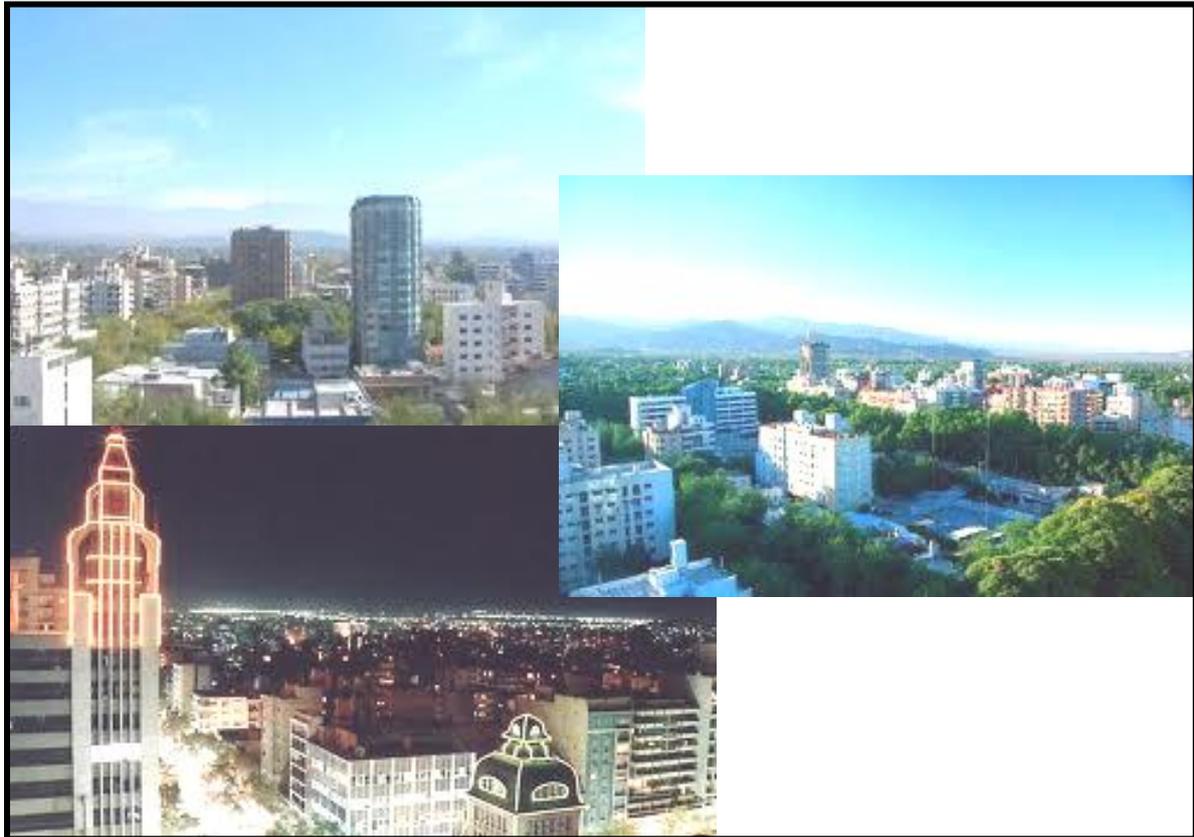


Fig.14: Imagen de la ciudad de Mendoza. Fuente: Google. Noviembre 2010.

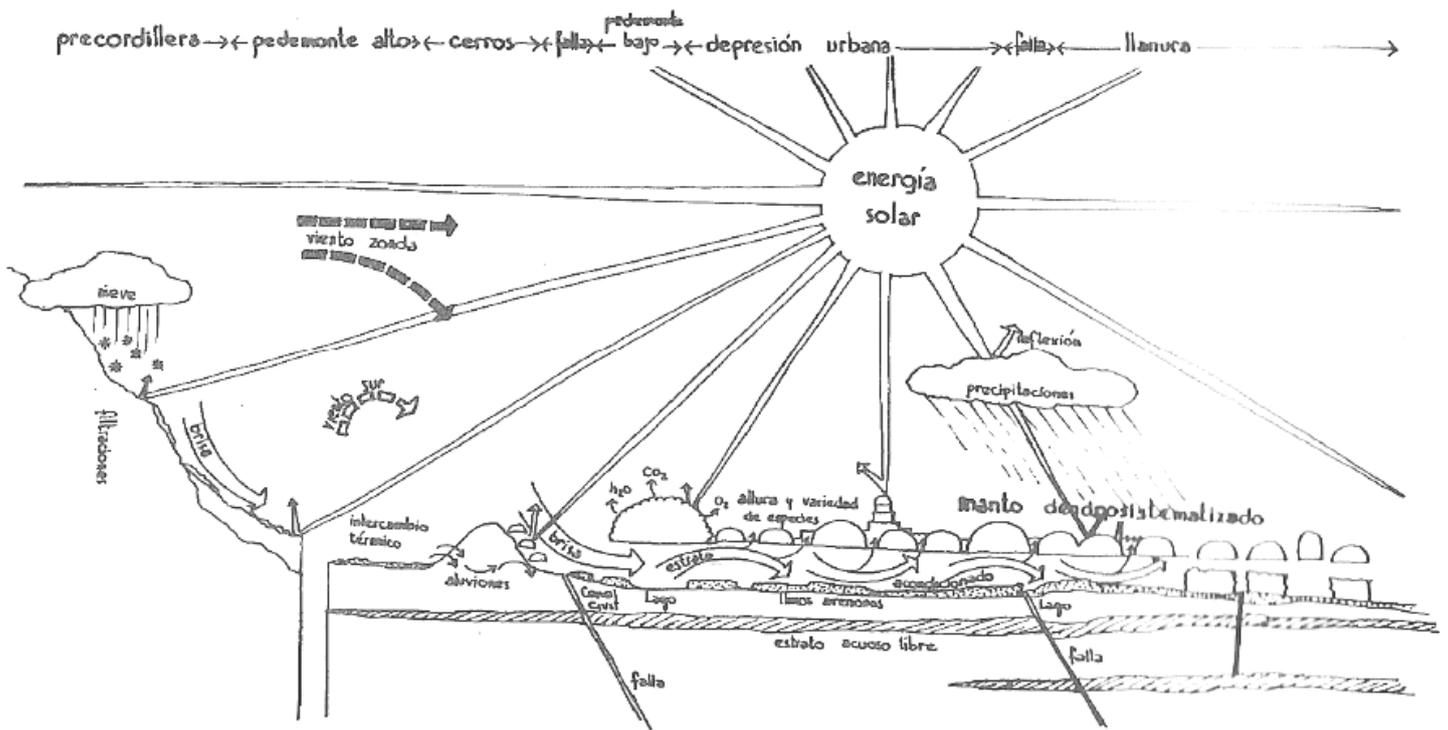


Fig.15: Perfil Urbano del área Metropolitana Mendoza. Fuente: "Contribuciones del Colegio de Arquitectos de Mendoza al Plan Estratégico de Desarrollo de la Provincia de Mendoza".2009

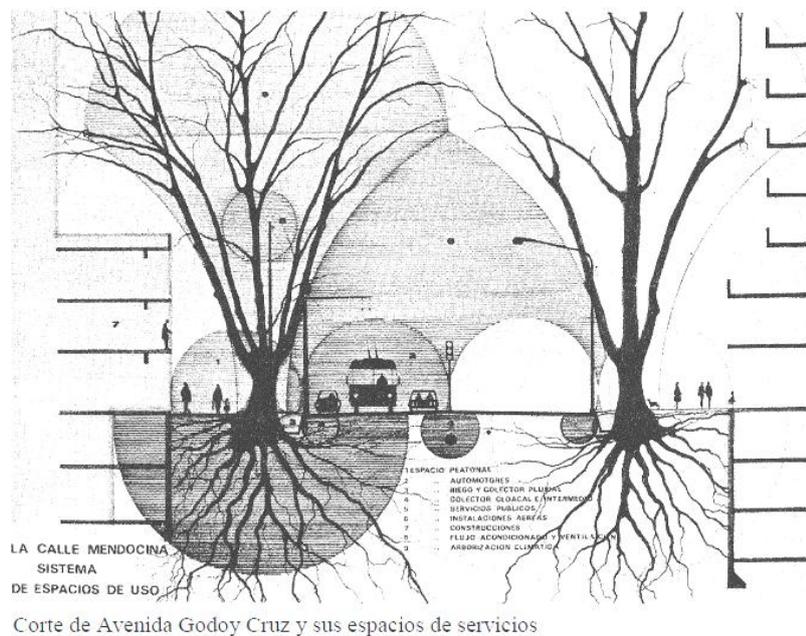


Fig.16: La calle Mendocina. Sistema de Espacios de uso. Fuente: "Contribuciones del Colegio de Arquitectos de Mendoza al Plan Estratégico de Desarrollo de la Provincia de Mendoza".2009

3.1. TEMPERATURAS

Las temperaturas históricas de la zona de Estudio se toman en base a los datos suministrados por la Estación Meteorológica "Observatorio" de la Ciudad de Mendoza para las décadas 1980-1990 y 1990-2000. La situación geográfica de la misma es 31°59' y 37°35' de latitud sur, y entre los 66°30' y 70°35' de longitud oeste.

Las temperaturas absolutas varían entre -6°C en invierno y 39°C en verano, con variaciones diarias de aproximadamente 10 a 20°C. Las temperaturas mínimas medias (TMIM) se presentan en entre los meses de mayo a septiembre incluido. Las amplitudes térmicas son importantes durante todo el año, respondiendo al tipo de clima semidesértico. Las temperaturas medias (TM) tienen un rango de diferencia entre el invierno y el verano de 15°. En el verano se presentan temperaturas que alcanzan valores de 35-40°C, mientras que en el invierno las temperaturas mínimas absolutas (TMIA) Las TMIA llegan a valores bajo cero, obteniendo datos de hasta -7°C.

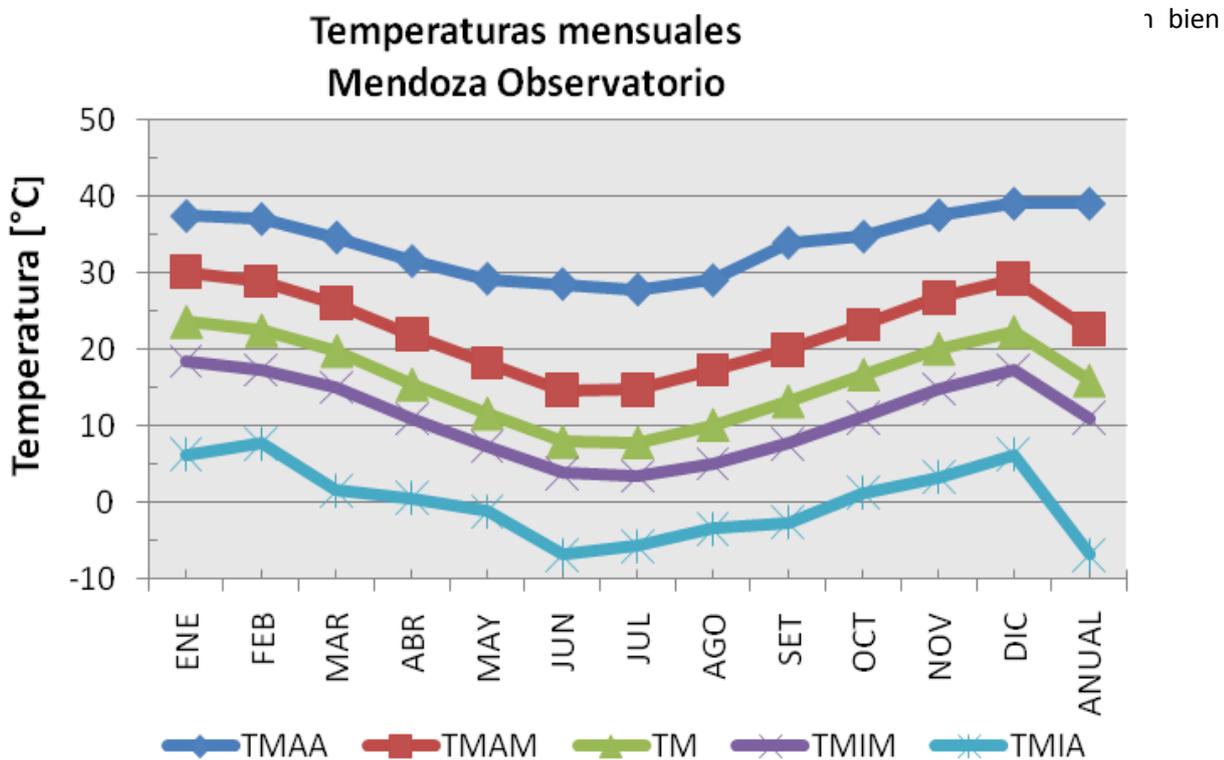


Fig.17: Temperaturas Mensuales. Fuente: Elaboración por Cátedra de Arquitectura Sustentable FAUD-UM.

Referencias gráfico:

- TMAA: Temperatura Máxima Absoluta [°C]*
- TMAM: Temperatura Máxima Media [°C]*
- TMIM: Temperatura Mínima Media [°C]*
- TMIA: Temperatura Mínima Absoluta [°C]*
- TM : Temperatura Media [°C]*

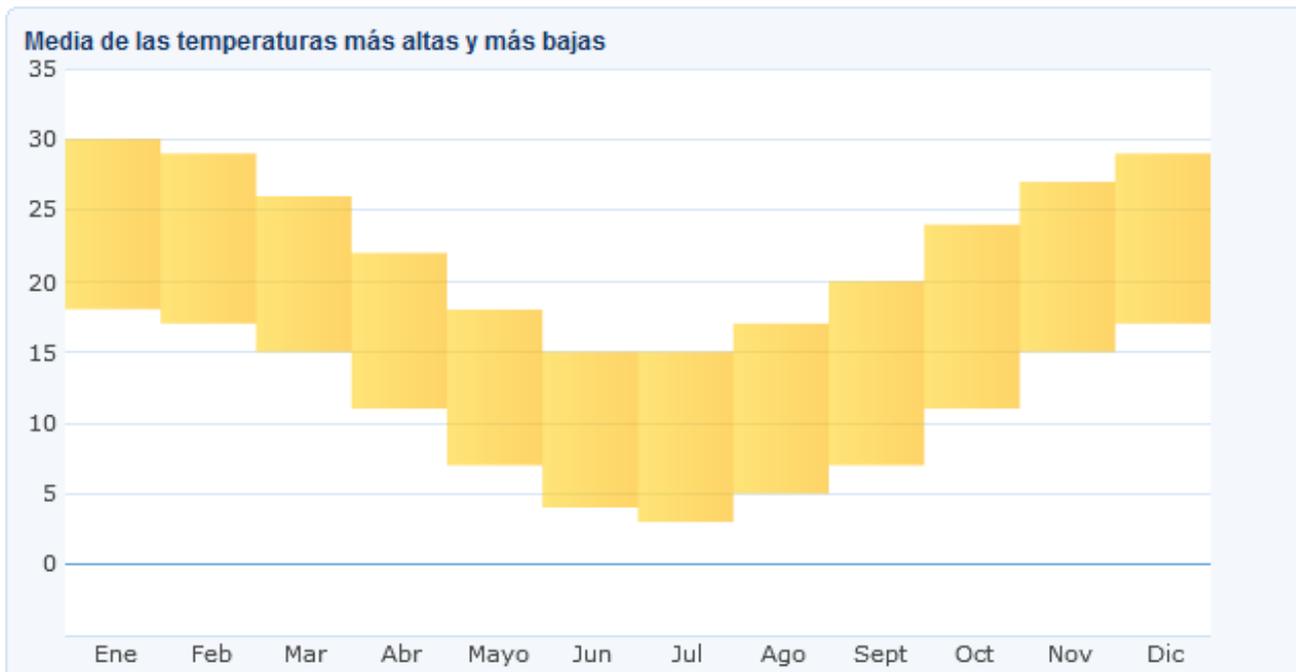


Fig.18: Amplitud térmica media diaria para los distintos meses del año. Fuente: Elaboración por Cátedra de Arquitectura Sustentable FAUD-UM.Sustentable FAUD-UM.

3.2. HUMEDAD RELATIVA

Respecto a la humedad relativa, es de sumo interés entender la situación de la ciudad de Mendoza. La ciudad se encuentra emplazada en una zona semi-desértica, con un clima templado, árido y continental, que como se puede observar en el gráfico anterior, tiene una substancial oscilación anual de temperaturas, repitiendo este fenómeno en las temperaturas diarias. La zona posee niveles de precipitación muy bajos. La provisión de agua sólo es posible en los oasis, donde los ríos que bajan de las cumbres de los Andes derraman sus turbulentos torrentes de agua. Dentro de las principales ciudades se encuentran construidas acequias, encargadas de regar los árboles a los costados de las calles.

Las precipitaciones presentan una época lluviosa entre los meses de octubre y marzo que alcanzan a promediar los 200 mm anuales. La humedad relativa media anual resultante no supera el 50% y la humedad absoluta no alcanza los 15 mm HG (milímetros de mercurio). Este último efecto nos está indicando que la masa térmica y el enfriamiento convectivo nocturno son propicios como estrategias bioclimáticas a utilizar.

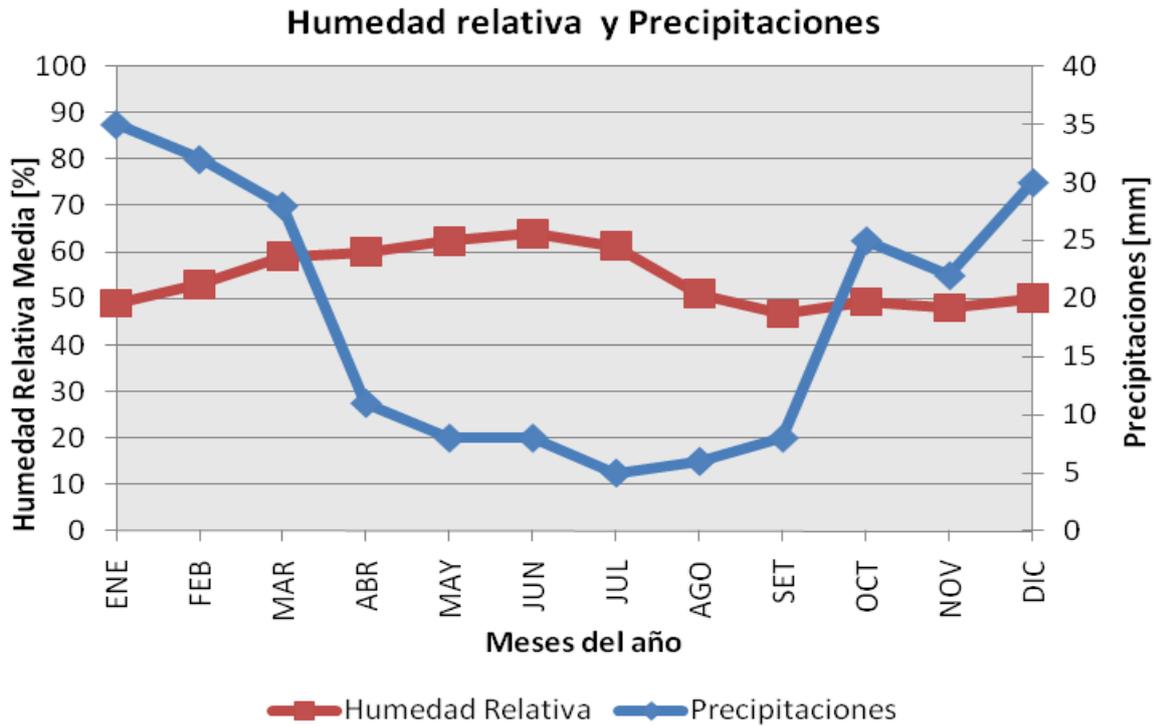


Fig.19: Humedad relativa y precipitaciones. Fuente: Elaboración por Cátedra de Arquitectura Sustentable FAUD-UM.

3.3. RADIACIÓN SOLAR GLOBAL Y DIFUSA

La radiación solar global promedio diario sobre plano horizontal, ronda entre los 20 y 25 Mj/m². día en verano. Mientras que en invierno ronda entre 10 y12 mj/m² por día.

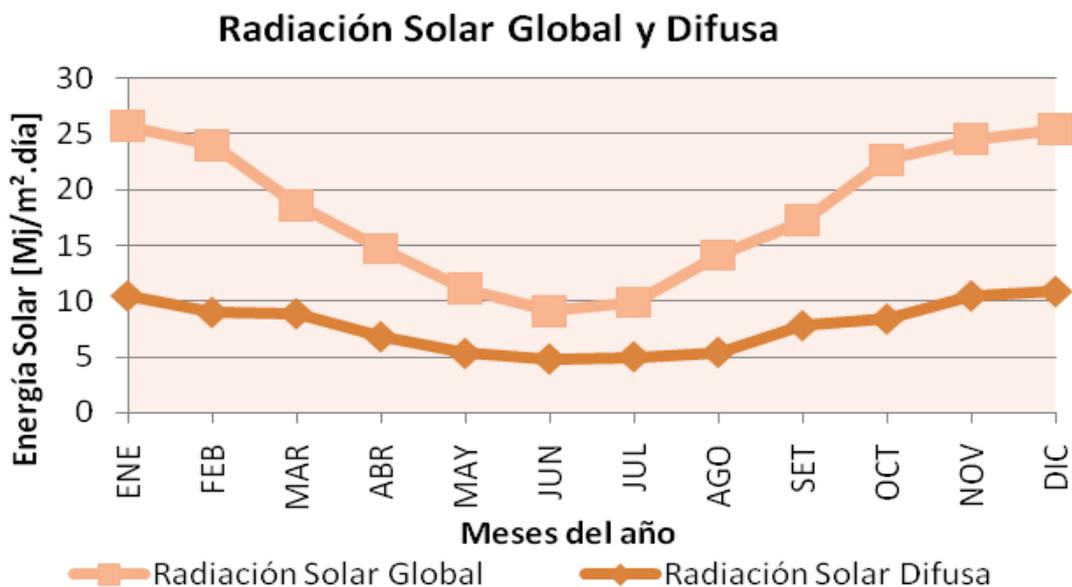


Fig.20: Radiación Global y Difusa. Fuente: Elaboración por Cátedra de Arquitectura Sustentable FAUD-UM.

El promedio mensual de la cantidad de días claros, parcialmente nublados y nublados. Se observa la escasa cantidad de días nublados que suma para Mendoza 49 al año.

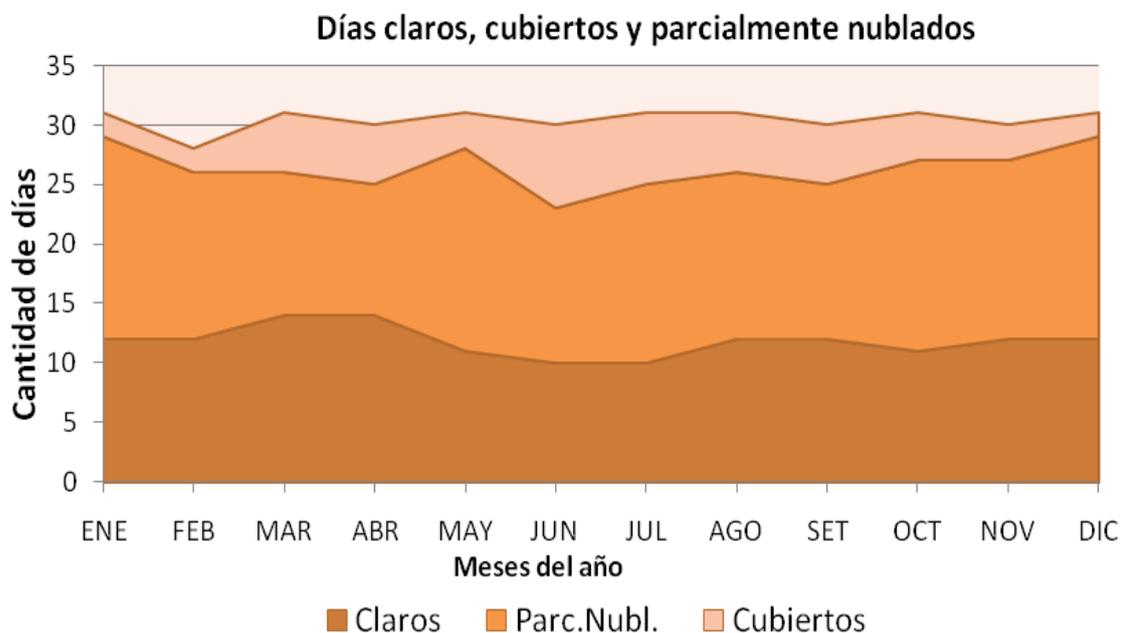


Fig.21: Cantidad de Días claros, cubiertos y parcialmente nublados. Fuente: Elaboración por Cátedra de Arquitectura Sustentable FAUD-UM.

3.4. VIENTOS

La frecuencia de dirección de los vientos predominantes en la ciudad en la estación invernal se reparte en dirección Este, Oeste y Sur, prevaleciendo esta última. La velocidad en esta época del año es muy pareja hacia todas las orientaciones, con un promedio de 7km/h. Estos valores no resultan demasiados significativos, por lo que no se requiere de grandes protecciones.

Respecto a los meses de verano, los vientos que predominan provienen de Sur-Este; y las velocidades de los mismos presentan valores más elevados en las orientaciones Sur y Sur-Oeste, siendo estas de 11 y 15km/h respectivamente. Estos datos nos muestra la necesidad de abrir ventanas en esta época, para lograr una ventilación cruzada.

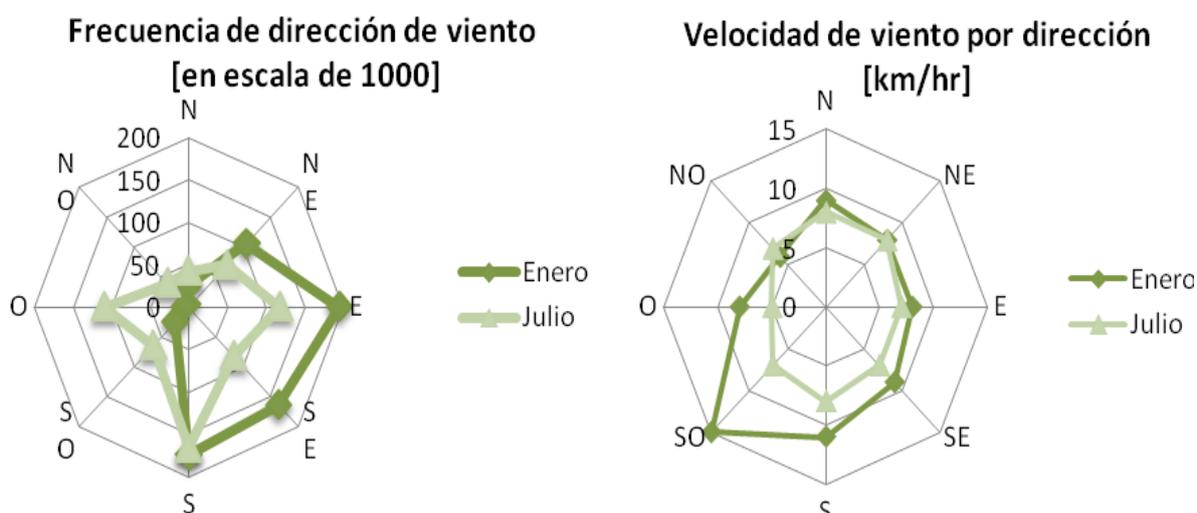


Fig.22: Frecuencia de dirección de viento y Velocidad de viento por dirección. Fuente: Elaboración por Cátedra de Arquitectura Sustentable FAUD-UM.

Presencia de Isla de Calor

Sus características climáticas: sequedad, elevada heliofanía y escasa frecuencia e intensidad de vientos y precipitaciones; inviernos fríos y secos con predominio de tiempo estable y sin viento; más una anomalía térmica positiva en altura y las frecuentes inversiones de temperatura son condiciones óptimas para la formación de la isla de calor que en ciertos sectores de la ciudad es más acentuada que en otros dependiendo de su posición respecto al sentido de las brisas locales, la densidad de edificación, etc. El fenómeno alcanza una intensidad máxima de 9°C en verano y 8°C en invierno, y su valor varía estacionalmente tanto en magnitud como en el sentido de desarrollo dentro del AMM. El mismo se manifiesta usualmente durante las últimas horas de la noche y las primeras de la mañana. (Correa, et al; 2005).



CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 4: PLAN DE TRABAJO

4.1. Búsqueda de antecedentes	58
4.1.1. Antecedentes de Tecnología solar para el calentamiento de agua.....	58
4.1.2. Breve Historia de la Aplicación de sistemas solares en la Argentina	62
4.1.3. Uso de la Energía Solar en Sistemas Solares	63
4.2. Estudio de tecnología existente utilizando elementos reciclados	64
4.3.1. Evaluación y crítica a la tecnología existente. Relevamiento y estudio de las	64
propiedades físicas y costos de los materiales plásticos posibles de reciclar y utilizar en aplicaciones solares PET, polietileno, polipropileno, etc.	
4.4. Diseño de opciones de la tecnología posible de utilizar para las distintas partes que	64
conforman los colectores solares:	
4.3.1. Composición del Sistema	64
4.3.2. Circuito de conducción de agua: estudio de materiales, temperaturas máximas de.....	66
trabajo, comportamiento frente a la radiación solar, costos económicos, conductividad térmica, toxicidad, etc.	
4.3.3. Cubierta transparente: materiales, transmitancia solar, conductividad térmica,.....	69
rigidez dimensional, peso, costo, dimensiones comerciales, etc.	
4.3.4. Base o Carcasa.....	72
4.3.5. Tanque Almacenamiento: materiales, volumen, peso, costo, transmitancia ..	72
térmica, etc.	
4.6. Armado de prototipos de ensayo.....	73
4.7. Ensayos experimentales	83
4.5.1. Estudio Térmico Solar.....	83
4.5.2. Rendimiento del Sistema	84
4.6. Estudio de costos del sistema con 2 botellas (con tanque sin aislar)	88

4.1. BÚSQUEDA DE ANTECEDENTES

4.1.1. Antecedentes de tecnología

La búsqueda de antecedentes permitió conocer los prototipos disponibles que hay en el mercado de calentadores solares en la actualidad.

Existe una gran variedad de tecnología respecto al calentamiento solar del agua. La búsqueda de antecedentes se enfatizó en los calentadores que utilizan materiales reciclados y/o materiales plásticos de distinto tipo. Existen varios programas que han aportado sistemas que utilizan materiales reciclables. A continuación se presentan los programas, autores y una somera descripción de cada tecnología.

Programa de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Hídricos de Brasil: Ing. José Alcino Alano Brasil. Este programa desarrolló un manual de calentador solar con botellas de plásticos recicladas que en su interior tiene tetrapack pintados de negro. *José Alcino Alano et al, 2006*. Se observa una dificultad en que al utilizar el tetrapack pintado de color negro, el calor queda en él, no permitiendo redirigirlo hacia el caño que es el que lleva el agua a calentar.



Fig.23: Colector de botellas con tetrapack interior negro. Fuente: Alano et al, 2006.

Proyecto Instalado en Combemtu Brasil-Comisión del Bien Estar del Menor de Tubarão-Brasil de colectores solares realizados con botellas PET para el aprovisionamiento de agua sanitaria para obras de mayor envergadura, con un sistema similar presentado al proyecto de Alano. *Programa del Estado de Paraná Brasil, 2008*



Fig.24: Sistema de Calentamiento de agua solar obras de mayor envergadura. Fuente: Programa del Estado de Paraná Brasil, 2008

Proyecto casero de Camilo Rojas (Chile) que realizó un Calentador solar tipo cajón con tubos interiores dentro de la caja de madera con una cubierta de vidrios. *Camilo Rojas, 2006.*



Fig.25: Sistema de Calentamiento de agua solar. Rojas, 2006.

Proyecto colector solar pasivo, hecho con botellas descartables de PET, que ofician de colector-acumulador de Pedro Serrano del Canello de Nos, una ONG de Chile. Este sistema consiste en un gabinete aislado térmicamente por detrás, en el que se colocan las botellas. Este gabinete, posee una ventana por delante que se abre para permitir la renovación de la

carga de agua, esto permite en el lapso de 3 horas alcanzar una temperatura de 60-85 °C en un día claro, sin nubes. *Serrano P. 1995*

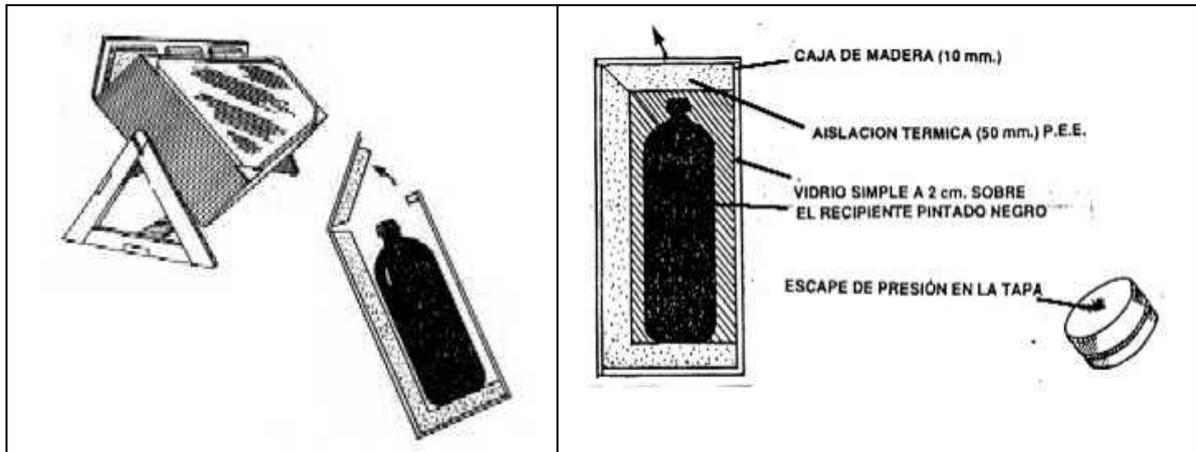


Fig.26: Calentador Solar de agua de botellas descartables de PET. Fuente: Serrano P. 1995

Proyecto de pozas o estanques solares como colectores horizontales. Las mismas pueden ser convectivas o no convectivas. Un detalle de las pozas convectivas es que el agua se encuentra alojada en una especie de bolsa de algún material plástico (PVC o polietileno grueso). Esto es aplicable cuando se necesita gran cantidad de agua tibia. *Kreither et al, 1981.*

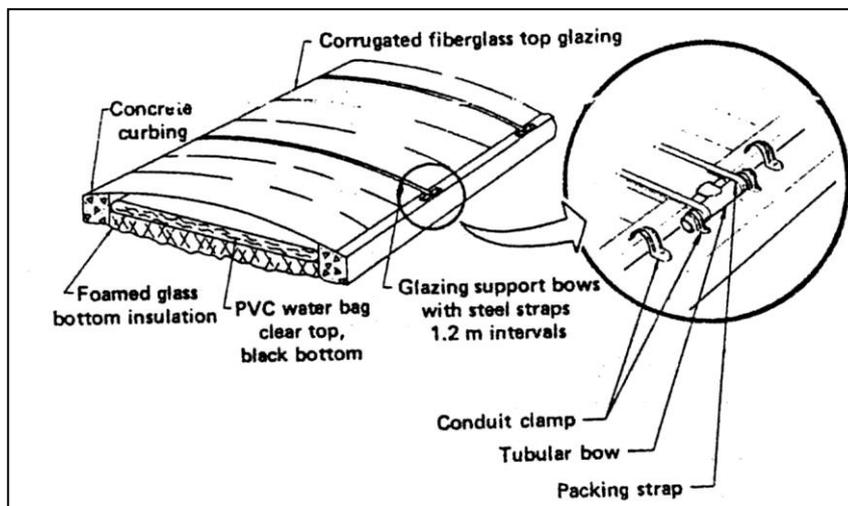


Fig. 27: Poza solar convectiva para calentamiento de grandes cantidades de agua a poca temperatura. Fuente: Kreither et al, 1981.

Calefón Solar de Bajo Costo con colector Plástico Plano construido en parte con elementos de descarte: *Perspectiva Económica. Busso, Arturo J. et al, 1999*

Colector Solar acumulador integrado con uno plano. El colector acumulador está constituido por un tanque metálico, hermético, pintado con pintura negro mate y cubierto por dos placas de policarbonato alveolar que se integra con un colector plano con la idea de obtener la misma cantidad de agua caliente que con un calefón solar convencional de dos placas y tanque totalmente aislado, pero con un costo menor. Sin embargo, cada parte tiene un costo considerable, imposible de abordar por aquellas familias de bajos recursos. *Jorge Follari et all, 1999.*

Otros colectores que no serían específicamente colectores planos, pero al no poseer un sistema de concentración los incluimos aquí. En general, son sistemas en los cuales la placa se reemplaza por el tanque de acumulación. La Figura N° 28 presenta un colector de este tipo.

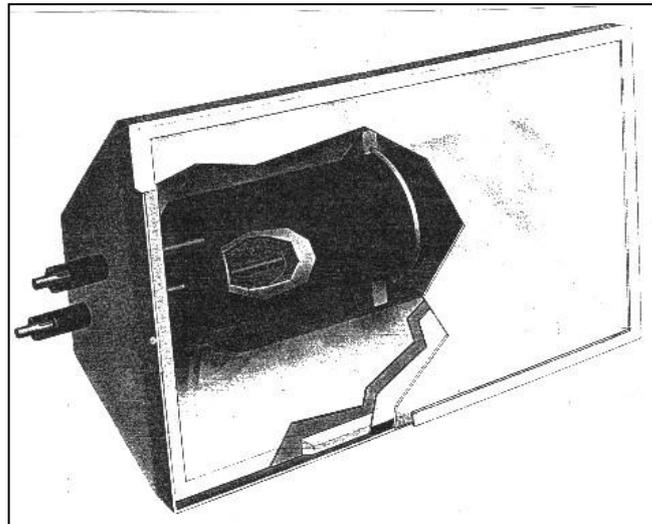


Fig. 28: Colector tanque- acumulador.

Colector Tanque acumulador. La siguiente figura 29 muestra un colector tanque-acumulador construido de chapa galvanizada, con una relación entre ganancia y volumen del sistema que le permite no alcanzar temperaturas por encima de 60°C, lo que mantiene las propiedades del galvanizado y de este modo, aprovechar su bajo costo (Esteves et al, 2005). Además se adapta a la autoconstrucción si uno puede contar con el tanque galvanizado que se puede realizar en un taller de zinguería. *Esteves et al, 2005*

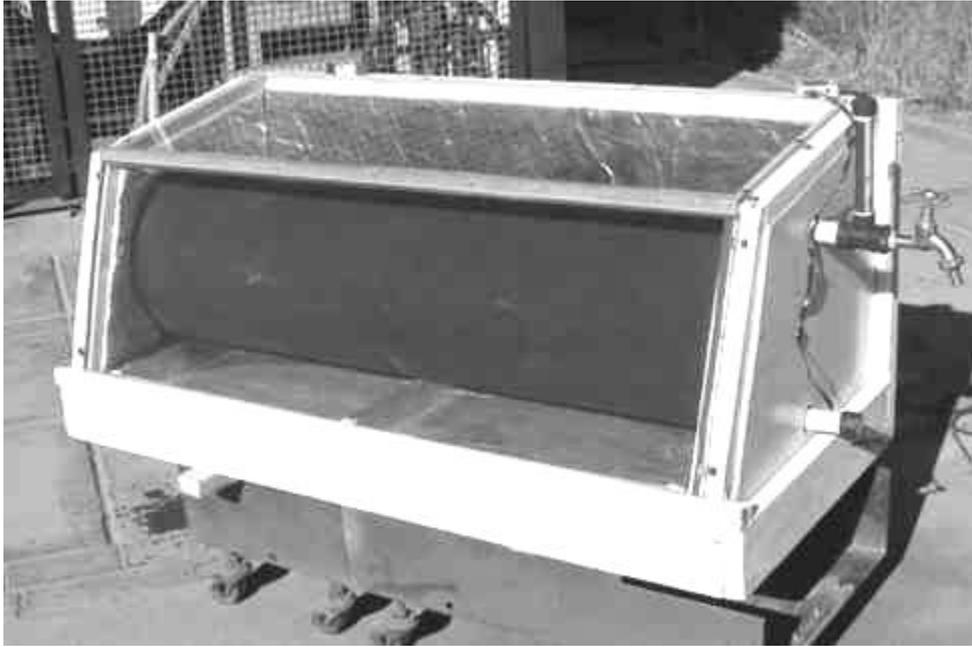


Fig. 29: Colector tanque- acumulador. Fuente: Esteves et al, 2005

4.1.2. Breve historia de la aplicación de sistemas solares en Argentina²²

En Argentina el calentamiento de agua con energía solar comienza a partir de 1973, luego de la primera crisis petrolera, en la cual, el costo del petróleo pasó de 4 U\$/barril a 13 U\$/barril, lo cual generó investigación hacia la tecnología en estos sistemas. Se trabajó en varios grupos de investigación y se montaron varias empresas particulares que producían sistemas de calentamiento solar. De todas ellas que comenzaron con instalaciones muy precarias, alcanzaron relevancia sólo algunas en las que sus titulares fueron comercialmente muy hábiles e hicieron instalaciones interesantes en distinto tipo de edificio: viviendas, escuelas, campings, etc. Sin embargo, no alcanzaron un nivel tecnológico suficiente y con la expansión del gas natural, terminaron fabricando productos muy poco confiables y sin la atención post-venta ni la garantía suficiente.

Los sistemas solares para calentamiento de agua fabricados a conciencia, alcanzan una duración notable, pero tienen un costo importante.

Existen equipos instalados desde 1978 que han trabajado durante muchos años y algunos aún siguen operando bien y requieren mínimo mantenimiento, esto habla de las posibilidades para el ahorro energético y su amortización.

Durante los años 90, el bajo precio del petróleo, hizo declinar las instalaciones solares. Sin embargo, existió una persistente investigación hacia sistemas más económicos para aquellos lugares rurales y energéticamente aislados.

²² Esteves Alfredo – Curso de Calentamiento de Agua con Energía Solar – CCT CONICET Mendoza, Argentina – Del 27/06 al 04/07 de 2003.

Posteriormente desde los años 2000, hubo una revitalización de las aplicaciones solares para calentamiento de agua, dado el crecimiento de los precios del gas licuado de petróleo y también por motivos de disminuir el impacto ambiental, tema que se ha profundizado en los últimos años avanzando en aplicaciones por los ciudadanos y además se ha agregado a las agendas políticas.

En este contexto, es necesaria una garantía real del producto (por su alto contenido tecnológico y su costo). Si el sistema es de bajo costo, deberá ser totalmente confiable y tener una larga duración. Actualmente, con un sistema de precios totalmente deprimidos para el gas natural, que domina la matriz energética argentina, en base a subsidios, será necesario tomar en consideración los bajos costos y la posibilidad de créditos blandos que permitan pagar el producto con el ahorro anual incurrido.

Es interesante notar que hay lugar para distinta tecnología desde la más simple a la más sofisticada y todas pueden ser igualmente confiables.

4.1.3. Uso de la Energía Solar en Sistema Solares

Los consumos típicos del agua caliente solar en las viviendas, según el análisis realizado de los antecedentes encontrados son:

- calentamiento de agua para lavado,
- higiene personal,
- propósitos comerciales.

Estas son las aplicaciones más antiguas del uso de la energía solar, por dos motivos:

- La temperatura requerida para estas aplicaciones se encuentran entre 40 y 60°C (relativamente bajas).
- La demanda tiende a ser uniforme a lo largo de todo el año.

Esto hace que sus aplicaciones sean económicamente atractivas, ya que por ser las temperaturas moderadas, los dispositivos para alcanzarla resultan relativamente sencillos y económicos.

4.2. ESTUDIO DE TECNOLOGÍA EXISTENTE UTILIZANDO ELEMENTOS RECICLADOS

4.2.1. Evaluación y Crítica de la Tecnología Existente

Los diseños de los sistemas expuestos si bien funcionan y tienen un rendimiento razonable, adolecen de algunas consideraciones importantes al momento de querer transferir la tecnología. Por ejemplo en algunos casos, necesitan utilizar un vidrio para aumentar la temperatura del agua, acrecentando el costo del sistema y el costo ambiental de producir un material para la cubierta de éstos colectores. En otros casos necesitan materiales extras para armar la caja que sostiene al artefacto ampliando la necesidad de conocimientos técnicos para su armado.

Ninguno de los prototipos tienen una integración arquitectónica adecuada en la vivienda, siendo diseñados como artefactos aislados, lo que atenta contra su extensión masiva.

En otros casos, los sistemas desaprovechan las mejores condiciones de los materiales y elementos utilizados, como por ejemplo pintar las botellas de plástico color negro, lo que no permite que los rayos solares penetren por todo el diámetro de la botella, sólo se calienta la cara que mira al sol.

4.3. DISEÑO DE OPCIONES A LA TECNOLOGÍA EXISTENTE

En base a todas estas consideraciones se ha diseñado un sistema de calentamiento de agua de bajo costo, pero tratando de ser consecuente con la duración y rendimiento del mismo.

El sistema se compone en gran parte de materiales plásticos, que podrían ser reciclados, de modo de disminuir el impacto de los mismos y a la vez, constituirse en un producto útil. Consta de un circuito de agua adaptado para resistir las temperaturas que pudieran producirse en el sistema, una cámara de aire para disminuir el efecto convectivo que enfriaría al agua que circula por los caños, un sistema de redirección de la radiación solar por reflexión para mejorar la performance óptica y finalmente térmica del sistema. La Figura 31 y 32 muestra el plano del colector con medidas y referencias de cada elemento empleado.

4.3.1 Composición del Sistema

El sistema propuesto, se compone por 2 partes que funcionan integradas, sumándole además un Tanque de Almacenamiento que permite mantener el agua caliente. (Fig. 30)

Una parte del mismo está constituida por el sistema de conducción del agua que se va calentando con la incidencia de los rayos solares. Para la misma se ha elegido el polipropileno como material apropiado por su temperatura de trabajo.

La otra parte está constituida por un sistema que admite la ganancia óptica de energía solar, generando una cámara de aire que permite a la vez evitar las pérdidas térmicas. La Figura 31 y 32 muestran los esquemas de diseño del sistema. **Detalles Técnicos: Anexo Hoja Apaisada**

Criterios de Funcionamiento

El principio de circulación del sistema es por circulación natural, ya que no posee ningún sistema adicional que fuerce la circulación del mismo.

El Captador solar se puede considerar plano a pesar de poseer partes con concentración.

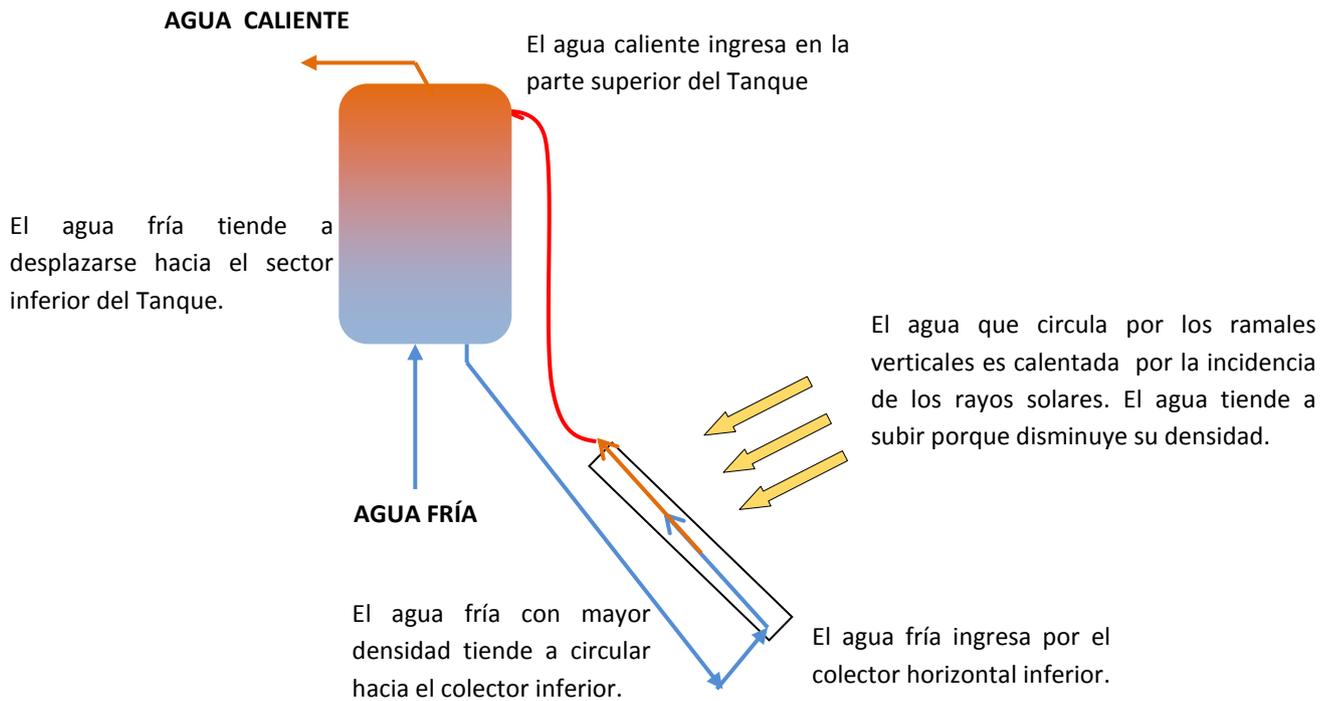


Fig.33: Funcionamiento del sistema. Fuente: Instalaciones solares térmicas. Sistemas de Energía Renovables en la edificación. López Lara. 2008

A continuación se describe cada una de las partes:

4.3.2. Circuito de Conducción de Agua

La conducción del agua se produce a través de los caños, que son sin duda, las arterias y venas que permiten transportar el calor solar a todo el sistema de aprovisionamiento de agua, siendo elemento conductor cuya calidad y eficacia decide en gran parte el buen resultado de la instalación.

El circuito de conducción de agua se compone por 2 partes:

Ramales Verticales: los cuales funcionan como absorbedores del calor, transmitiendo la energía al agua que circula en el interior de éstos.

Colectores Horizontales superior e inferior: El superior toma el agua calentada en los ramales y la conduce hacia el tanque de almacenamiento, y el inferior que distribuye el agua que ingresa al sistema en los ramales verticales.

Ambas partes son integradas a partir de las conexiones roscadas, por enchufe o por espigas, dependiendo del material a utilizar.

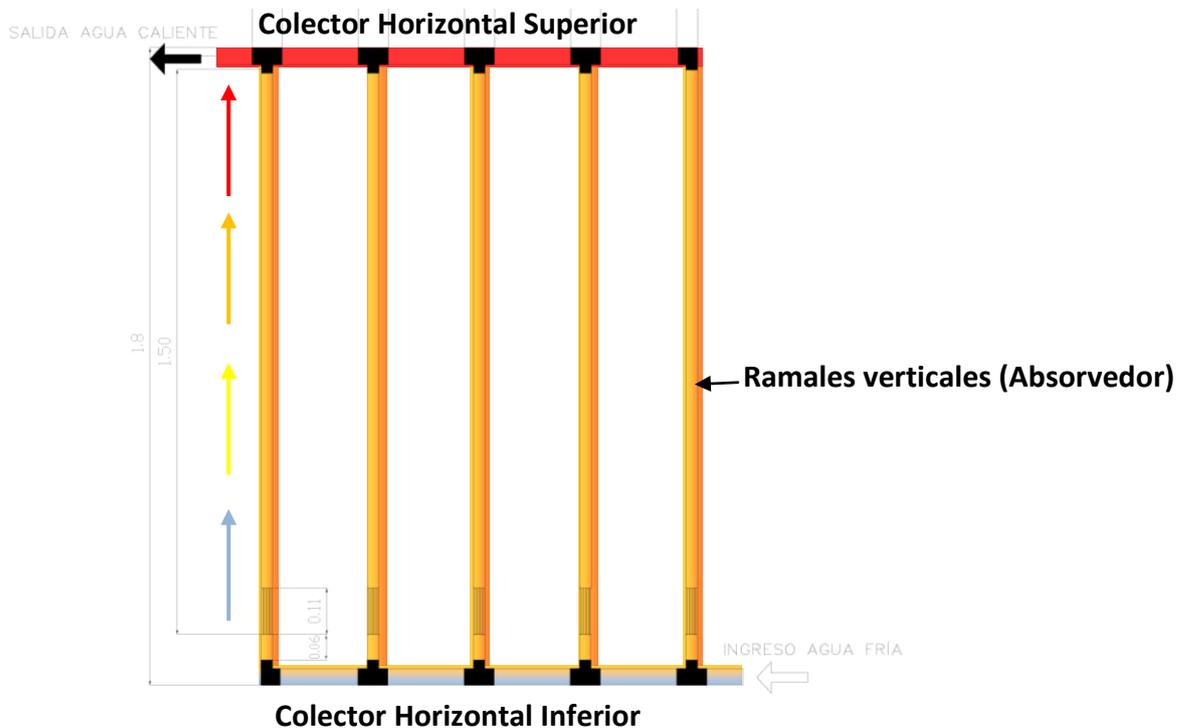


Fig.34.: Partes del Sistema de conducción de agua.

Los materiales posibles para los caños fueron previamente estudiados teniendo en cuenta: resistencia a la intemperie y a los ataques físicos y químicos, temperatura de trabajo, peso, costo. La Tabla n° 3 muestra el resumen de los valores estudiados para cada material, tomando en cuenta los datos bibliográficos al respecto.

		Policloruro de Vinilo	Polipropileno	Poliétileno
	Abreviaturas	P.V.C	P.P.	P.E
	Uso	Agua Fría	Agua Fría y Caliente	Agua fría
Propiedades Físicas	Temp. De Trabajo	de 0°C a 60°C	de 0°C a 120°C	de -15°C a 60°C
Propiedades Mecánicas	Temperatura de Fusión	Resblandec.: 120°C Fusión: 200°C	Resblandec.: 175/180°C Fusión: 260°C	Resblandec.: 115/135°C Fusión: 230°C
	Coefic. Dilatación Lineal /m	0,7 mm a 0,8 mm	1,1 mm a 1,5mm	2,2 mm.
Propiedades Térmicas	Conductividad Térmica [Kcal/m.°C.hr]	0,13	0,22 a 0,24	0,35
Otras Propiedades	Sistema de Unión	pegada (cementada) Roscada	Roscada Termofusión	Enchufe caliente
	Costos x 6.00 m (08/2009)	\$21.00 (US\$ 5,50) Altos	\$ 18.80 (US\$ 4,90) Económico	\$11,00 (US\$ 2,90) Mas económico

Tabla n° 3: Resumen comparativo de las propiedades más importantes de cada material plástico posible de utilizar en la conducción de agua. Fuente: Nisnovich,1998. Estudio de costos. Septiembre 2009.

Desde un principio se descartaron los caños de polietileno, porque no son aptos para conducir agua caliente (soportan satisfactoriamente agua hasta la temperatura de 60°C, siendo su punto crítico 70°C, aunque son muy económicos). Entre las experiencias descritas, existen algunos modelos realizados con este material, pero es dudosa su duración ante la posibilidad de aumentar la temperatura de trabajo. Por la misma razón se descartaron los caños de PVC, ya que no soportan altas temperaturas de trabajo. Las componentes ultravioleta de la radiación solar (UV) constituyen aproximadamente el 5 % del espectro solar pero pueden ocasionar degradación en los materiales plásticos, que en general no tienen buena resistencia a estos agentes por lo que se deben proteger convenientemente. La resistencia a los rayos UV afecta directamente a la vida útil que estos caños tendrán, aproximadamente los tubos de polietileno tienen utilidad hasta unos 30 años, mientras que los tubos de PVC y Polipropileno

alcanzan hasta 50 años de vida útil, siempre y cuando se los proteja. (*Grupo de Trabajo Técnico del Convenio de Basilea, 2001*).

En base a la información indicada, se prefirió utilizar como material para los caños, tubos de POLIPROPILENO pintado con esmalte sintético negro que a la vez que evita un envejecimiento prematuro del sistema, permite aumentar la absorptividad solar. Por otro lado, la temperatura de trabajo podría superar los 60°C, por lo cual, queda descartado utilizar caños de polietileno y/o PVC.

El polipropileno se conoce con las siglas P.P. Se produce a partir de ciertos productos derivados del petróleo (ej; como el gas propeno). Estructuralmente es un polímero vinílico, similar al polietileno, sólo que uno de los carbonos de la unidad monomérica tiene unido un grupo metilo. Al polipropileno se le agregan una serie de sustancias para mejorar sus características básicas: protectores de rayos U.V, retardadores de envejecimiento, inertes que aumentan su resistencia mecánica, etc. Es uno de los materiales termoplásticos que tiene excelentes propiedades físicas y químicas para esta aplicación.

Tipos de Polipropileno:

- Homopolímero
- **Polipropileno Copolímero** (Tipo elegido)
- Polipropileno Copolímero Random

Características del Polipropileno Copolímero :

- Su punto de reblandecimiento es más elevado que es de los caños plásticos. Su temperatura de trabajo puede llegar a 120°C sin perder las propiedades.
- No deben exponerse a fuego directo, ni siquiera momentáneamente pues se altera su resistencia mecánica.
- Conformado como tubo, tiene mayor resistencia mecánica (especialmente la torsión) y su resistencia a los impactos es superior a la de los plásticos rígidos (P.V.C)
- Resiste la corrosión galvánica: por tener conducción eléctrica casi nula y pueden estar en contacto directo con cualquier metal.
- Cuando se lo prepara para ello, resiste los rayos U.V.
- Los caños unidos por termofusión pueden resistir heladas leves dado su baja conductibilidad térmica.
- Se presenta resistente a hormigones, mezclas y sustancias químicas: Además puede estar en contacto con aguas agresivas, ácidos, álcalis, etc.
- No acumula carbonatos en su interior (no se engrosan las paredes con el correr del tiempo). Cabe destacar que el Centro-Oeste de Argentina el agua corriente existente, posee un grado elevado de bicarbonatos (CO₃H-) los que precipitan como carbonatos (CO₃=) al sobrepasar los 72°C. Si bien el calefón propuesto no alcanza estas temperaturas en los ensayos, en algún momento en el cual no exista extracciones, es probable que se alcance esta temperatura, por lo cual una conducción que prevenga la incrustación y posible obturación es importante.

- Los tubos de polipropileno vienen en color marrón en su formato original. Los caños se consiguen comercialmente en tirones de 6,00 m de longitud. La figura 35 muestra una foto del corte del caño con las tres capas y un esquema con la longitud del tirón.

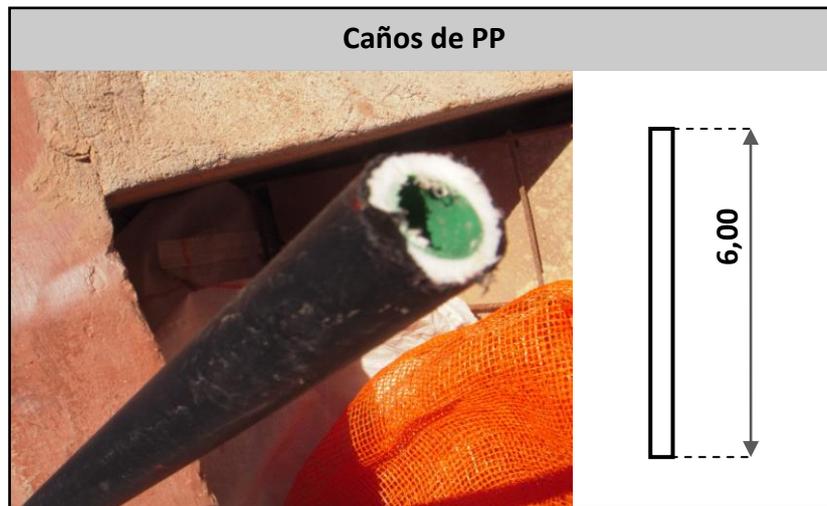


Fig. 35: Tubos de polipropileno copolímero Tricapa.

4.3.3. Cubierta Transparente

La cubierta estudiada en los prototipos anteriores está conformada en general con una capa de vidrio simple o doble, policarbonato alveolar o cubierta con lámina de polietileno cristal o LDT – Larga Duración Térmico. En esta propuesta se dispuso utilizar las botellas de PET en su formato original.

La decisión de utilizar el PET como material de cubierta surge porque es un material muy difundido, y se obtiene fácilmente, por lo tanto resulta de bajísimo costo.

El PET es el tereftalato de Polietileno, que se produce a partir de petróleo o de gas natural. Su utilidad primordial es en la fabricación de botellas, tarros y frascos para envasar bebidas, alimentos, productos cosméticos y farmacéuticos. Es un material que la fábrica lo utiliza y se vende sin permitir su relleno y sin retornar a la fábrica, por lo tanto, constituye un desperdicio que va a engrosar la lista de plásticos que ocupan los basurales, aunque la mayoría de las veces se lo encuentra en la vía pública, aumentando la contaminación.

Esto se suma a la necesidad de solucionar la gestión de los residuos sólidos urbanos que está impulsando el desarrollo de sistemas alternativos de reciclado y valorización de los envases usados. Existen algunos trabajos que permiten su reutilización, relleno de las botellas con agua para otorgar inercia térmica en invernaderos para cultivo (Esteves A., et al, 1999; Saravia et al., 2000) o también para conformar muros de agua para edificios. (Gelardi., et al, 2000).

Las botellas de plástico tardan entre 100 y 1.000 años en descomponerse, la razón por la que estos envases demoran tanto tiempo en reintegrarse a la tierra, es que están hechas en su mayoría de tereftalato de polietileno, un material difícilmente atacable por los microorganismos del suelo, por lo que resulta fundamental reciclar y reutilizar estos productos.

Existen dos tipos de PET, uno es el polietileno tereftalato que entra en la clasificación de los homopolímeros y son principalmente opacos, el segundo tipo es el polietileno tereftalato glicol que se encuentra en la categoría de los copolímeros que tienen la característica de ser transparentes.

Ambos tipos de PET pertenecen al subgrupo de los termoplásticos. Los termoplásticos se caracterizan por transformarse de sólido a líquido y viceversa por acción del calor, además de disuelven o se hinchan al contacto de los solventes.

EL tereftalato de polietileno glicol, es el utilizado en este sistema, siendo un plástico de alta calidad. Se identifica con el número uno, o las siglas PET, rodeado por tres flechas en el fondo de los envases fabricados con este material (sistema de identificación SPI).

Es un polímero que habitualmente se transforma mediante un proceso de inyección-estirado-soplado. Durante este proceso las moléculas del polímero se orientan en dos direcciones distintas. En el caso de los envases, la orientación tiene lugar según una dirección longitudinal, paralela al eje del envase, y según una dirección transversal al mismo. Es precisamente esta propiedad, conocida como biorientación, la que confiere al PET una elevada resistencia mecánica, lo que unido a su transparencia, hace que resulte un material idóneo para el envasado de productos líquidos cuando por cuestiones comerciales se quiera mostrar el contenido de la botella.

Sus características principales son: transparente, irrompible, ligero, brillante, 100% reciclable. Este material es maleable de fácil personalización, ya que las botellas de PET de 2,00 litros pesan aproximadamente 48 g.²³

Este material es resistente a la intemperie (sol, lluvia, niebla, polución). Resiste a la radiación solar ultra-violeta sin amarillear y sin presentar fisuras superficiales, comunes a muchos otros materiales plásticos.

Las propiedades ópticas son: transmitancia hasta el 80% de la luz visible, es muy superior a todos los otros plásticos transparentes. El índice de refracción es de 1.576.²⁴

²³ Carlos Ballesteros Martín, Presidente ANEP "El envase de PET ante el reto del reciclado"1996.

²⁴ SODIS News No. 3, October 1998. p. 13-14 <http://www.sodis.ch> [R13] Zahn.

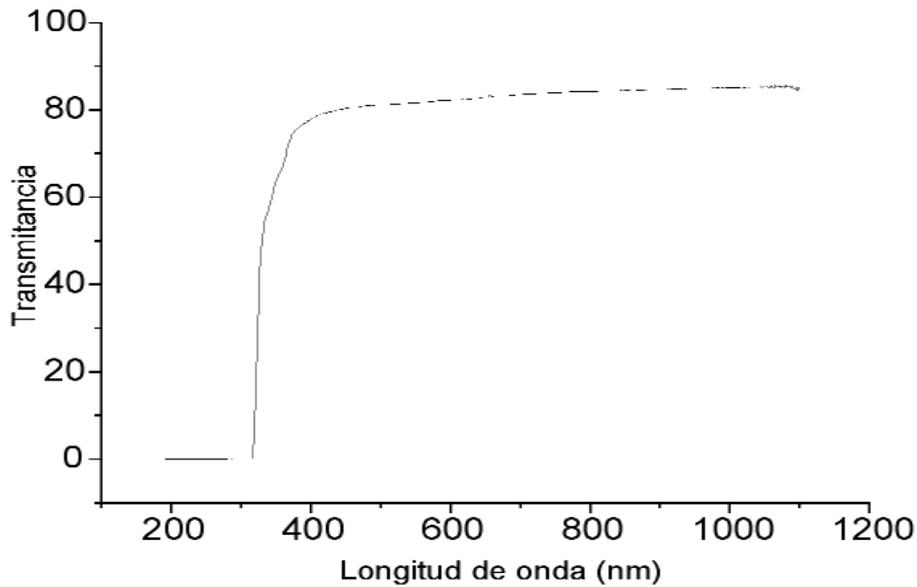


Fig.36: Transmitancia de botellas PET. Fuente: Litter et al,

La figura 36 muestra la transmitancia en función de la longitud de onda. Se observa que este material tiene alta transmitancia en el espectro visible e infrarrojo, lo que indica que no posee efecto invernadero, por lo que su funcionamiento será menos eficiente que un vidrio y más parecido al polietileno.

Como se puede observar en la figura 37, las botellas son utilizadas como cubierta transparente de los tubos interiores que conducen el ACS.

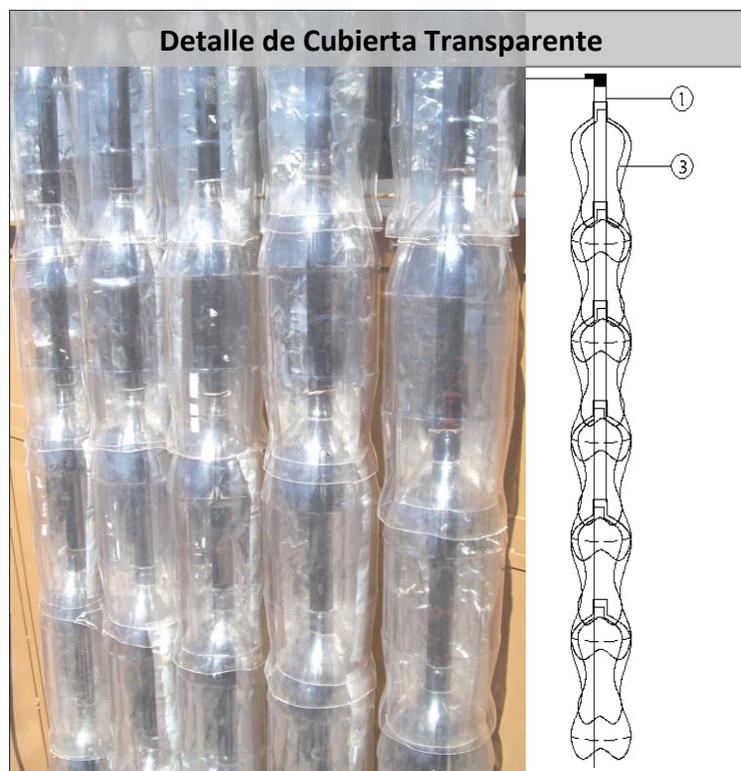


Fig.37: Cubierta Transparente del Sistema.

4.3.4. Base o Carcasa

El prototipo no tiene base, ya que la estructura del circuito de conducción de agua está constituida por polipropileno rígido, lo que proporciona la firmeza necesaria como para mantenerse en su lugar. Esto por otro lado, evita el costo de colocar una base de sujeción del sistema.

4.3.5. Tanque de Almacenamiento

El tanque puede ser metálico (chapa de acero galvanizado, acero inoxidable, PRFV (Fibra de vidrio reforzada con poliéster), PVC, etc. El costo y duración depende del material utilizado, pero para comunidades de bajos recursos, el costo debería ser mínimo.

El Tanque utilizado para realizar las mediciones fue un recipiente de 20 litros que originalmente contuvo pintura. Una vez descartado, se lava profundamente para que no quede ningún vestigio de pintura, se le coloca una tapa y se conecta al sistema.

El volumen utilizado ha sido mínimo, tomando en cuenta que el prototipo de colector armado tiene una superficie colectora efectiva de 0.75 m^2 , además este calefón es una solución de bajo rendimiento y si se utiliza un volumen mayor, la temperatura del agua no se elevaría lo suficiente. Por lo tanto, este tipo de tanque nos ha permitido realizar las pruebas necesarias y obtener el rendimiento del sistema.

El material del balde es Polietileno de Alta Densidad (PEAD), es un termoplástico fabricado a partir del etileno.



Fig.38: Tanque 20 lts. de pintura, sin aislar.

4.4. ARMADO DE PROTOTIPOS

El proceso de armado se divide en 3 etapas, en primer lugar se prepara la cubierta transparente, luego se realiza el proceso en los caños de conducción de agua. Finalmente se integran ambas partes dando como resultado el Sistema de Calentamiento de Agua Sanitaria Solar. Para su funcionamiento, se completa con la conexión a un Tanque de Almacenamiento.

Primera Etapa: Armado de Cubierta Transparente

- a) Recolección domiciliaria o de la vía pública de botellas tipo PET cristal desde 2 1/4 lts. hasta 1lt., de diferentes marcas de jugos y gaseosas, tales como Coca Cola, Pepsi, Talca, etc. Se pueden utilizar botellas de otros colores pero se aconseja las tipo cristal para una mayor penetración de la radiación. Se recolectan varios tamaños que son utilizables en el colector de doble botella, por ejemplo, las de 1,5 y 1lt. entran en el interior de las botellas de 2 y 2 ¼ lt generando una cámara de aire.

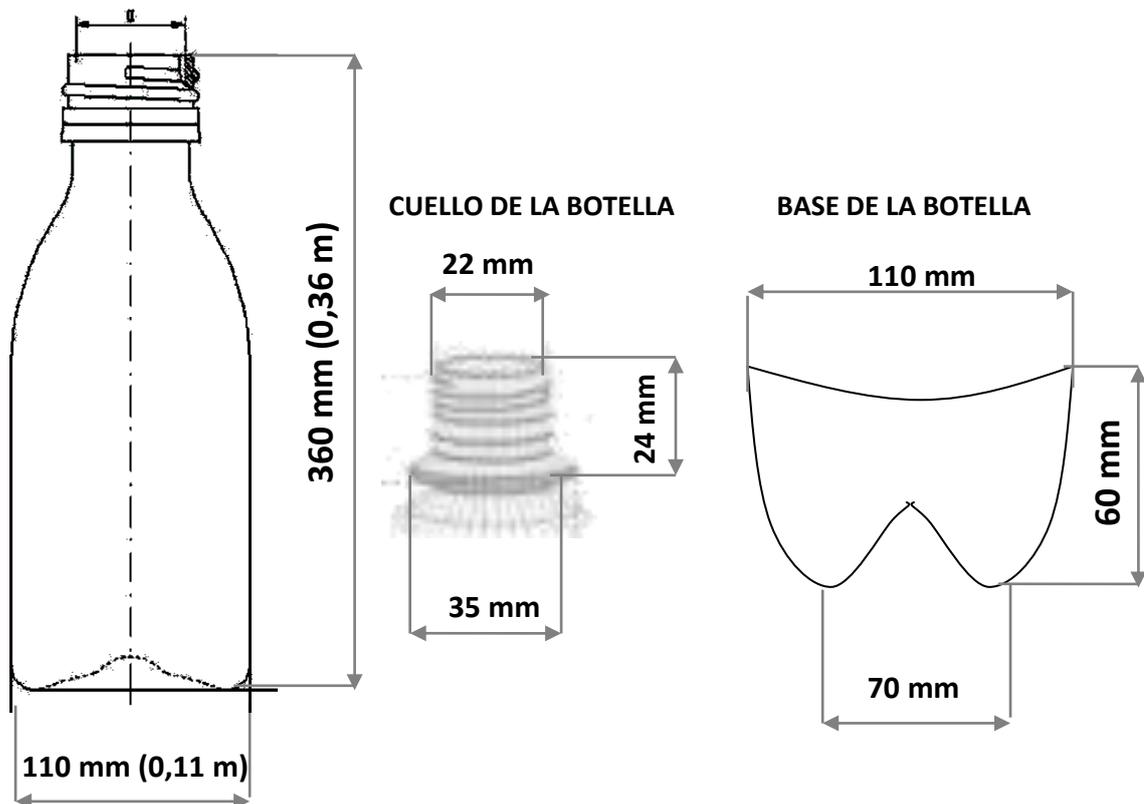


Fig.39: Medidas de las botellas tipo de 2,00 lts.



Fig.40: Tipos de Botellas utilizadas

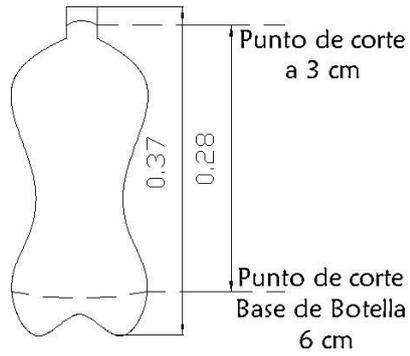
- b) Lavado de botellas y retiro de etiquetas y demás embalajes.



Fig.41: Lavado de Botellas PET.

- c) Realizar los cortes en las botellas: este paso es muy importante ya que de su precisión resultará la rigidez de la unión de las botellas con los caños ramales del calentador, sin utilizar otro material de unión. Caso contrario se deberá realizar un sostén con otra alternativa (ej: pegamento, alambre, etc.) Los cortes se realizan en la parte superior de la botella, en el pico de la misma a 3 cm del borde, por lo que se recomienda utilizar un arco de sierra o en su defecto amoladora teniendo la precaución de utilizar protecciones adecuadas. El segundo corte se realiza en la base de la botella a 6cm del borde inferior. Este corte se puede realizar con una hoja de cutter, ya que en la base, la botella tiene un espesor menor. Ver Fig. 42

BOTELLA 2 $\frac{1}{4}$ lt. Y 2 lt.



BOTELLA 1,5 lt. Y 1 lt.

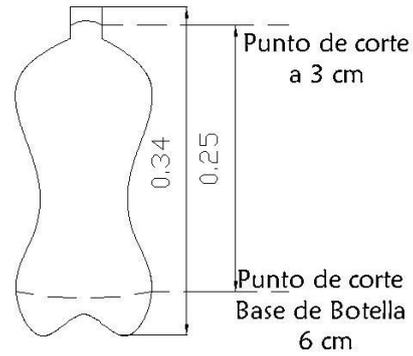


Fig. 42: Esquema de corte de las botellas



Fig.43: Corte de botellas con amoladora.



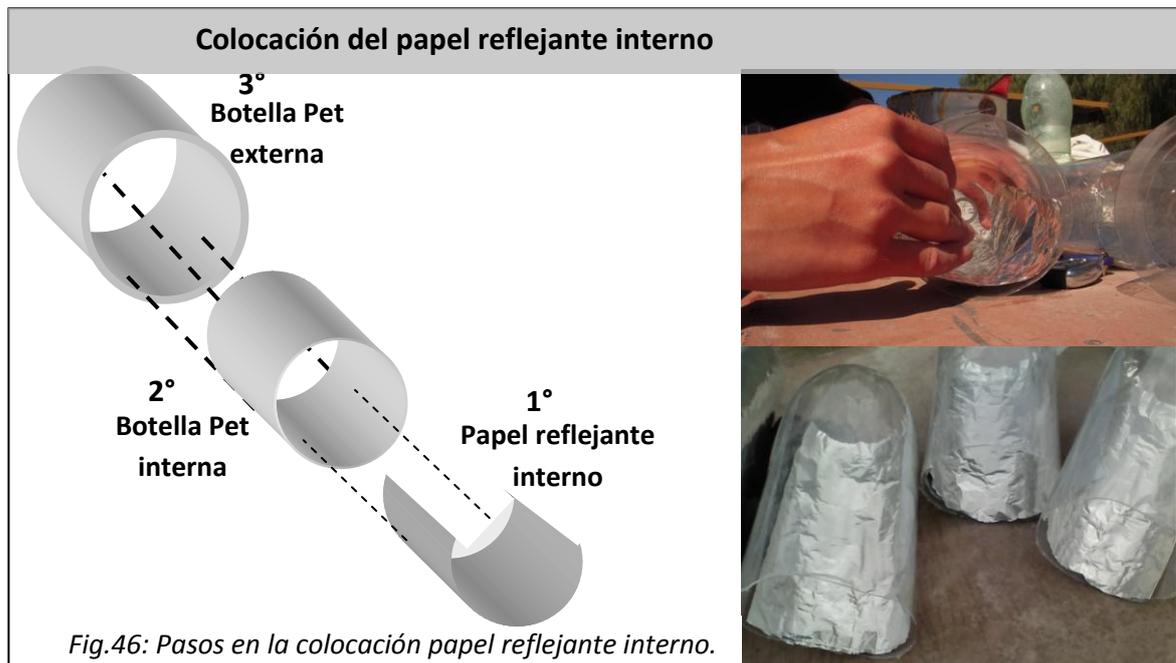
Fig.44: Corte de base de botellas con cutter.

La botella interior puede ser de 1,5lt, si no se consiguieran las suficientes de este tamaño se utilizan los envases mayores, a los cuales se les produce un corte longitudinal (sin llegar a cortar la zona del pico de la botella) se disminuye su diámetro solapando ambos lados del corte y se los une con una abrochadora.



Fig.45: Corte de botella interna.

- d) Posteriormente se coloca en el interior de la botella de menor dimensión, un papel reflejante que ocupa la mitad del diámetro de la misma. Este reflector tendrá la misión de redirigir los rayos que incidan en la parte trasera de la botella hacia el caño que ocupa la parte central, ya que su forma es aproximadamente un concentrador circular. Para realizar esta tarea se recomienda realizar moldes aproximadamente 15 x 20 cm. El papel es adherido a la botella con un adhesivo como cola vinílica o cemento de contacto. Ver Figura 46.
- e) A continuación, las botellas de menor diámetro (de 1,5 lt) con el papel reflejante se introducen dentro de las botellas de mayor diámetro. Ver Figura 46.



De este modo, quedan las botellas con el papel reflejante interior, con doble cubierta listas para colocarlas en el circuito conductor de agua.

Segunda Etapa: Armado de circuito de Conducción de agua

- a) Primero se calcula la superficie necesaria a utilizar, y se definen los diámetros de los colectores superior e inferior y ramales verticales. Para el armado de este prototipo de estudio se calcula en base al consumo diario de una persona, intentando utilizar la menor cantidad de materiales y producir el resultado más económico. Se propone $0,75 \text{ m}^2$ de colector para el consumo de una persona/día. Para los ramales verticales se utiliza caños de $\frac{1}{2}$ pulgada y para los colectores superior e inferior de 1 pulgada, atendiendo a la necesidad de desplazamiento del fluido por termocirculación.
- b) El segundo paso consiste en cortar los caños tanto de los ramales como los colectores. Para los ramales, se calcula el largo a utilizar de 1,50 m para el mejor aprovechamiento del material, ya que estos caños se proveen en forma comercial en tirones de 6,00 m de longitud.

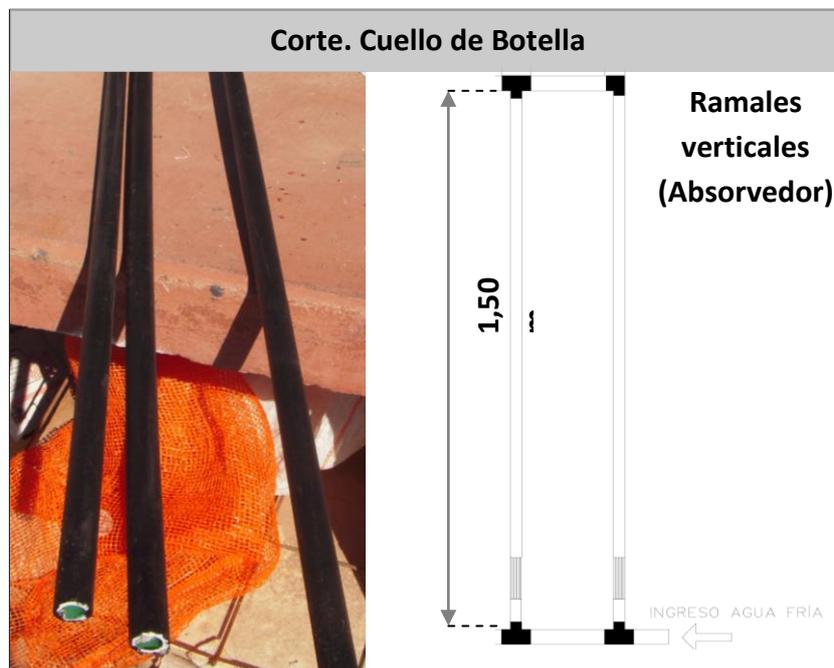


Fig.47: Ramales utilizados. Caños de polipropileno copolímero Tricapa $\frac{1}{2}$ ".

c) Posteriormente se cortan los tramos de caños que servirán para armar los colectores. El colector superior se conforma de Tees con reducción de 1" a ½", esto permite insertar los ramales verticales que irán roscados en el colector horizontal. La separación entre estas tees es de 8 cm, para permitir que las botellas queden bien ubicadas alrededor de cada ramal vertical.

El colector inferior, también posee Tees, la única diferencia es que se acopla con tramos de manguera de 1", flexible. Esta manguera evita el uso de una unión doble que encarece el armado y además permite tener una especie de fusible si las temperaturas llegan a ser muy bajas de modo de generar congelamiento.

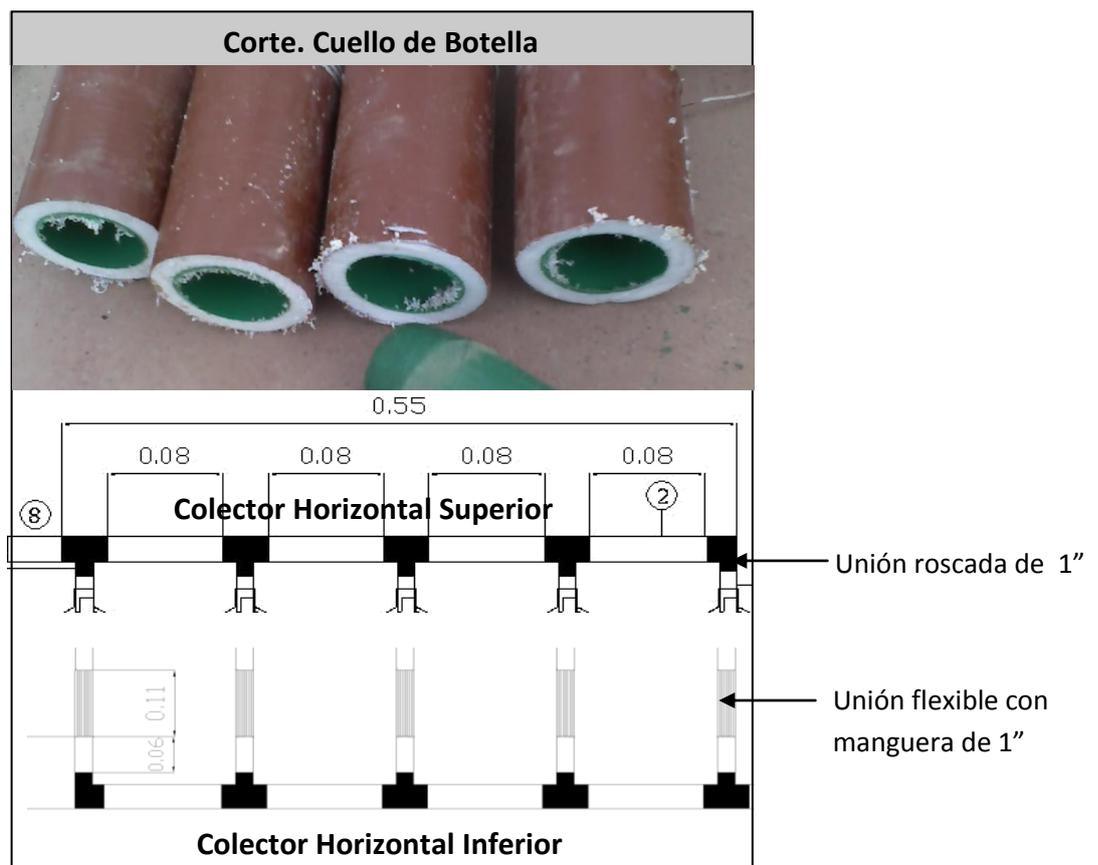


Fig.48: Colectores utilizados. Caños de polipropileno copolímero Tricapa 1 "

d) El tercer paso consiste en pintar los ramales verticales con una pintura de esmalte sintético color negro mate de modo de aumentar la absorción al espectro solar. Se lo cubre con 2 capas de pintura.



Fig.49: Pintura de esmalte sintético color negro mate sobre los caños de polipropileno 1/2” que van a ser utilizados como absorbedores del sistema. Fuente: elaboración propia

Tercera Etapa: Integración y Resultado del Sistema.

- a) La integración de las partes consiste en componer el sistema para su funcionamiento. Se coloca la doble botella con el papel reflejante interno de forma tal que envuelva al ramal vertical por el lado sur del colector, es decir dejar la cara transparente hacia el lado que recibirá los rayos solares. Las botellas se colocan una por vez, apilando una arriba de la otra de forma tal que entre ellas queden encastradas sin dejar rendijas que puedan ventilar la cámara. Afortunadamente la forma que poseen las mismas, permiten que una ingrese dentro de la otra y cubran toda la curvatura. Si el corte del cuello de la botella fue el apropiado, no se requerirá ningún elemento de sujeción. Ver Figura 50. Se ajustan simplemente por presión.

Una vez colocadas las mismas, se utiliza un “cuello con parte del cuerpo” para cerrar el conjunto. Es decir, en el extremo final que tiene la base de la última botella cortada se agrega un cuello de botella con un tramo de cuerpo que se inserta en la base de esta última botella. De este modo, se puede observar que queda el conjunto perfectamente ajustado sobre el ramal y no será necesario ningún elemento de sujeción adicional. El conjunto resulta de este modo con una simpleza de armado y la mínima cantidad de componentes. Es de destacar que durante las pruebas realizadas, las partes así conformadas, no sufrieron ningún cambio relativo de posición, por lo que esto da cuenta del buen resultado del método utilizado.

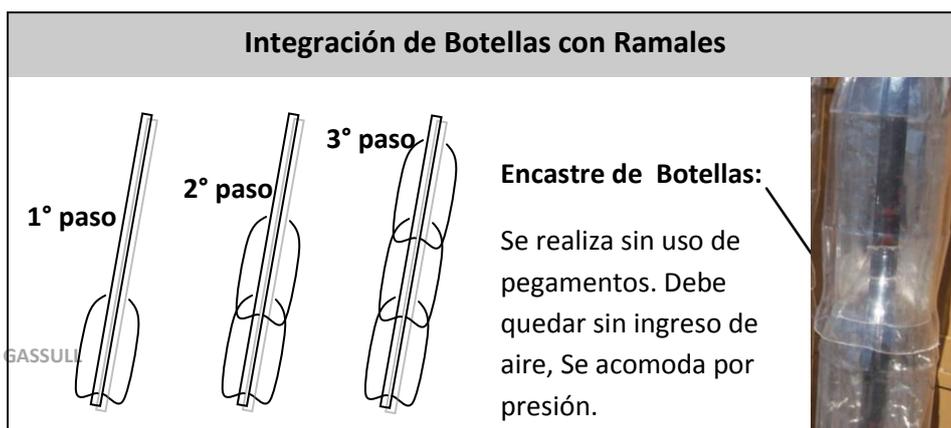




Fig. 51: a) botellas de menor diámetro con papel reflejante adherido a la de mayor diámetro; b) detalle de remate de la cubierta en el ramal conductor.



Fig.52: Botellas apiladas en el ramal colector.

- b)** Posteriormente se realiza el montaje del sistema, uniendo los ramales verticales con su cubierta transparente ya integrada, y conectándolo con los colectores horizontales. Son 5 ramales verticales que se unen a un colector horizontal en la parte superior y un colector horizontal en la parte inferior.

En el colector superior la conexión con el ramal se realiza con unión roscada, uniendo ambas piezas con una Tee en reducción en 1" - ½".

En el colector inferior no se puede utilizar la unión roscada sin utilizar la unión doble. Esta pieza encarece el sistema, por su alto valor comercial. En reemplazo de esta pieza se prefiere realizar la conexión a partir de una cupla manguera flexible. Esta se une a un niple sin rosca por un extremo y por el otro, al ramal vertical. El niple se vincula con el colector inferior con unión roscada.



Fig.53: Conexiones en colector superior. Fuente: elaboración propia



Fig.54: Conexiones en colector inferior. Fuente: elaboración propia

- c) Luego se realizan las conexiones de entrada de agua fría y la salida de agua caliente hacia el Tanque de Almacenamiento. Esta se realiza con una espiga roscada de 1" y manguera.



Fig.55: Conexiones de entrada y salida de agua.

- d) Finalmente, la Fig.56 muestra el colector solar armado con todas sus piezas conectadas como fue descrito previamente. Este colector prototipo de prueba tiene una superficie

colectora de 1.50 m x 0,10 x 5 ramales= 0,75 m² de superficie. El mismo se coloca en diferentes lugares para ver sus posibilidades de adaptabilidad. El colector con todas su piezas mide un 1,80 m de largo x 0,50 m de ancho x 0,25 m de espesor. El sistema tiene un peso de 4,7 kg total.



Fig. 56: Imagen del colector terminado con un Tanque de almacenamiento sin aislar. Fuente: Elaboración propia.

4.5. ENSAYOS EXPERIMENTALES

4.5.1. Estudio Térmico Solar

Temperaturas resultantes con Tanque sin aislamiento

Se realizaron mediciones térmicas del trabajo del sistema. Las temperaturas se han medido en el ingreso al colector y salida del colector con termocuplas Tipo T, conectadas a un Data-logger HOBO. Además se midió la temperatura del agua dentro del tanque de acumulación de 20 lt. de plástico que no poseía aislamiento térmico. Los resultados de las mediciones de un día de octubre del 2009 se muestran en la Fig. 57. Como se puede apreciar, durante varias horas se mantiene la temperatura alrededor de 37°C.

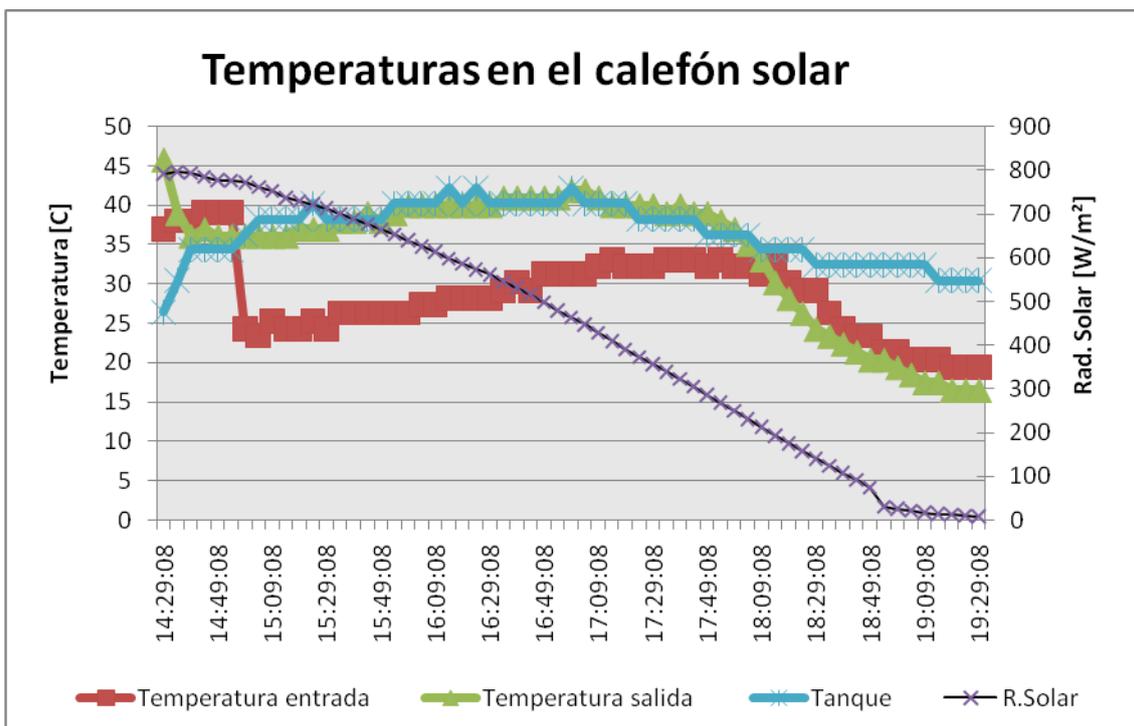


Fig.57: Temperaturas de ingreso, egreso, tanque y r.solar para el colector

Como una aproximación, en Duffie and Beckman²⁵, se indica que Lof and Close and Cooper en sus trabajos, han observado que bajo un amplio rango de condiciones el incremento de la temperatura que experimentan diversos tipos de colectores con circulación natural es aproximadamente 10°C, tal como se ha medido para este caso y se puede observar en la Figura 57.

4.5.2. Rendimiento del Colector Solar

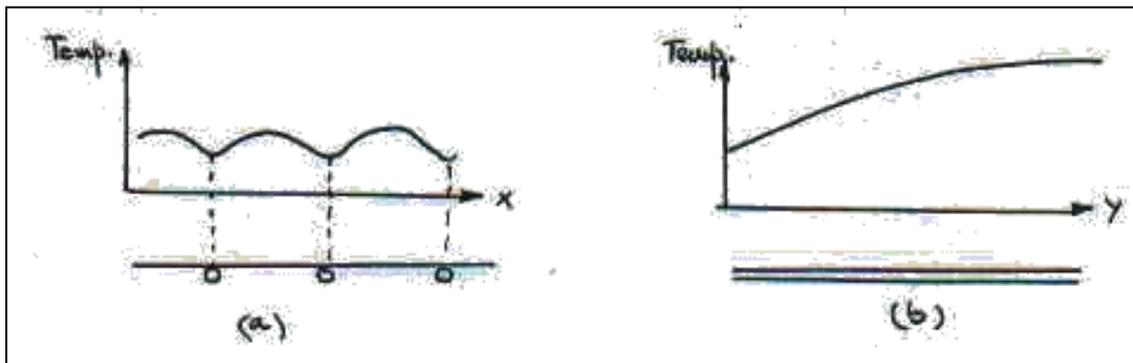
²⁵ Duffie J., Beckman W. 1992. *Solar Engineering of Thermal Process*. J. Wiley. Cap. 12, pp. 499.

Para definir el rendimiento del colector debemos ponernos de acuerdo en determinadas consideraciones:

Definimos el calor útil como la energía que podemos extraer del colector y nos sirve para calentar el líquido o aire, que es el propósito para el cual está construido. Esta energía la llamaremos Q_u .

Las pérdidas térmicas las evaluamos como U , es decir, son las pérdidas de calor por unidad de superficie de colección.

La expresión de Q_u , si bien resulta bastante sencilla, tiene un problema bastante difícil de resolver en forma simple, la temperatura de la placa absorbadora, no es uniforme como para considerar una temperatura media de placa, T_p principalmente por dos circunstancias variación de la temperatura en el colector: a) transversal, b) longitudinal.



- No existe uniformidad de temperatura en la sección. Esto no es cierto en los colectores que tienen doble placa de acero soldada, pero éstos no aguantan más de 1 m de presión de agua. *Figura a.*
- Existe una variación de la temperatura adicional a lo largo de la placa, debido al calentamiento progresivo del fluido (líquido o aire) a su paso a través de la misma. *Figura b.*

El rendimiento del sistema se puede calcular a partir de la Ecuación 1.

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c \cdot G} = \frac{F_R}{G} [G \cdot (\tau \alpha) - U_L (T_{fi} - T_a)] = \quad [1]$$

donde:

F_R = factor de extracción del calor del colector.

τ = transmitancia solar del vidrio o cubierta.

α = absortancia solar del elemento absorbador.

Q_u = Calor útil entregado por el sistema y destinado al calentamiento de agua [W]

A_c = Área colectora de radiación solar [m^2]

G = radiación solar transmitida y efectivamente absorbida en el elemento absorbador [W/m^2]

$F_R (\tau\alpha)$ y $F_R U_L$ son dos parámetros que definen cómo trabaja el colector. $F_R (\tau\alpha)$ es la indicación de cómo la energía solar es absorbida por el mismo y el $F_R U_L$ es indicación de cómo la pierde. Estos dos parámetros indican en forma simple, cómo el colector se desempeña en un clima determinado.

Flujo de agua dentro del colector

La circulación en calentadores solares pasivos, tales como el que nos ocupa, ocurre cuando el colector se calienta suficientemente de modo de generar una diferencia de densidad entre el agua superior del colector y el agua dentro del tanque. La diferencia de densidad es una función de la diferencia de temperaturas y flujo de fluido es luego una función de la energía útil del colector, el cual produce la diferencia de temperatura. Bajo estas circunstancias, estos sistemas son auto controlados los cuales al aumentar la ganancia produce un incremento del flujo a través del colector (Duffie et al, 1992). Varios autores (Close, 1962; Gupta y Garg, 1968; Morrison y Brown, 1985), han estudiado y confirmado que se puede asumir un incremento de temperatura constante a lo largo del colector, esto se puede observar en la Fig. 57 para el estudio del colector propuesto, donde se observa una constancia de aumento de temperatura entre el ingreso y egreso de agua. Bajo estas condiciones es posible calcular un flujo de fluido para el cual se produce esta diferencia de temperatura.

El calor útil Q_u se obtiene a partir de la ecuación calorimétrica indicada en la ecuación 2.

$$Q_u = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_s - T_e) = \dot{m} \cdot C_p \cdot (\Delta T_f) = \quad [2]$$

Donde:

\dot{m} = flujo másico de fluido dentro del colector [kg/s]

C_p = calor específico del fluido caloportador [kJ/kg.C]

T_s = Temperatura del agua caliente a la salida del colector [C]

T_e = Temperatura del agua fría a la entrada del colector [C]

ΔT_f = variación de temperatura del fluido en el colector [C]

Resolviendo entre la ec. 1 y 2 tenemos:

$$\dot{m} = \frac{A_c \cdot F_R [S - U_L (T_e - T_s)]}{C_p \cdot \Delta T_f} = \quad [3]$$

La Ecuación 3 nos permite conocer el flujo de fluido a partir de la diferencia de temperaturas $T_e - T_s$, las pérdidas térmicas y el factor F_R .

Finalmente podemos expresar al flujo másico como:

$$\dot{m} = \frac{U_L F' A_c}{C_p \cdot \ln \left[1 - \frac{U_L (T_s - T_e)}{S - U_L (T_s - T_e)} \right]} = \quad [4]$$

Esta ecuación puede ser resuelta si se asume que F' es independiente del flujo de fluido. Podemos asumir un valor de F' fijo, si fuera necesario, luego de obtener el valor de flujo, se podría hacer una iteración para chequearlo si fuera necesario. La interpretación física de F' responde a la relación de la energía útil respecto de la que podría resultar a la temperatura del fluido local. Por lo tanto, se ha considerado en este trabajo que $F' = 0.91$. Esto nos permite conocer el flujo de circulación por el colector y en función de eso, calcular un rendimiento.

Condiciones Climáticas

El rendimiento usualmente se expresa como una curva, en función de la ecuación (5)

$$\frac{(T_{fi} - T_a)}{Gt} \quad [5]$$

Donde T_a y Gt representan las condiciones climáticas de temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$) y radiación solar global instantánea (W/m^2) respectivamente; T_{fi} = representa la temperatura del agua que ingresa al colector ($^{\circ}\text{C}$).

Estos tres parámetros no dependen de la construcción del colector, más bien, a través de ellos puede indicarse lo riguroso del clima del lugar. La expresión anterior podría dar valores negativos, es decir, la temperatura del aire ser mayor que la temperatura de entrada del agua en el colector. En esta zona la curva sigue siendo válida. Mientras más días claros hay en el lugar, mayor radiación recibe y por lo tanto, menor será el resultado de la expresión y viceversa.

Curva de Rendimiento

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se ha graficado el rendimiento del sistema en función del parámetro $(T_a - T_f)/G_t$ lo que nos abre la posibilidad de conocer el rendimiento en diferentes condiciones climáticas y determinar así la posibilidad de optimizar el sistema.

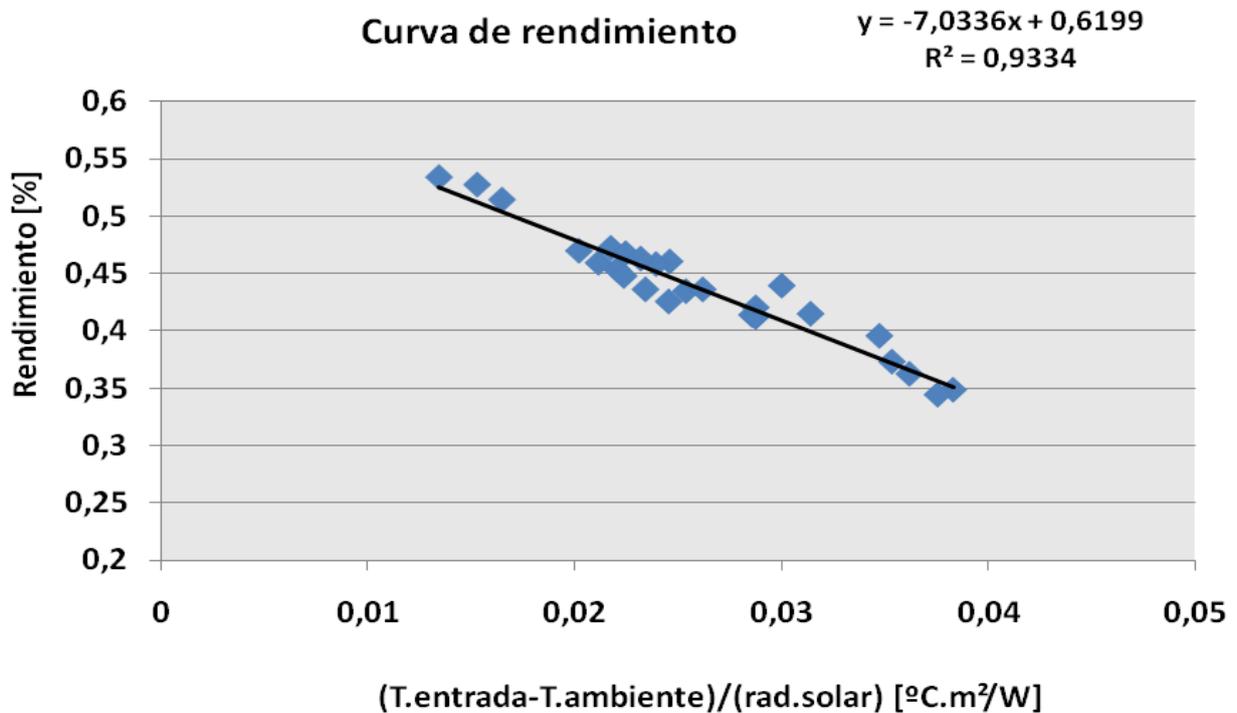


Fig.58: Curva de Rendimiento del colector

La curva de rendimiento no es recta, tiene una ligera curvatura dado por las pérdidas térmicas que aumentan conforme aumenta la temperatura del fluido, sin embargo, por razones de simplicidad se lo ajusta a una recta. En este caso se agrega la ecuación del rendimiento donde los valores característicos del colector son:

$$F_R (\tau\alpha) = 0.6199$$

$$F_R U_L = 7.0336$$

El polvo produce una reducción entre el 5% y el 8% para lluvia cada 30 días y para una inclinación de 45°.

Las estructuras de armado del vidrio o colocación de mallas antigranizo también pueden disminuir la energía ganada. Se debe tomar el área no obstruida del colector y sino trabajar con el área no obstruida o área bruta y tener en cuenta una reducción del 3% por sombreado de la estructura y 5% si existe malla antigranizo (en rigor, este % puede cambiar con la inclinación de los rayos y dependiendo del diseño, es un factor a determinar en cada caso).

4.6. ESTUDIO DE COSTOS DEL SISTEMA CON 2 BOTELLAS (con tanque sin aislar)

El costo final del sistema alcanza los \$ 127,20 (U\$S 33.4 – 09/2009) por cada 0.75 m² de superficie colectora. La Tabla 4: muestra el detalle de los costos incurridos. Es de destacar que el sistema podría ser armado con uniones por termofusión, lo que ahorraría en la adquisición de los accesorios.

Descripción Materiales	Costo unit.	Cant.	Precio calentador
Botellas PET	\$0,00	60	\$0,00
Papel reflejante metálico (1,00 m X 1,20 m)	\$8,3	3	\$24,90
Caños de Polipropileno ½" TIGRE (6.00 m)	\$18.80	6m	\$18.80
Caños de Polipropileno 1" TIGRE (6.00 m)	\$45.20	0,60m.	\$ 4.50
Union Tee Reducción	\$3.60	8	\$28.80
Codo reducción	\$3.20	2	\$6.40
Cuplas	\$ 2	5	\$ 10
Niples	\$ 2	5	\$ 10
Espiga roscada	\$1.15	2	\$2.30
Adapatadores ½"	\$ 7	2	\$ 14
Teflón	\$2.50	3	\$7.50
PRECIO TOTAL X CALENTADOR (sin Tanque)			\$ 127,20

Tabla n°4: Costos de materiales para armar el Sistema de ACS con tanque sin aislar. Fuente: Elaboración propia. Octubre 2009.

No se considera la mano de obra, por tratarse de sistemas autoconstruidos. En el futuro, si se generara algún microemprendimiento que los fabrique, se debería agregar como costo operativo



CAPÍTULO 5

■ CAPÍTULO 5: REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN SEGÚN RESULTADOS OBTENIDOS

5.1. Discusión respecto del desempeño de la tecnología propuesta	92
5.1.1. Optimización para el sistema óptico/absorbedor	92
5.1.2. Optimización propuesta para el Tanque	93
5.2. Colocación de aislación térmica en Tanque	95
5.3. Estudio Térmico	96
5.3.1. Temperaturas Resultantes con tanque aislado	96
5.3.2. Estudio Comparativo de temperaturas 24 hr y temperaturas diurnas del tanque..... optimizado respecto del original	97
5.4. Estudio de costos del sistema 2 botellas (con tanque aislado).....	100

5.1. DISCUSION RESPECTO DEL DESEMPEÑO DE LA TECNOLOGÍA PROPUESTA

Luego de unos meses de observación del sistema de calentamiento solar, se obtuvieron algunos resultados proporcionando la información necesaria para optimizar el diseño.

El sistema funcionó correctamente durante el periodo de análisis, sin presentar alteraciones por exposición a la intemperie. Sin embargo, se consideraron algunas modificaciones que podrían mejorar el funcionamiento del mismo.

En primer lugar, se observaron algunos detalles resultantes del proceso de armado como la rugosidad en el papel reflejante interior de las botellas, generando reflexiones hacia múltiples direcciones que disminuyen la focalización hacia el tubo interno. En este caso se trata de mejorar la colocación del mismo utilizando un material con adhesivo incorporado.

En segundo lugar se coloca aislamiento al Tanque de Almacenamiento para optimizar el mantenimiento del agua caliente. Como el sistema es de bajísimo costo, la propuesta fue producir agua caliente que pudiera ocuparse en el día, utilizándola totalmente antes de fin del día. Sin embargo, se ha propuesto colocar una aislación térmica, para contemplar aquellos casos en los cuales por diversos motivos no se utiliza totalmente el agua caliente y sería interesante tomar en cuenta el trabajo del tanque con la aislación térmica y observar su desempeño.

A continuación se detallan las modificaciones realizadas.

5.1.1. Optimización al Sistema Óptico/Absorvedor

El tratamiento de las botellas destinadas a la cubierta se realiza de acuerdo a lo descrito en el punto 4.3.3.

La modificación consiste en el papel metálico reflejante interno utilizado en el primer armado del colector, adherido con cola vinílica o cemento de contacto (caso 1). Dado por un lado, la dificultad de trabajar dentro de la botella que de por si resulta estrecha y por otro la manipulación del calefón, hace que el papel adherido a la misma se vaya arrugando hacia adentro sin tener la posibilidad de acomodarlo dado que la misma cámara está totalmente cerrada.

El papel se reemplaza por un papel reflejante autoadhesivo para mejorar la colocación y además permite la adherencia total a la superficie de soporte (caso 2). Este tipo de pegamento mejora la adherencia del papel reflejante que adopta exactamente la curvatura de la botella de PET, obteniendo una reflexión que genera mayor ganancia solar en el absorvedor (ramal vertical), al evitar reflexiones que se pierden por no mantener la curvatura como es el caso 1.

En ambos casos el papel reflejante tiene una reflexión especular, pero su sistema de adherencia y la manipulación del colector al instalarlo modifica las reflexiones obtenidas.

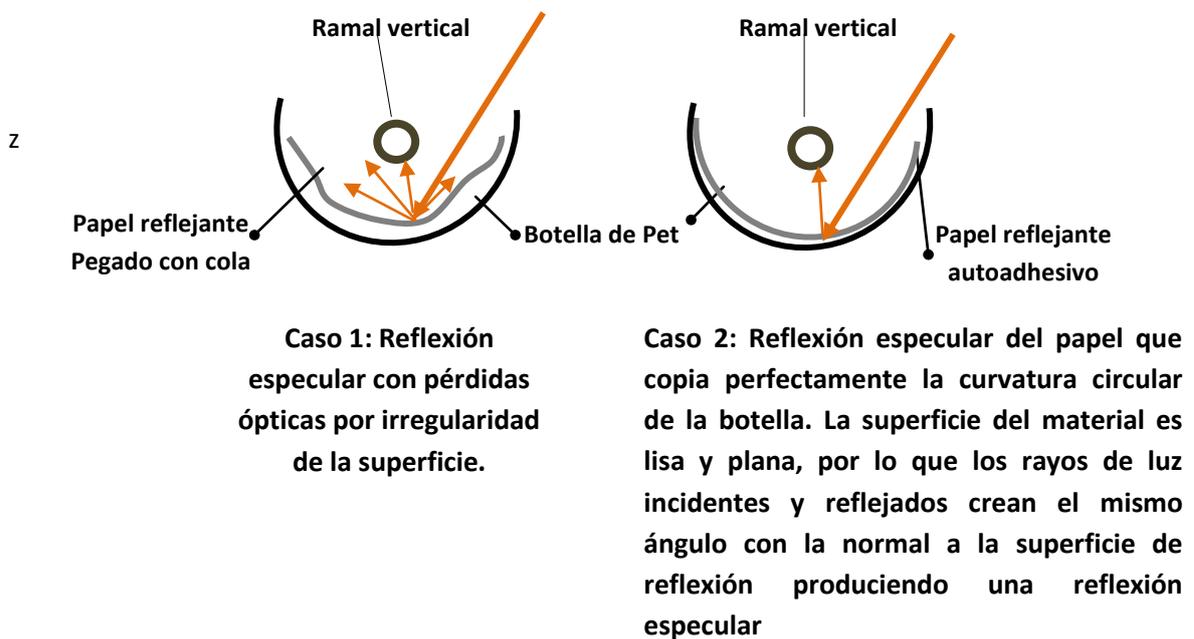


Fig.59: Caso 1 y Caso 2 de reflexión especular.



Caso 1: Reflexión especular con irregularidad en su superficie

Caso 2: Reflexión especular

Fig.60: Tipos de papeles en caso 1 y caso 2 de reflexión especular.

El papel adherido se mueve con la misma botella manteniéndose totalmente incluido cuando se manipula el colector por lo tanto, no cambia la reflexión de la misma cuando incide la radiación solar en ella.



Fig.61: Botellas de PET con papeles internos caso 1 y Caso 2

5.1.2. Optimización Propuesta para el Tanque

La optimización en el desempeño del tanque de acumulación de agua fue la colocación de la aislación térmica.

El aislamiento del Tanque se realiza con poliestireno expandido, dado que si bien es un material cuya temperatura máxima es de 80°C, el mismo se propone colocarlo en el exterior, lo que lo protege de una temperatura mayor y además sirve a los efectos de poder comprobar su desempeño térmico. El espesor del aislamiento térmico es de 5cm de espesor colocado alrededor del diámetro del balde, con base y tapa del mismo material. Posteriormente se coloca una bolsa de polietileno negra y se cubre el tanque para evitar el contacto con el agua exterior y que las aves e insectos lo deterioren al tenerlo expuesto sin ninguna protección. Ver fig.62.

El tanque se ha instalado a 30 cm por sobre el punto más alto del colector, el cual se conecta con éste a través de mangueras. El sistema se colocó en una plataforma de ensayos (que para

ese momento recién se disponía) que permite giro e inclinación del sistema hacia orientación e inclinación determinada. Para realizar su instalación en la misma, se debe ubicar el Tanque sobre alguna base horizontal que le brinde estabilidad a este, por lo cual, se utilizó una base de madera.



Fig. 62: Tanque Plástico 20 l con Aislamiento de Poliéstireno Expandido. Sistema completo. Tanque aislado conectado al Colector.

5.2. COLOCACION DE AISLACION TERMICA EN TANQUE

El proceso realizado es el siguiente:

- a) En el mercado se consiguen planchas poliestireno expandido ("telgopor") de diferente espesor. Sus medidas son de 1.00 m x 1.00 m. En este caso se utilizan planchas de 5 cm de espesor.



- b) Luego se corta el poliestireno expandido en tiras de 0,05 m de ancho y 0.70 m largo. Las tiras son cortadas en 2 de sus ángulos para que puedan al colocarse circunscribir la circunferencia exterior del tanque y a la vez, llenar la circunferencia exterior resultante de agrandar 0.10 m el tanque (por colocar el aislamiento térmico).

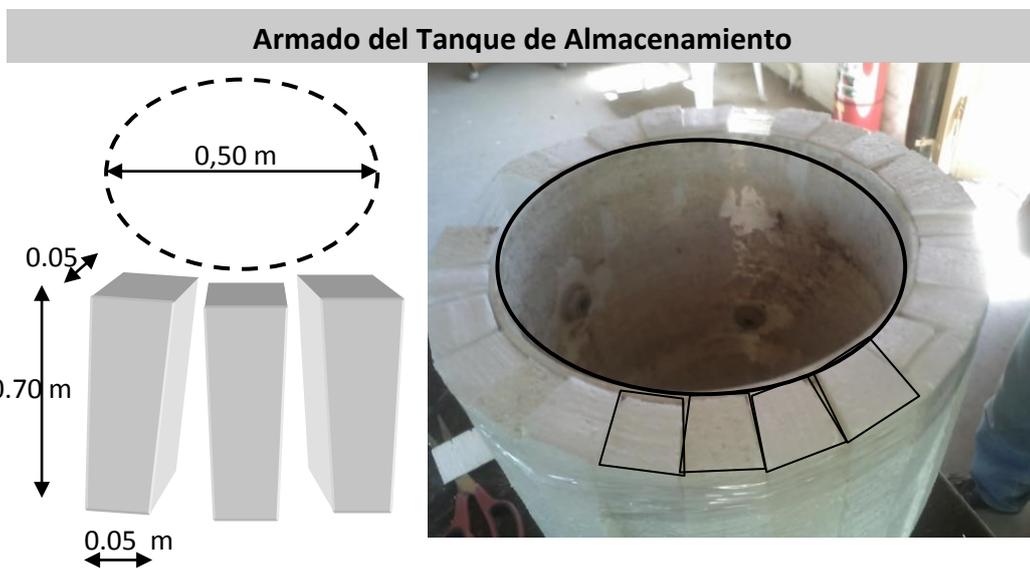


Fig. 63: Armado del Tanque aislado.

- c) Posteriormente, se colocan las tiras rodeando el Tanque, las cuales son pegadas con cola vinílica y presionadas con una cinta adhesiva.
- d) Luego se coloca aislamiento térmico a la tapa del Tanque con el mismo material, cortándolo en forma circular siguiendo el tamaño de la tapa del mismo y permitir que sobre de modo que cubra todo el diámetro correspondiente al tanque más la aislación térmica.
- e) Se debe prever la ubicación del pase en las bocas de conexión donde ingresa el agua caliente y el agua fría.

5.3. ESTUDIO TÉRMICO

5.3.1. Temperaturas resultantes con Tanque aislado

El estudio térmico solar se realizó en el Sistema de Calentamiento Solar con el Tanque Aislado. Se realizaron las mediciones los días 26 a 31 de octubre del 2010. Las temperaturas se han medido en el ingreso al colector y salida del colector con termocuplas Tipo T, conectadas a un Data-logger HOBO. A la vez, se registraron temperatura y humedad relativa del aire, y velocidad y dirección de viento con una estación meteorológica Davis y radiación solar con un polarímetro Kipp y Zonen modelo CM1.

La Figura 64 muestra las mediciones de 6 de los días registrados donde se puede ver su comportamiento general. El análisis de los resultados obtenidos arroja que el colector trabaja térmicamente hasta los 38°C promedio, casi simultáneamente a la temperatura ambiente. El Tanque de almacenamiento mejoró su capacidad de almacenamiento de agua caliente.

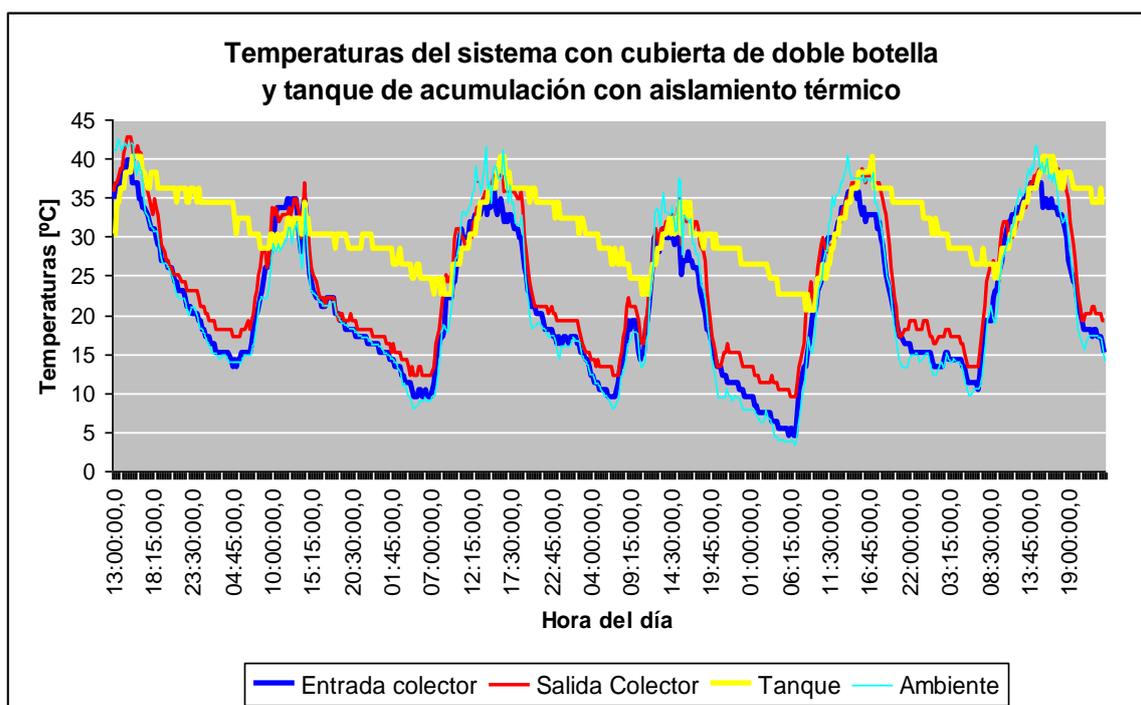


Fig. 64: Temperaturas de entrada, salida del colector, tanque con aislamiento térmico y ambiente para días del mes de octubre del 2010. Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la Figura 65 la temperatura de un día típico para esta conformación con tanque con conservación de energía que la diferencia entre temperatura de agua de entrada y salida del colector es de alrededor de 5°C. El tanque alcanza temperaturas de 40°C y disminuye a alrededor de 25°C cuando comienza nuevamente a calentar el sol (o sea 15 °C en el término de 12 hr, lo que indica 1.6 °C/hr).

Se observa que alrededor de las 8 de la mañana comienza a calentar el agua el sistema. Pero no es suficiente para calentarla más de la temperatura a que está el tanque de acumulación. Recién a las 9:15 aproximadamente comienza a subir la temperatura en el tanque, señal que el sistema ya comienza a calentar más que las pérdidas térmicas. Durante todo el día funciona y a eso de las 18:30 hr cae la temperatura del colector mientras que el tanque se mantiene en la temperatura alcanzada. Esto es señal de que se corta la termocirculación inversa hasta que al otro día comienza nuevamente a calentar.

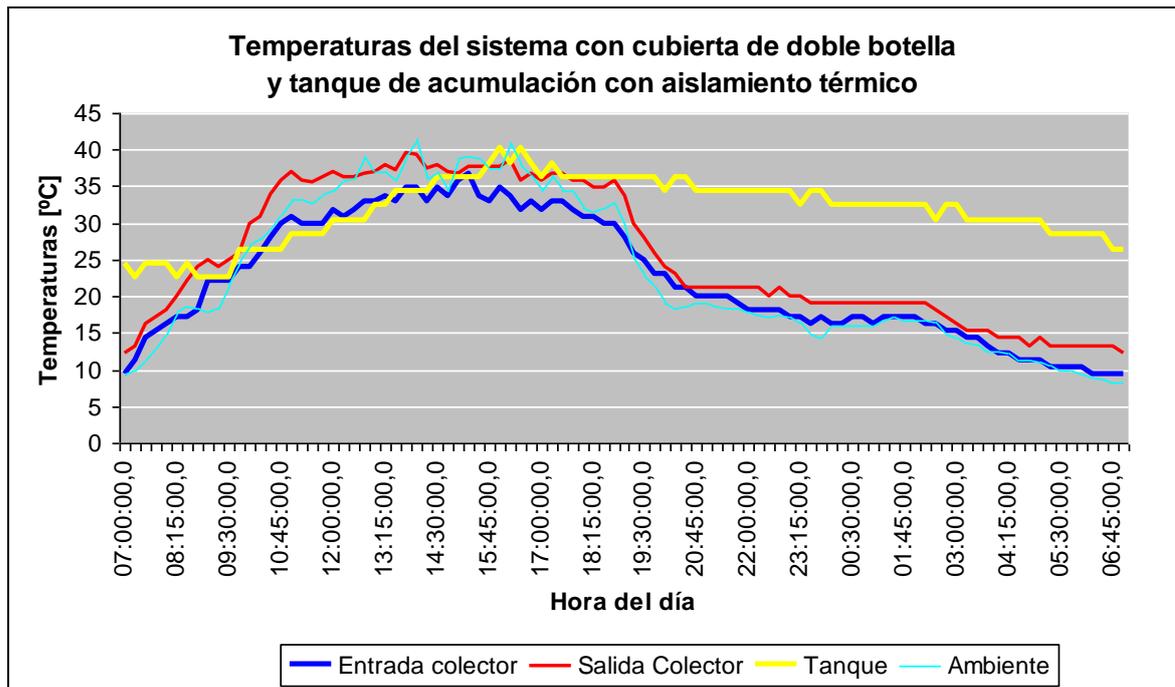


Fig. 65: Temperaturas de entrada, salida del colector, tanque con aislamiento térmico y ambiente para un día típico del mes de octubre del 2010. Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Es interesante contar con la conservación de energía para tener una fuente de agua que aunque no esté caliente a temperatura del baño, permita el lavado sin esfuerzo si es que se utilizara en la cocina o lavatorio o lavado de ropa. Si el ducharse fuera la demanda, entonces se utilizará una fuente auxiliar, pero ayudará a que el sistema total demande menos cantidad de energía.

5.3.2. Estudio Comparativo de Temperaturas 24 hs. Y Temperaturas Diurnas del Tanque Optimizado respecto al original

Se consideraron las diferencias de mediciones del colector con y un Tanque sin aislar (1) y con Tanque aislado (2). Se toma como parámetro las temperaturas del mes de octubre y los datos arrojados de ambos sistemas.

La Figura 66 muestra los valores obtenidos para el caso del tanque sin aislación térmica que se grafica en función de la temperatura ambiente para las horas diurnas (desde las 9 hr hasta las 18 hr). Como se puede observar la temperatura del tanque depende mucho de la temperatura ambiente, se puede observar el coeficiente de determinación de 0.8775.

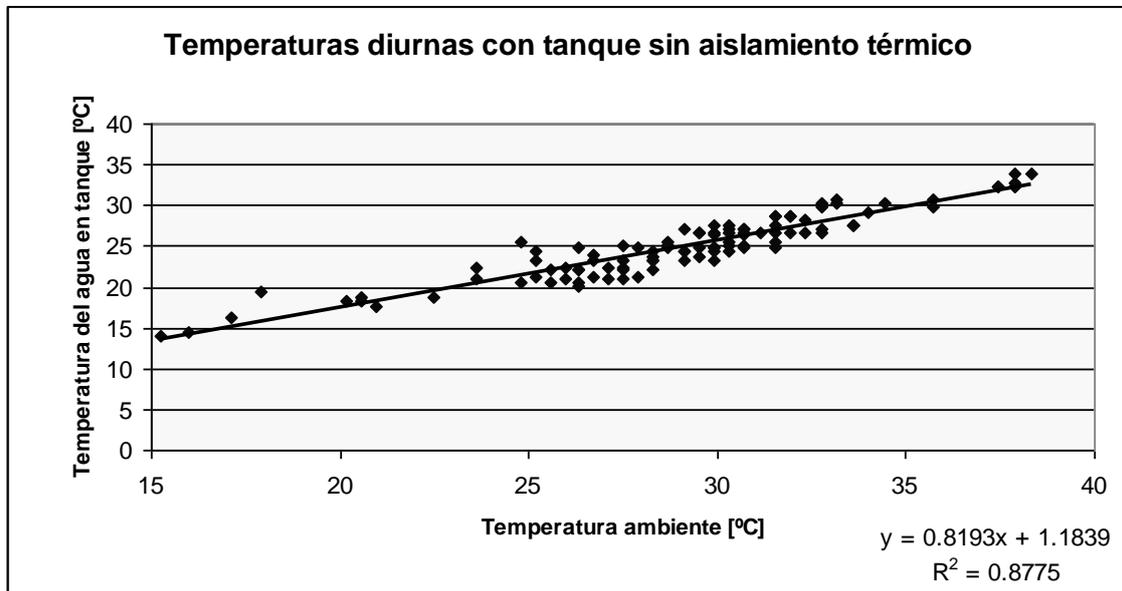


Fig. 66: Temperaturas diurnas del Tanque sin aislamiento térmico del mes de septiembre del 2010. Fuente: Elaboración propia.

El segundo caso es para el tanque con aislación térmica, se presenta en la figura 67 que permite observar que la temperatura del tanque no obedece ya tanto a la temperatura ambiente dada su condición de aislamiento térmico. Sin embargo, tiene una cierta relación que se puede observar con la línea de tendencia.

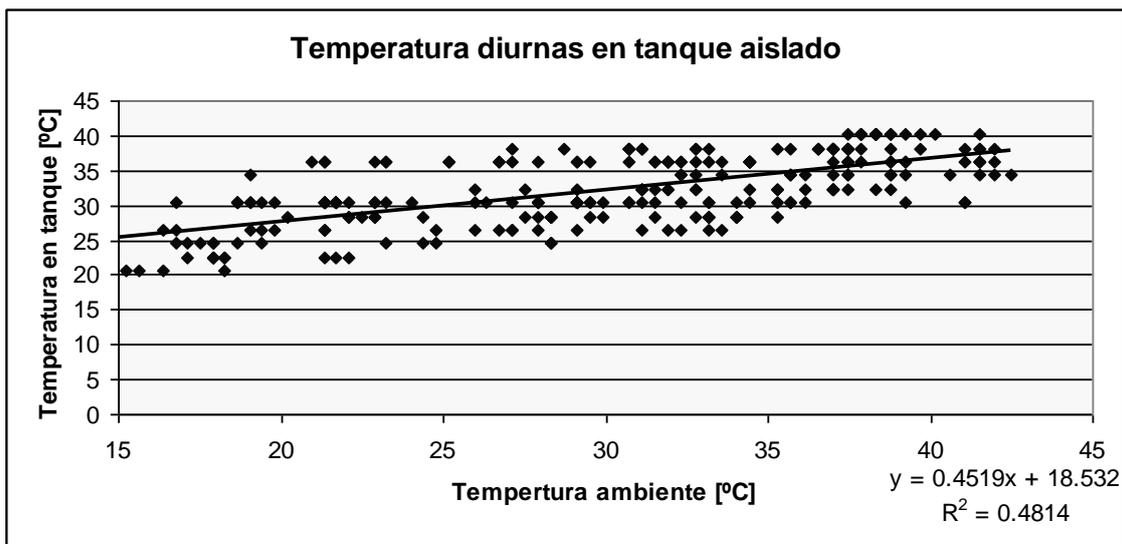


Fig. 67: Temperaturas diurnas del Tanque con aislamiento térmico en el mes de septiembre del 2010. Fuente: Elaboración propia.

Es decir que para el uso diurno del agua caliente y cuando no se requiera guardar agua para el día siguiente, se puede utilizar el tanque sin aislamiento térmico que tiene una performance interesante. Esto lógicamente dependerá de la cantidad de días soleados del lugar donde se vaya a implementar. Sin embargo, es de tener en cuenta que la aislación térmica del mismo constituye un costo importante del costo total del sistema y esto atentará contra su aplicación masiva en aquellos barrios de personas de escasos recursos. En estos casos se podría implementar aislaciones térmicas a partir de cartón corrugado, o papel, plásticos descartados etc. Es de destacar sin embargo, que estos casos serán abordados por futuras investigaciones.

Lo concreto es que si se puede solventar el costo, colocar el aislamiento térmico permite un funcionamiento más independiente del clima y esto es beneficioso en muchos lugares y también contar con agua más entibiada en la mañana siguiente al día soleado, lo cual en algunas culturas puede ser importante de implementar. La Figura 68 muestra que el tanque sin aislamiento térmico, se enfría indefectiblemente siguiendo el camino de la temperatura ambiente, para el periodo de 24 horas.

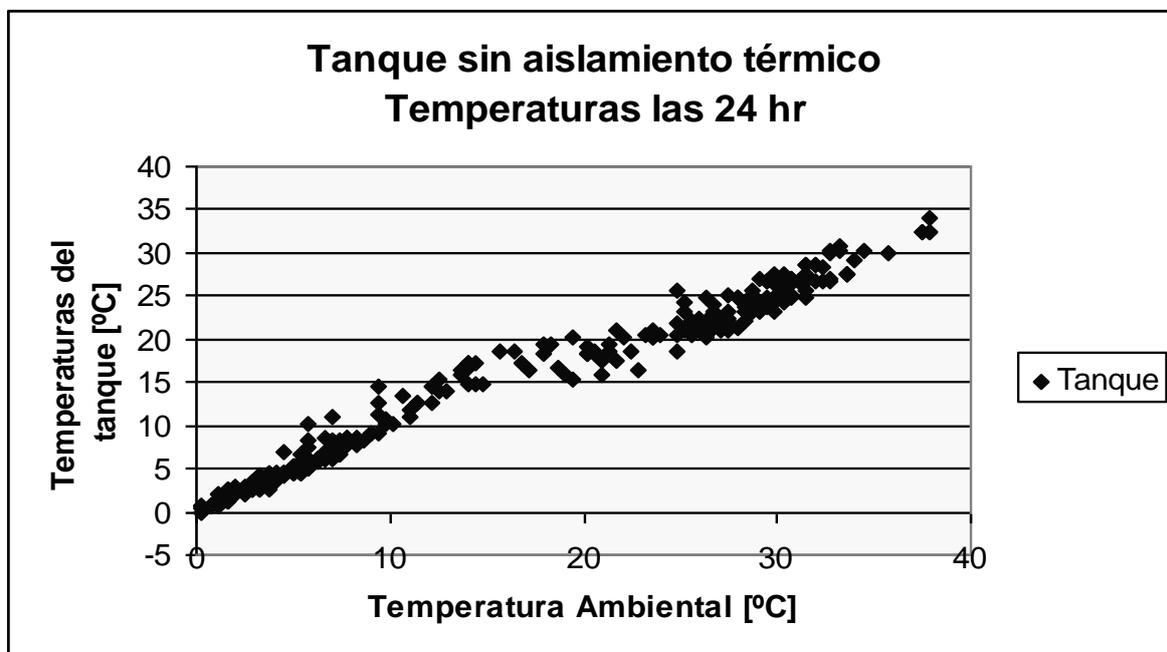


Fig. 68: Temperaturas diurnas del Tanque sin aislamiento térmico las 24 hs. Fuente: Elaboración propia. 2010

Cuando el tanque cuenta con el aislamiento térmico, y la temperatura exterior disminuye hasta los 3°C, el agua dentro del mismo se mantiene y sólo enfría hasta 20C lo que indica que para estas posibles prestaciones de uso en la mañana temprano será importante contar con el aislamiento térmico. Ver Figura 69.

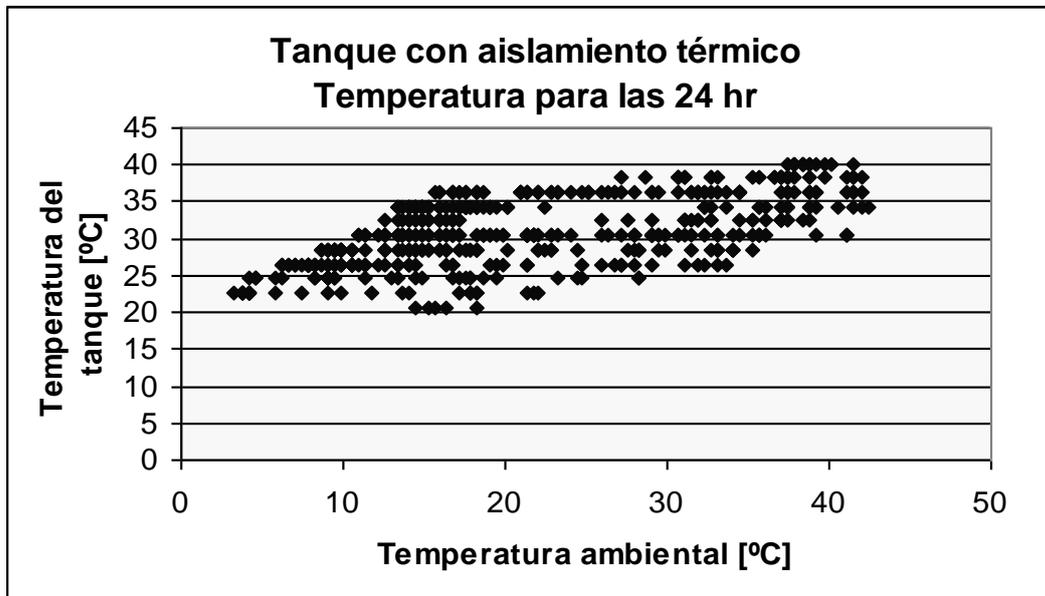


Fig. 69: Temperaturas del Tanque con aislamiento térmico las 24 hs. Fuente: Elaboración propia. 2010

5.4. ESTUDIO DE COSTOS DEL SISTEMA 2 BOTELLAS (con tanque aislado)

El costo del sistema total con Tanque aislado y un papel reflejante de mayor calidad es de \$160,70. (U\$S 40,17 al 25/11/2010) por cada 0,75 m² de superficie colectora.

Descripción Materiales	Costo unit.	Cant.	Precio calentador
Botellas PET	\$0,00	30	\$0,00
Papel reflejante autoadhesivo	\$12.80	3	\$38.40
Planchas de Polietireno Expandido 5cm	\$20.00	1	\$20.00
Caños de Polipropileno ½" TIGRE (6.00 m)	\$18.80	1	\$18.80
Caños de Polipropileno 1" TIGRE (6.00 m)	\$45.20	0,60 m	\$ 4.50
Union Tee Reducción	\$3.60	8	\$28.80
Codo reducción	\$3.20	2	\$6.40
Cuplas	\$ 2	5	\$ 10
Niples	\$ 2	5	\$ 10
Espiga roscada	\$1.15	2	\$2.30
Adapatadores ½"	\$ 7	2	\$ 14
Teflón	\$2.50	3	\$7.50
PRECIO TOTAL X CALENTADOR			\$ 160,70

Tabla n°5: Costos de materiales para armar el Sistema de ACS con tanque aislado y cambio de papel reflejante. Fuente: Elaboración propia. Octubre 2009.

El incremento de costos respecto al Sistema n° 1, se debe al aislamiento del Tanque de almacenamiento y el cambio en el papel reflejante. Se incrementó el costo un 20 % del valor total arrojado en Tabla n° 5.



CAPÍTULO 6

CAPÍTULO 6: ESTUDIO TERMICO UTILIZANDO UN SISTEMA CON CUBIERTA DE UNA SOLA BOTELLA DE PET.

COMPARACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS CON UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA SOLAR CON UNA BOTELLA.

6.1. Diseño de opciones a la tecnología existente	
6.1.1. Composición del Sistema	104
6.1.2. Cubierta Transparente	104
6.2. Estudio Térmico	105
6.2.1. Ensayo Térmico Solar	105
6.2.2. Rendimiento del Sistema	106
6.3. Comparación del Sistema con Cubierta de 2 botellas y Sistema con cubierta de 1 botella de PET	107
6.4. Temperaturas resultantes al producir extracciones de agua caliente	108
6.5. Estudio de costos del sistema 1 botella (con tanque aislado)	109

6.1. DISEÑO DE OPCIONES A LA TECNOLOGÍA EXISTENTE

Un Sistema de Calentamiento fue construido simultáneamente con las mismas características descritas en el punto 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3 ,4.3.4 y 4.3.5 además del mismo procedimiento en el armado de prototipos descritos en el punto 4.4. La diferencia entre ambos calentadores es la cubierta transparente ya que el Sistema nº 1 (fig.32) utiliza doble botella superpuesta en la cubierta que le otorga una cámara de aire y permite menores pérdidas térmicas, mientras que el colector nº 2 (fig.72) utiliza 1 sola botella de PET, lo que le confiere una mejor respuesta óptica frente a la radiación solar aunque posee mayores pérdidas térmicas.

Este análisis comparativo tiene como objeto el estudio de rendimiento de cada colector tratando de determinar la prestación de cada uno frente a diferentes climas. Se sabe que un colector con menores pérdidas térmicas sería mejor de utilizar en climas fríos y de menor radiación solar, mientras que uno con mejores condiciones de transparencia aunque mayores pérdidas térmicas se justifican en climas más soleados y cálidos.

A continuación se arrojan los datos técnicos del Sistema de Calentamiento de Agua Sanitaria Solar nº 2.

Anexo Detalles Técnicos Hoja Apaisada

6.1.1. Composición del Sistema

El sistema nº2 fue construido, utilizando materiales similares y realizando un procedimiento semejante al ya descrito en el capítulo 4.

El sistema está compuesto por dos (2) partes: sistema de conducción de agua y su cubierta transparente. Ambas partes se integran con un tanque de almacenamiento aislado. Las medidas utilizadas son iguales para ambos sistemas (para tener el mismo parámetro de comparación) al igual que la cantidad de piezas de conexión, tubos ramales y colectores. A continuación se publican los detalles técnicos de este sistema.

6.1.2. Cubierta Transparente

La cubierta transparente en este caso, se realiza con una cobertura simple de una sola botella de PET. Esto agiliza su armado y permite utilizar menor cantidad de botellas, que para una superficie de 0.75 m² se requieren 30 botellas menos. El papel reflejante se coloca internamente sobre la única botella de PET, utilizando papel reflejante autoadhesivo, tal como se indicó en el capítulo 5. Este sistema tiene un peso de 3,8 kg.

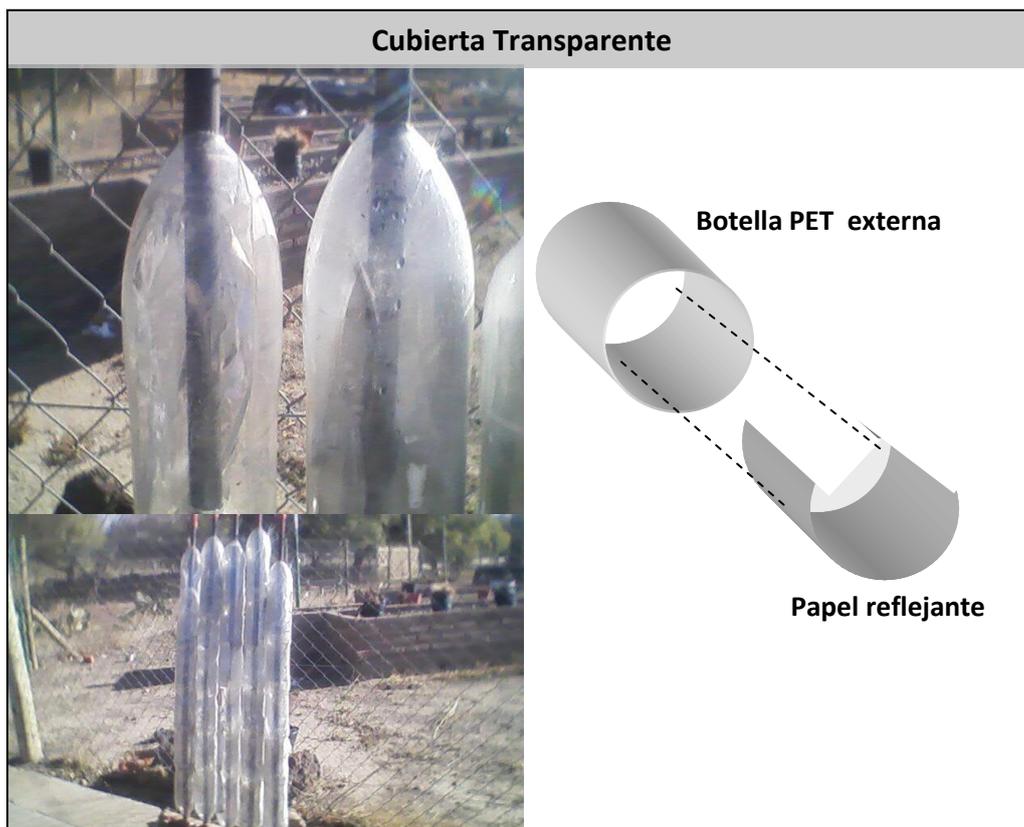


Fig. 73: Cubierta transparente con 1 botella de PET. Ejemplo de colocación del papel reflejante en el interior de la botella. Fuente: Elaboración propia.

6.2. ESTUDIO TÉRMICO

6.2.1. Ensayo Térmico Solar

Para el estudio térmico del sistema con 1 botella se tomaron 2 situaciones diferentes. La primera situación de medición se realizó con el sistema sin extracción de agua (a), mientras que en la segunda situación, se realizaron 2 extracciones diarias (b).

En ambos casos las temperaturas fueron medidas con Termocuplas Tipo T conectadas a un Data-logger HOBO para la entrada y salida de agua del colector. Las temperaturas del Tanque de almacenamiento con aislamiento térmico también fueron medidas.

La primera situación presentada refiere a 5 días de medición en el mes de julio para observar el comportamiento de modo general (fig. 74). Se puede observar que las mediciones muestran temperaturas de agua caliente moderadas de entre 33°C y 40°C de egreso del agua.

Se observa que las temperaturas invernales que ocurren durante la noche (por debajo de 5°C) enfrían el sistema al no tener ni el tanque aislado ni la doble botella que defendería al colector del enfriamiento prematuro. Durante el día el colector funciona produciendo agua a una temperatura moderada

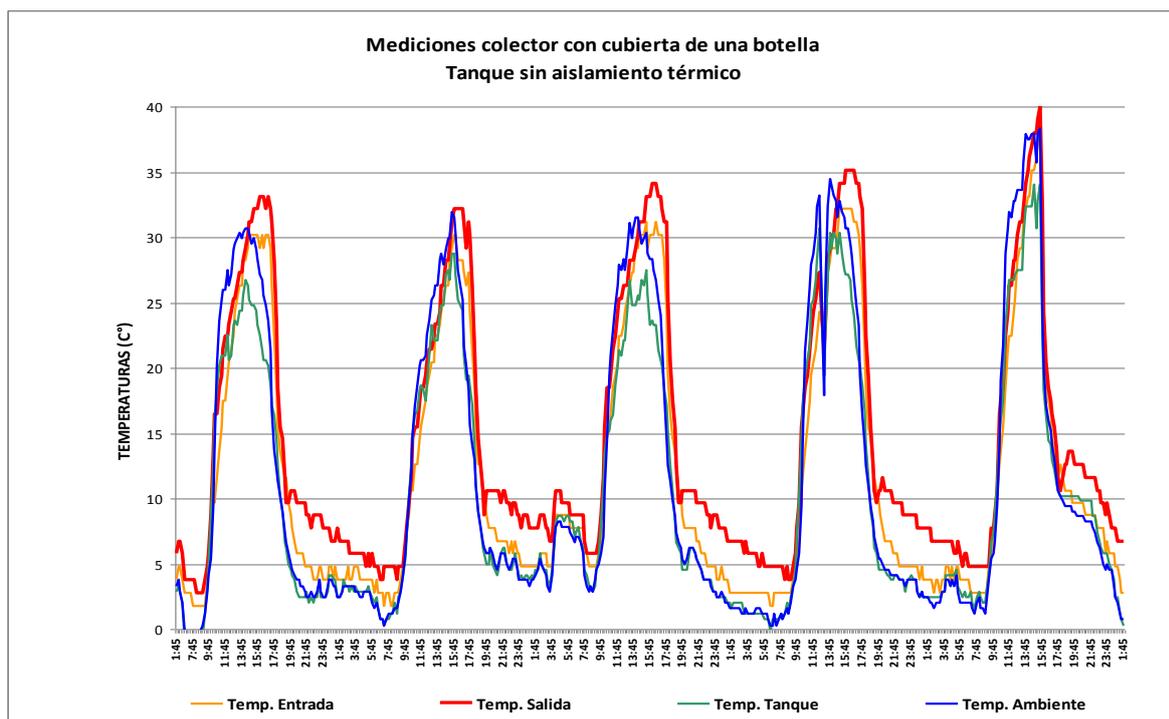


Fig. 74: Temperaturas de entrada y salida del colector, temperaturas del tanque y del ambiente: calefón solar sin realizar extracciones. Julio del 2010. Fuente: Elaboración propia.

Si observamos el caso de un día de mediciones, se puede apreciar bien, el momento de ganancia de calor solar y cómo varían las temperaturas durante la noche también. La Figura 75 muestra el caso de 1 día típico. Como se puede observar, la temperatura del colector pasa de 5C que sería la temperatura del agua fría ingresante hasta 33C, mientras que el tanque acumulador alcanza 25C. Se puede observar que para un día de pleno invierno, con inclusive

una pequeña helada que genera temperaturas bajo cero en la madrugada, el sistema reacciona calentando el agua del tanque que permanece sin aislamiento térmico y llevándolo hasta unos 25C en horas cercanas al mediodía y se mantiene por encima de 20C desde las 10:00 hr hasta las 17:00 hr. Esto habla de la potencialidad del sistema más simple de todos, es decir, tomando en cuenta el colector con una sola botella y sin aislamiento térmico en el tanque.

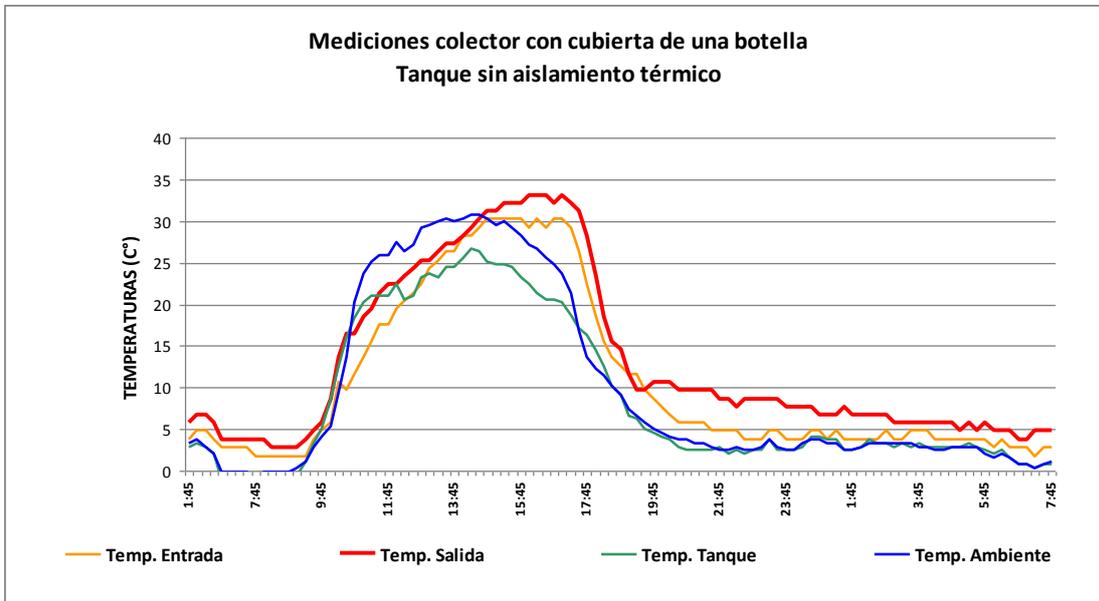


Fig. 75: Temperaturas de entrada y salida del colector, temperaturas del tanque y Radiación Solar: calefón solar sin realizar extracciones. 7 de Julio del 2010. Fuente: Elaboración propia.

6.2.2. Rendimiento del Sistema

Se ha calculado el rendimiento del sistema tomando en cuenta las expresiones indicadas en el capítulo 4, para el cálculo del calor útil Q_u , el cálculo del flujo másico, y finalmente el cálculo del rendimiento del sistema y se ha graficado en función del parámetro $T_{fi}-T_a/G_t$ que tiene en cuenta la temperatura del fluido al ingreso del colector, la temperatura ambiente y la radiación solar incidente. La Figura 76 muestra la curva de rendimiento para el sistema de calefón solar de cubierta con una sola botella.

Las figuras características para este nuevo colector resultan los siguientes:

$$F_R (\tau\alpha) = 0.7694$$

$$F_R U_L = 9.2374$$

Se puede apreciar que las pérdidas aumentan indicadas por un $F_R U_L$ mayor, mientras que las ganancias solares se incrementan, respecto del colector con doble botella.

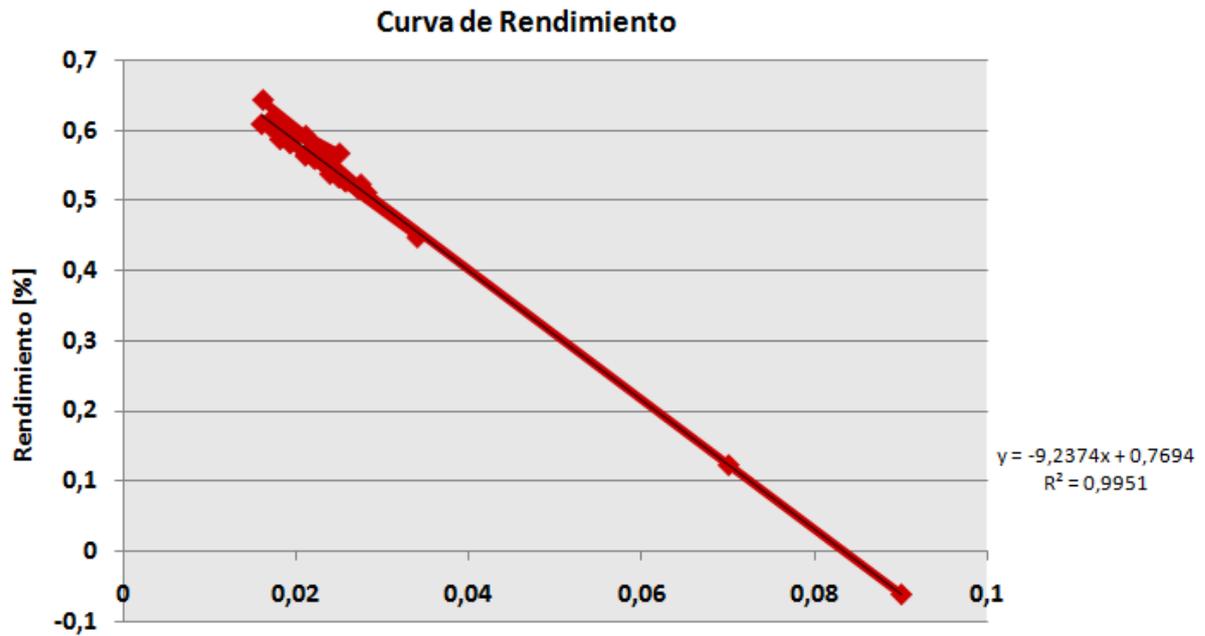


Fig. 76: Curva de Rendimiento. Fuente: Elaboración propia.

6.3. COMPARACIÓN DEL SISTEMA CON CUBIERTA DE 2 BOTELLAS Y SISTEMA CON CUBIERTA DE 1 BOTELLA DE PET

Resulta interesante observar comparativamente las dos curvas, una con sistema de doble botella en la cubierta y papel reflejante arrugado y la otra con una sola botella y papel reflejante autoadhesivo. La Figura 77 presenta las dos curvas para cada uno de los sistemas ensayados y se las ha extendido hasta cortar al eje de abscisas de modo de conocer la diferencia real entre ambas. Las figuras características, es decir, $F_R (\tau\alpha)$ es la indicación de cómo la energía solar es absorbida por el mismo y el $F_R U_L$ es la figura de cómo se pierde la energía. Estos dos parámetros indican en forma simple, cómo el colector se desempeña en un clima determinado. La siguiente tabla resume los resultados encontrados:

Sistema	$F_R (\tau\alpha)$	$F_R U_L$
2 botellas	0.6199	7.0336
1 botella	0.7694	9.2374

Como se puede apreciar, el sistema con dos botellas, tiene una ganancia óptica (valor de $F_R (\tau\alpha)$) menor, dado la segunda botella intercepta parte de la energía solar que tiene una ordenada al origen menor para las dos botellas. Sin embargo, en el caso de las pérdidas térmicas dado por la figura de $F_R U_L$ mantiene un valor menor por lo tanto serán menores las pérdidas térmicas del sistema. Esta situación se pone de manifiesto hacia las condiciones climáticas más adversas, sin embargo, el efecto de colocar dos botellas, no aporta demasiado,

sólo a partir de $(T_{fi}-T_a/Gt) = 0.07$ se observa una ventaja, no antes. Por lo tanto, este análisis es indicativo de que para cuando las condiciones climáticas sean cercanas o peores que estas, se podría utilizar la doble botella.

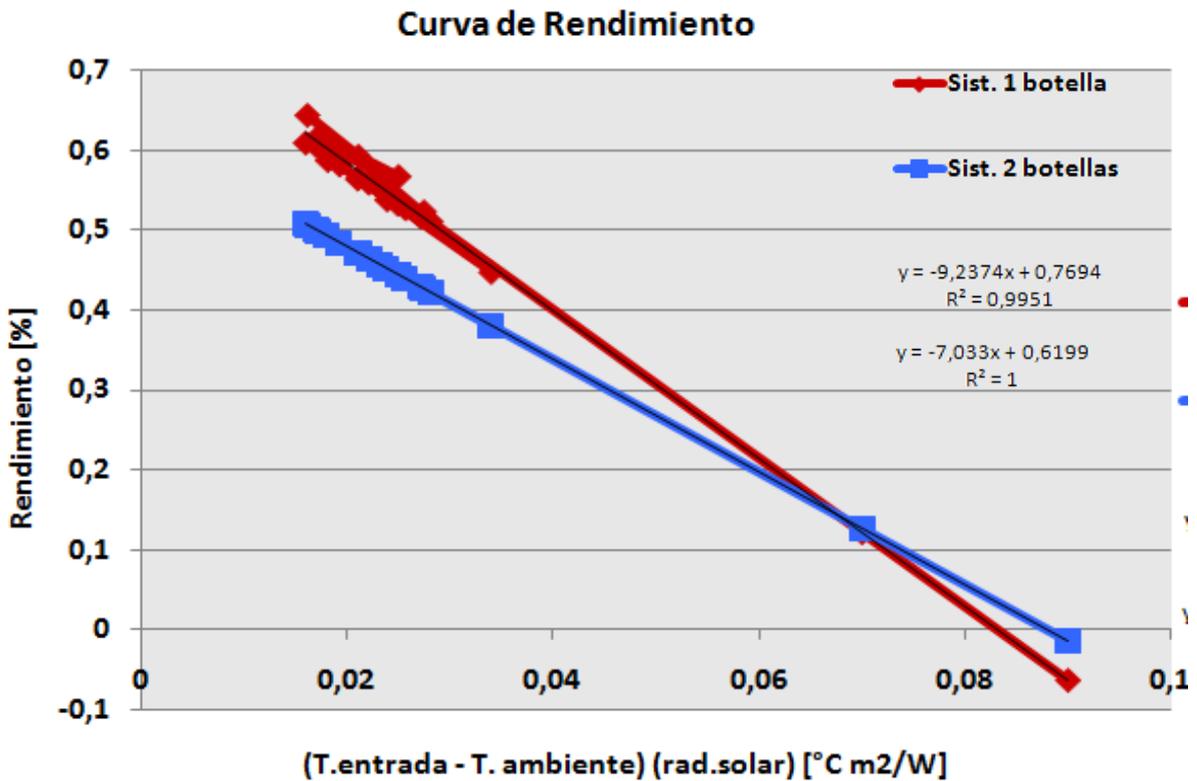


Fig. 77: Curva de Rendimiento "comparación ambos sistemas".

6.4. TEMPERATURAS RESULTANTES AL PRODUCIR EXTRACCIONES DE AGUA CALIENTE

Se ha estudiado la posibilidad de realizar extracciones y cómo estas afectan al camino térmico que tiene el tanque principalmente. En la figura 78 se puede observar cómo al extraer una cantidad igual al 25% del agua del tanque y colocar agua fría la temperatura del mismo no sufre cambios significativos. La figura 75 muestra esta situación y la temperatura del tanque si bien acusa una caída del orden de los 4-5°C, con cada extracción, se recupera en 1 o 2 horas siguientes, lo que habla de que el sistema se encuentra bien equilibrado respecto de los volúmenes utilizados. El día seleccionado fue el 13 de julio de 2010

Temperatura Calefón Solar 1 botella con Extracciones

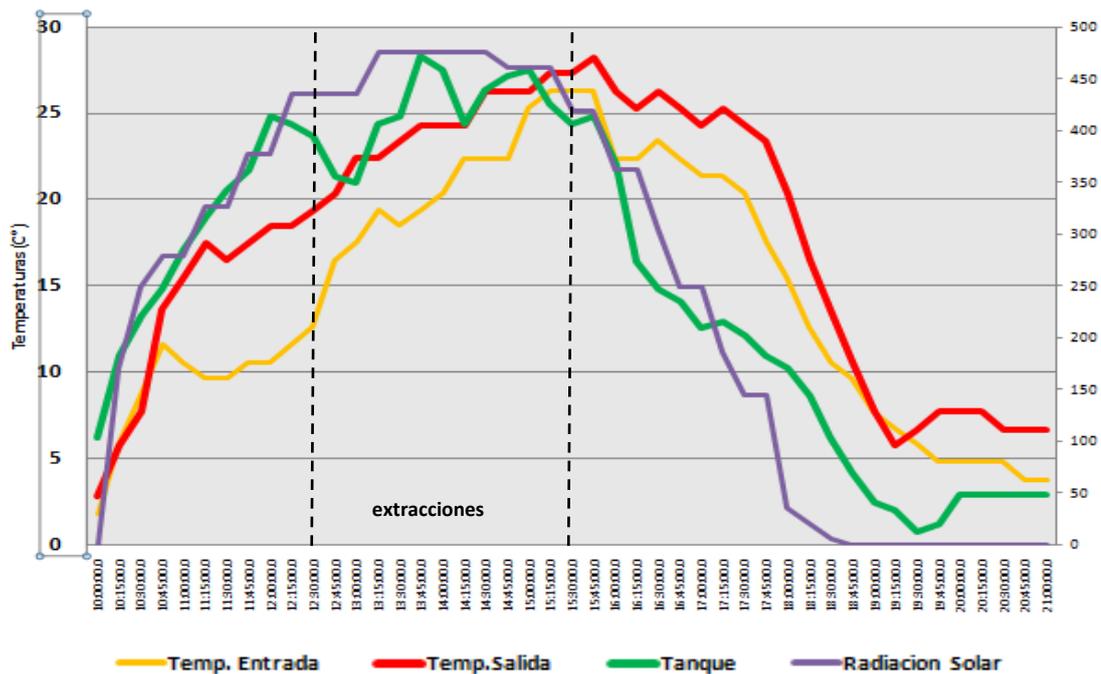
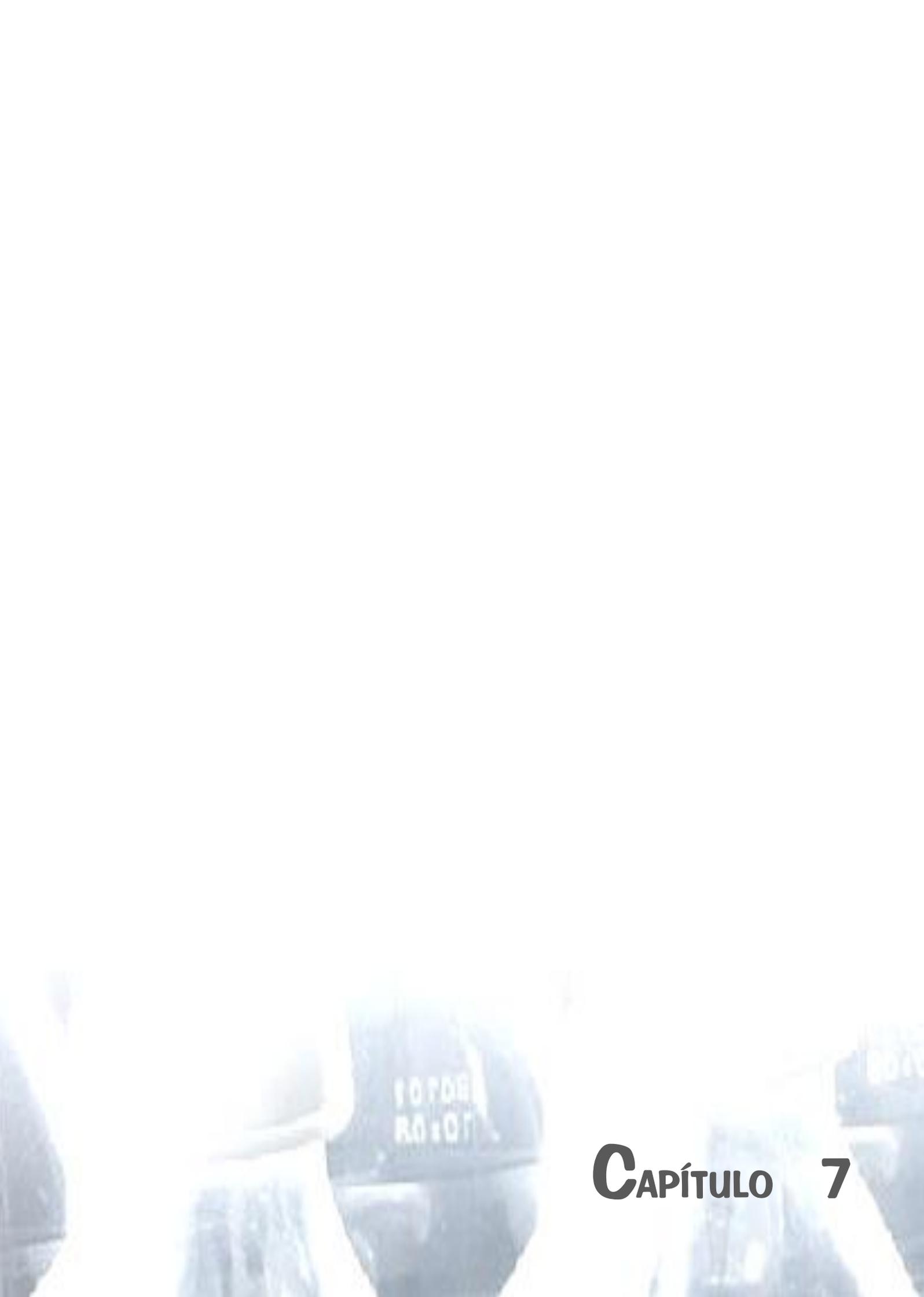


Fig. 78: Temperaturas de entrada y salida del colector, temperaturas del tanque y Radiación Solar: calefón solar con realizar extracciones. 13 de Julio del 2010. Fuente: Elaboración propia.

6.5. ESTUDIO DE COSTOS DEL SISTEMA 1 BOTELLA (tanque aislado)

El costo del sistema total de 1 botella de PET con Tanque sin aislamiento y un papel reflejante de mayor calidad es similar al de 2 botellas. Los costos no difieren porque la diferencia entre ambos sistemas es la cantidad de Botellas PET, que implican un costo adicional, ya que provienen de la recolección de los RSU. Por lo tanto el costo de este sistema es de \$ 127, 20 (€25,40 al 25/11/2010) por cada 0,75 m² de superficie colectora.



CAPÍTULO 7

CAPÍTULO 7: INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA

7.1. Configuración para su integración	113
7.1.1. Ubicación del colector.....	113
7.1.2. Formato de adaptación.....	116
7.2. Integración Arquitectónica en elementos verticales	117
7.3. Integración Arquitectónica en cubiertas.....	119
7.4. Sistemas de Anclaje	121

7.1. CONFIGURACIÓN PARA SU INTEGRACIÓN

La integración arquitectónica es indispensable en el momento de desarrollar una tecnología que se aplica a la vivienda. Por lo que debe presentar heterogéneas posibilidades de adaptación, ya que los usuarios y viviendas donde se van a colocar son diversos y disímiles entre sí.

7.1.1. Ubicación del Colector

Por razones evidentes de funcionamiento, el colector debe estar en el exterior de la vivienda para la captación de la energía solar. Se recomienda la integración al cuerpo exterior de la vivienda, y circundando el tanque de almacenamiento. De esta forma se ahorran los costos, ya que se disminuye la cantidad de cañerías y se reduce la pérdida de calor provocada por extensos recorridos del agua. Se puede colocar en un lugar apartado, en caso de ser necesario. Hay que considerar la integración respecto a la imagen visual de la vivienda integral.

Los colectores se pueden integrar a casas construidas con una materialidad diversa. No se han presentado dificultades, ni reacciones en las pruebas del colector.

Al estudiar la ubicación en el exterior de la vivienda hay que considerar:

Orientación: La orientación Norte es la óptima en el hemisferio Sur ya que en cualquier latitud y en toda época del año asegura el máximo de horas de asoleamiento. Si esta orientación no es posible, tratar de no desviarse en ella más de 20°, teniendo en cuenta que el rendimiento del colector será menor cuanto más se aleje de la orientación norte.

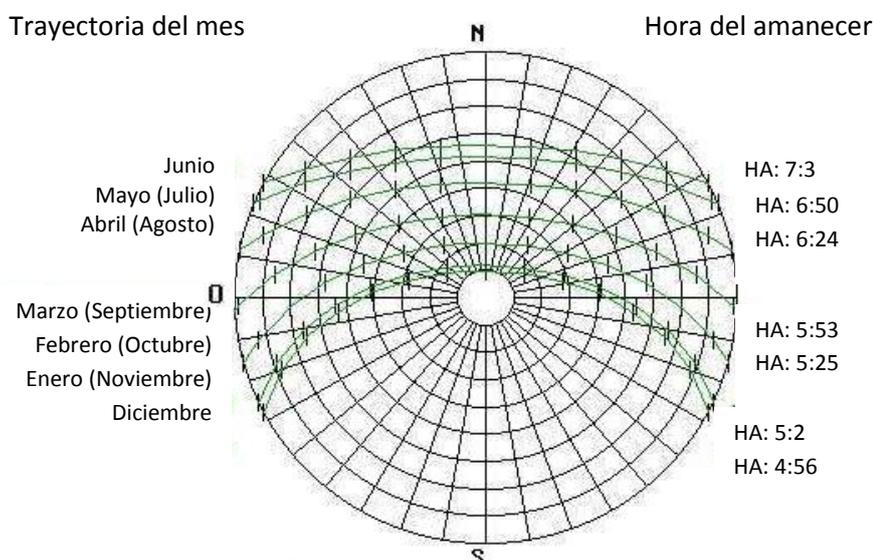


Fig. 79: Carta Solar de la Ciudad de Mendoza

En la figura 80 se indica la distribución de la radiación solar recibida en un día de verano y en un día de invierno en las distintas superficies verticales: Norte, Este/Oeste y Sur y en la superficie horizontal de la ciudad de Mendoza. A modo de entender la mejor orientación según la época del año donde se requiera mayor asoleamiento.

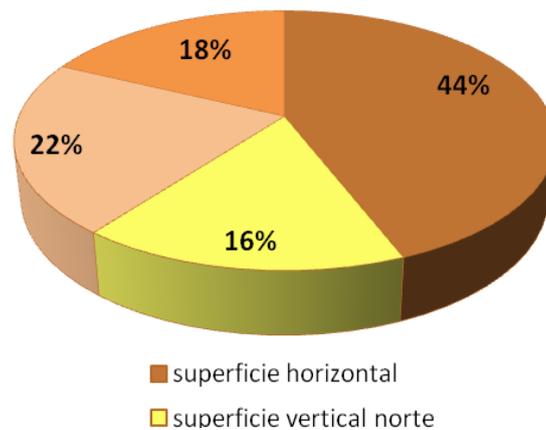
Se puede observar que en la época estival la superficie con mayor radiación solar recibida es la superficie horizontal (25.7 MJ/m² por día, equivalente al 44% del total de radiación incidente). Mientras que las superficies verticales no presentan diferencias sustanciales, que definan una orientación sobre la otra. Los valores recibidos son equivalentes en el orden de los 10 MJ/m² en promedio.

En el caso de la estación invernal, los valores obtenidos de radiación solar recibida en las superficies verticales orientadas hacia el Ecuador (Norte), son superiores al 50% (15,9 MJ/m²día), por lo que afirma la elección de esta orientación como óptima para la colocación del calentador solar en la ciudad de Mendoza.

Respecto a las otras superficies verticales podemos observar que no llegan al 20 % de radiación solar recibida, siendo no aptas para la colocación del calentador solar.

La superficie Horizontal recibe 9.1 MJ/m² por día, representando un 30% de radiación incidente. La colocación del sistema en cubiertas, jardines, etc, es una posibilidad apta para un correcto funcionamiento del sistema.

Radiación Incidente Día de verano | enero |



Radiación Incidente Día de invierno | julio |

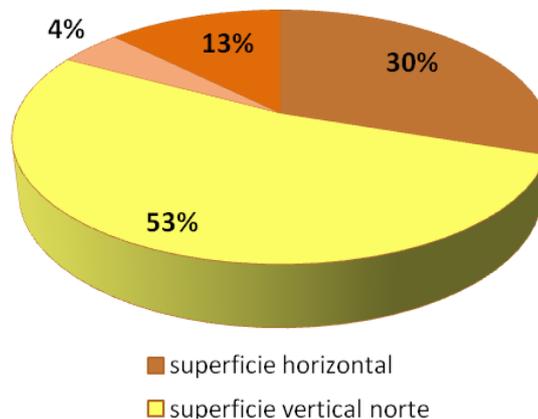


Fig. 80: Radiación incidente diaria en verano (enero) e invierno (julio) para las distintas superficies verticales y para la superficie horizontal para Mendoza (32° S latitud)

En la estación estival, el sol se encuentra en una posición casi perpendicular a la tierra en el mediodía solar, con un ángulo de 80° respecto a la tierra. En consecuencia, esto evidencia el porcentaje de radiación incidente sobre las superficies horizontales (cubiertas).

En invierno el sol tiene un ángulo de 34° respecto a la tierra, brindando un mayor asoleamiento a las superficies verticales con orientación norte.

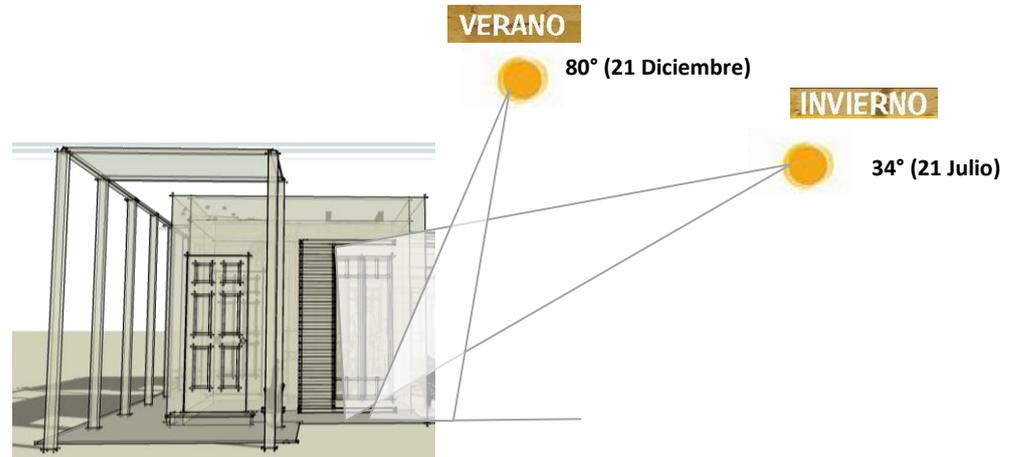


Fig.81: Altitud solar en verano y en invierno en la Ciudad de Mendoza

En conclusión, la orientación óptima para la colocación del calefón solar es la superficie vertical Norte para el transcurso de todas las estaciones. Se recomienda colocar el colector solar con una inclinación de 60° aproximadamente para una mejor captación de la radiación incidente.²⁶

En los puntos 7.2 y 7.3 se sugieren modificaciones posibles válidas para la integración del captador en la vivienda tanto en superficie vertical Norte como la superficie horizontal.

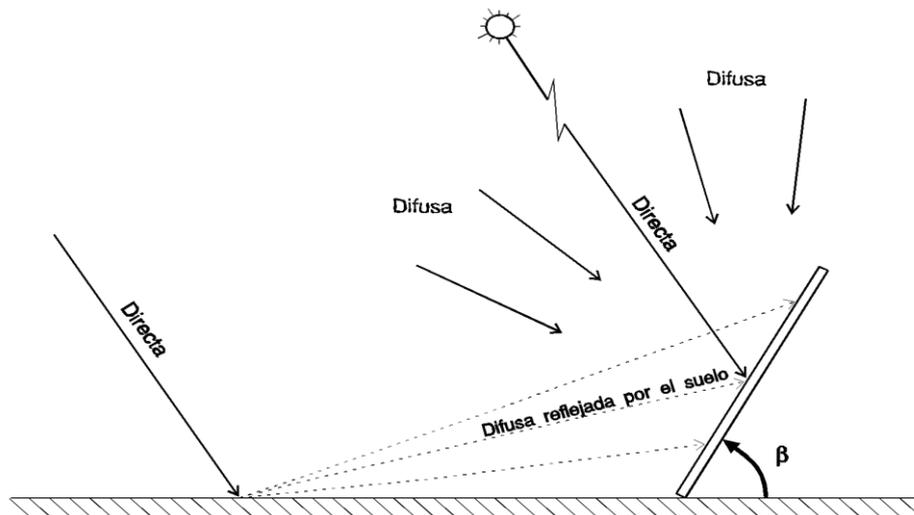


Fig.82: Componentes de la radiación global incidente sobre una superficie inclinada. Fuente: Ruiz Hernandez.2008

²⁶ Valeriano Ruiz Hernández "Radiación Solar"(Texto Simplificado) Universidad de Sevilla. Instituto Andaluz de Energías Renovables. 2008

Sombras: Evitar colocar el sistema donde existan sombras arrojadas de árboles y/o construcciones aledañas. Este factor es relevante en la época invernal, como se indica en la figura 82. Las sombras arrojadas en invierno, por la inclinación del sol, son mayores que en verano donde el sol esta perpendicular a la superficie horizontal.

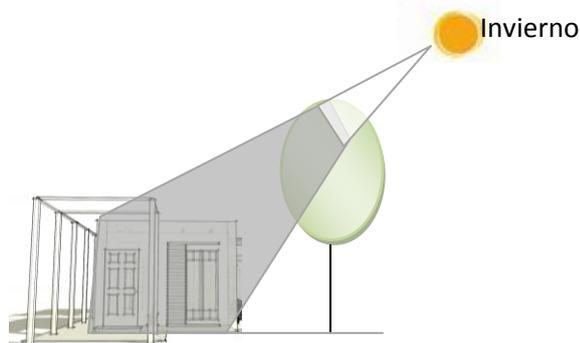


Fig. 83: Proyección de sombra sobre vivienda en invierno

Peso: Este ítem se incluye, ya que la acción del sistema sobre la estructura de la vivienda puede ser muy significativa cuando se colocan sobre el techo. El sistema propuesto es muy liviano (sistema de 2 botellas: 4,7 kg y sistema de 1 botella 3,8kg).

7.1.2. Formato de Adaptación

El sistema tiene un formato vertical para ahorrar cañerías, el cual permite una adaptación más factible. Se puede realizar un formato horizontal, el rendimiento no se altera, sólo aumentan los costos por aumentarse la cantidad de accesorios para la superficie colectora es la misma.

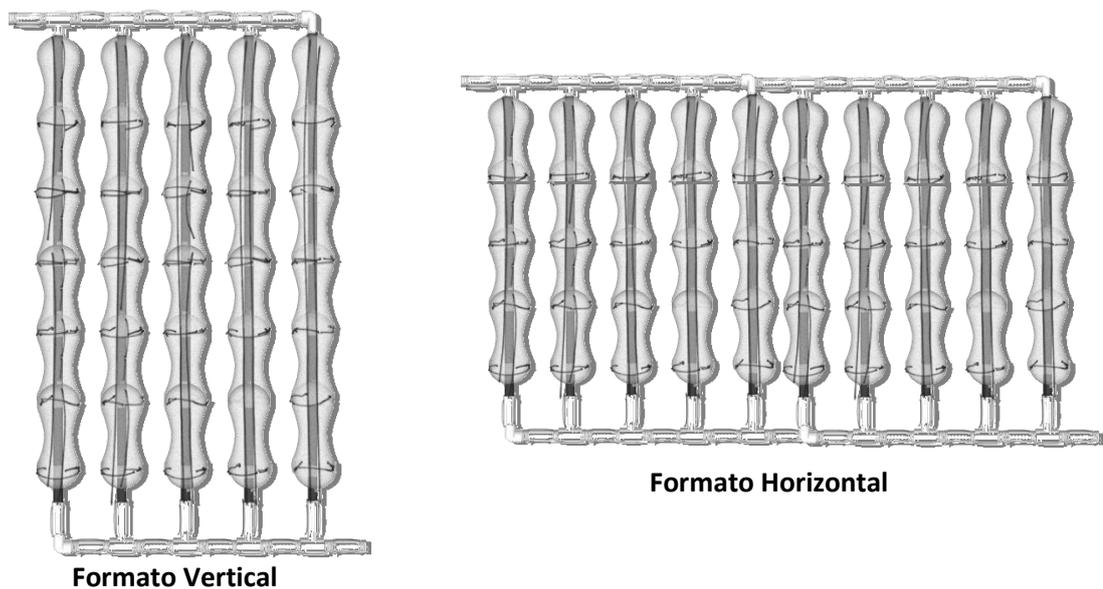


Fig. 84: Formato de adaptación Sistema de calentamiento de Agua Sanitaria Solar-

Para elegir el formato de adaptación, hay que tener en cuenta la tipología de los elementos donde se va a integrar el sistema.

A continuación se elaboraron algunas propuestas de integración del colector en la vivienda.

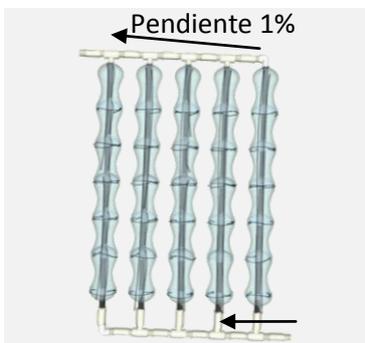
7.2. INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA EN ELEMENTOS VERTICALES

El colector se puede aplicar en una pared frontal de la vivienda con orientación Norte, ya que el prototipo de experimentación fue medido en esta posición arrojando valores favorables.

En la figura 84, se puede observar el colector instalado en una pared frontal. Existen diversas formas de colocarlo: sujetarlo a la pared de forma suspendida a partir de elementos indicados en el punto 7.4. El colector es liviano por lo que este tipo de sujeción es idónea.

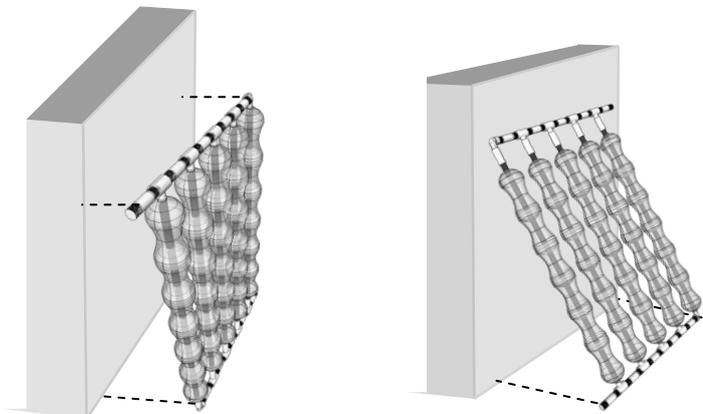
Se debe observar primero a qué altura es conveniente colocarlo, ya que los aleros y sobretechos no deben arrojarle sombra. También se puede colocar el colector con una base que lo sostenga si es necesario.

Inclinación Propia



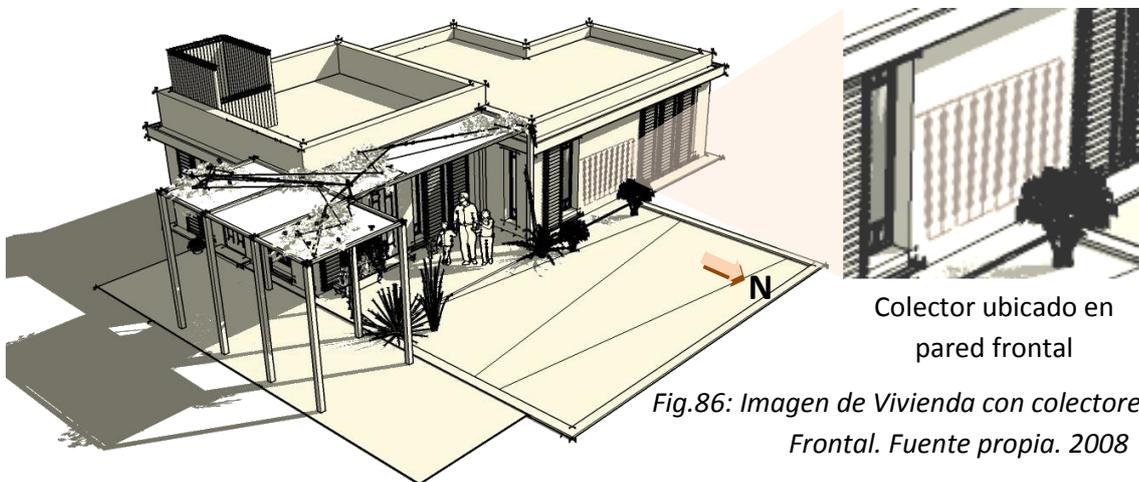
Inclinación de 1% para facilitar la salida de burbujas de aire que podrían haber quedado en el interior, obstruyendo la termocirculación del sistema

Paralelo al Paño Ciego Inclinado al Paño Ciego



El colector integrado en elementos verticales puede instalarse de forma paralela al muro, o puede colocarse con una inclinación respecto a este. Se recomienda utilizar una inclinación de 60° aproximadamente para una mejor captación de la radiación incidente en invierno.

Fig.85: Integración arquitectónica en elementos verticales.



Colector ubicado en pared frontal

Fig.86: Imagen de Vivienda con colectores en pared Frontal. Fuente propia. 2008



Fig.87: Imagen de Vivienda con colectores en pared Frontal. Fuente propia. 2008

En Mendoza, por la amplitud térmica se utilizan las galerías como espacios de transición que atemperan las diferencias entre los recintos interiores y los exteriores. Una de las propuestas es colocar el Calentador como cortina en una galería. El sistema permite la entrega de luz, ya que las botellas son de PET cristal, la circulación de ventilación ya que no es un sistema compacto y las vistas hacia el exterior.

Cortina en Galería exterior

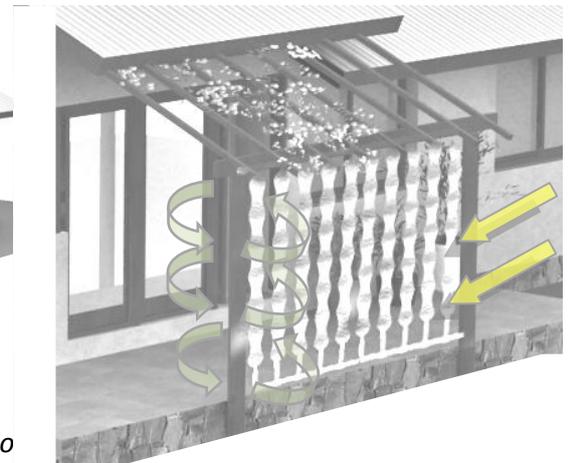
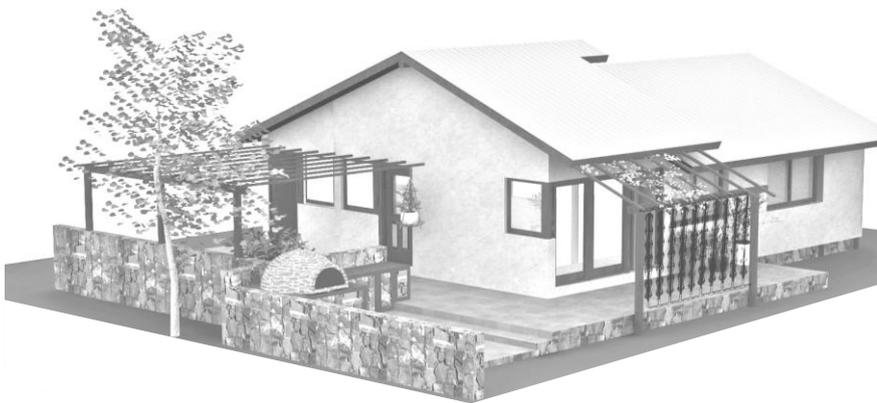
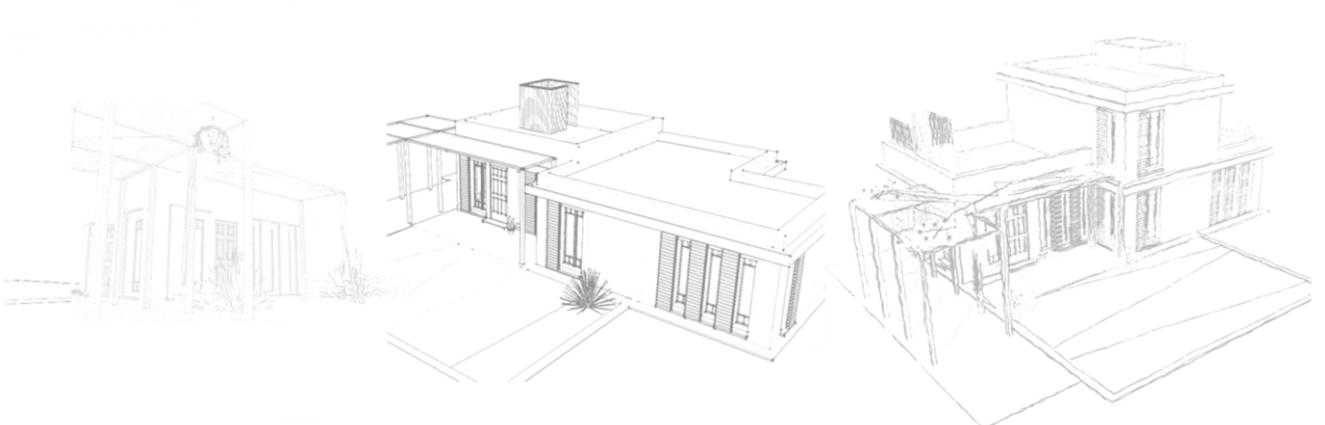


Fig.88: Imagen de Vivienda con sistema formato vertical colocado en Galería. Fuente: Casa de Quincha. Matias Esteves 2010



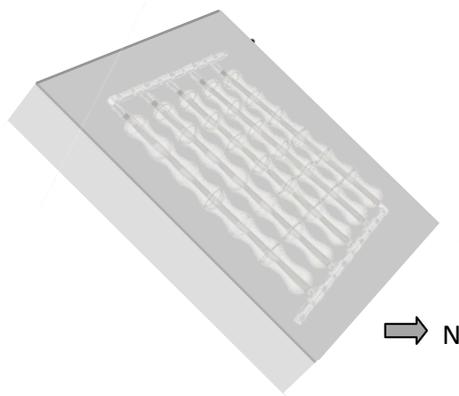
7.3. INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA EN CUBIERTAS

La integración en las cubiertas, varía según la morfología de éstas. En el caso de una cubierta inclinada, se recomienda su unión utilizando ésta inclinación siempre que tenga orientación hacia el Ecuador. En caso de poseer recursos necesarios para el sistema de fijación, se recomienda establecer el ángulo óptimo de captación de radiación solar de la localización.

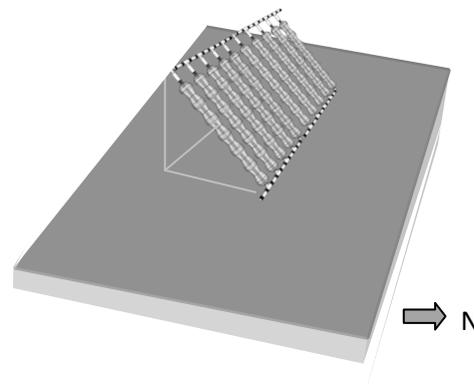
Sobre coberturas inclinadas, el colector debe apoyarse, sujetándolo a la estructura de la cubierta, previendo la posibilidad de evacuación de agua en caso de lluvia.

Para aumentar el rendimiento, y si las dimensiones lo permiten, se puede cubrir la totalidad de la superficie inclinada con colectores.

Cubierta Inclinada



Cubierta Plana



El colector integrado en elementos Horizontales puede instalarse de forma paralela a la cubierta inclinada o en el caso de una cubierta plana se puede colocar con una inclinación respecto a esta. Se recomienda utilizar una inclinación de 60° aproximadamente para una mejor captación de la radiación incidente. Los sistemas de sujeción a elegir son variados, se describen en el punto 7.4.

Fig.89: Integración arquitectónica en elementos horizontales inclinados y planos

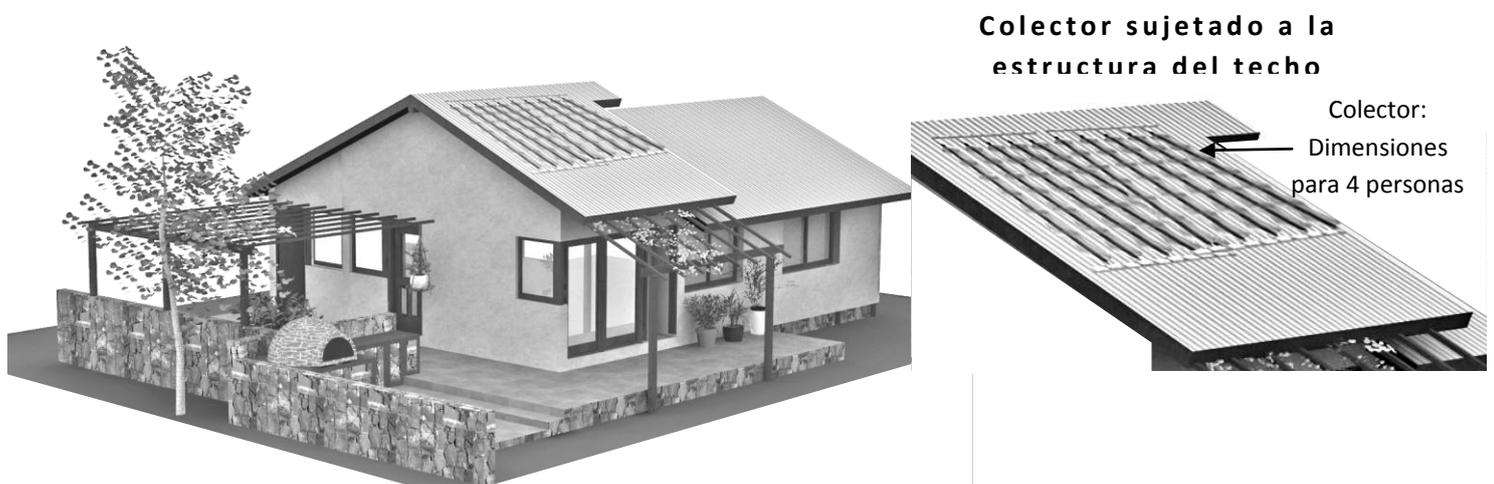


Fig.90: Imagen de Vivienda con colectores en Cubierta. Fuente: Casa de Quincha. Matias Esteves 2010.-

En la siguiente figura se pueden observar diversas formas de integrar el colector en una cubierta plana.

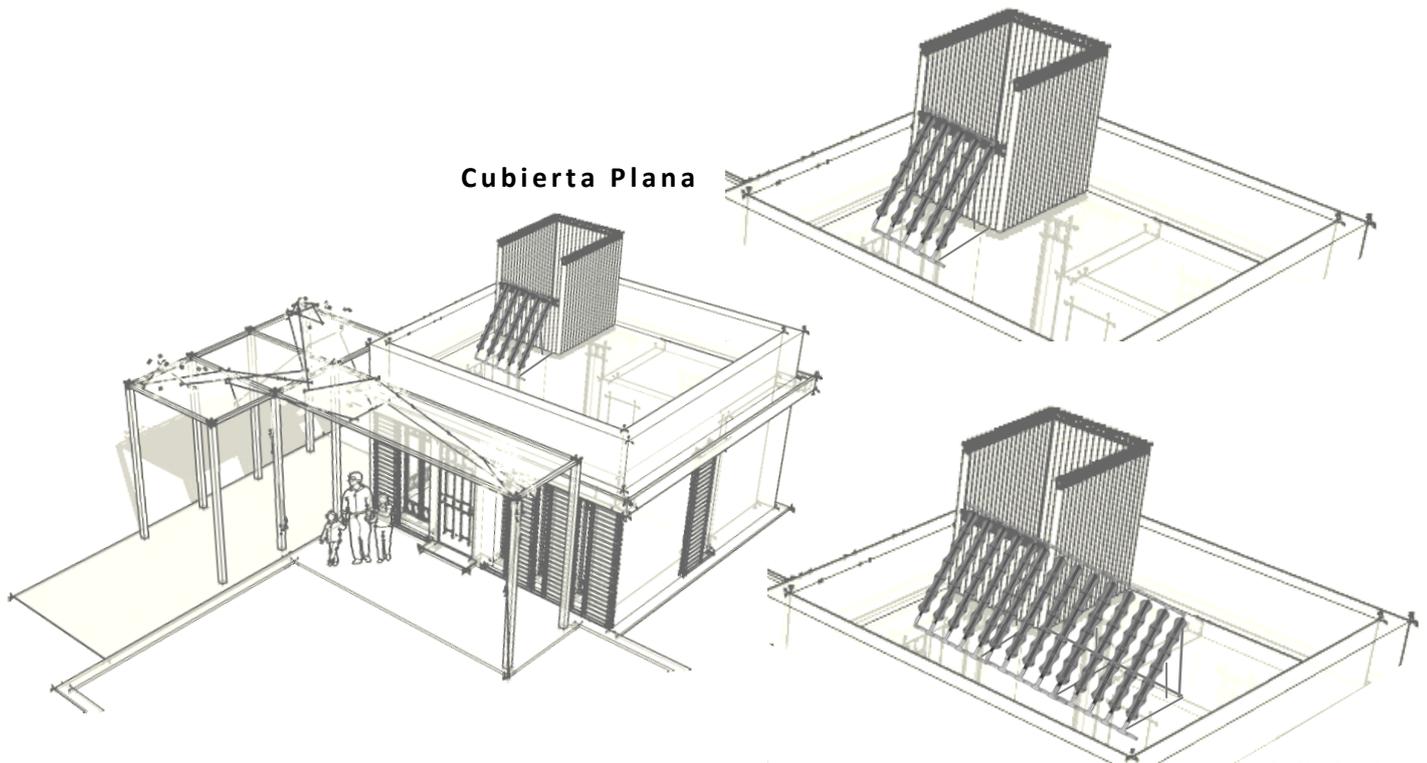


Fig.91: Imagen de Vivienda con colectores en Cubierta. Fuente propia.2008

Existen otros elementos horizontales donde podría integrarse el colector, próximos al sistema de acumulación.

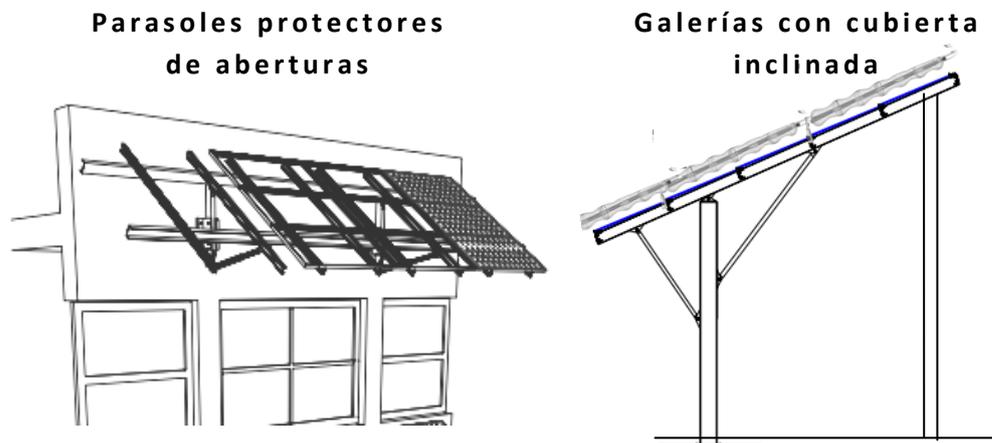


Fig.92: Integración de colector a parasoles y galería con cubierta inclinada

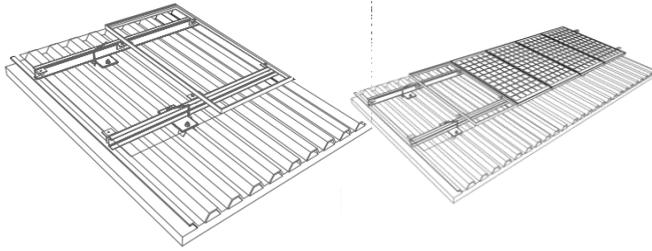
7.4. Sistemas de Anclaje

Los sistemas de anclaje son variados. En este caso se proponen algunas posibilidades de sujeción, evitando la utilización de una base. Como se indica en la figura anterior nº85, el sistema se puede colocar en paredes verticales. Esta sujeción se realiza empotrando los tacos de polímero, dejando un brazo metálico para el apoyo del sistema como se muestra en la figura 92.

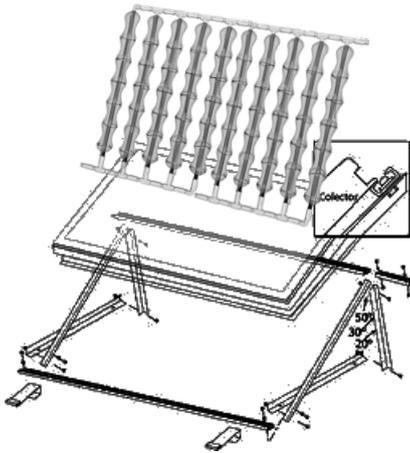


Fig.93: Sistemas de Sujeción elemento verticales. Fuente Elematic e Isofoton. 2006

Anclaje de Calefón Solar a cubiertas inclinadas y planas



Sistema de sujeción horizontal a cubiertas inclinadas por medio de montantes que se fijan al techo.



Sistema de sujeción horizontal a cubiertas planas por medio de montantes. Se puede optar por colocarle una base al sistema, o sujetarle a la estructura de los montantes.

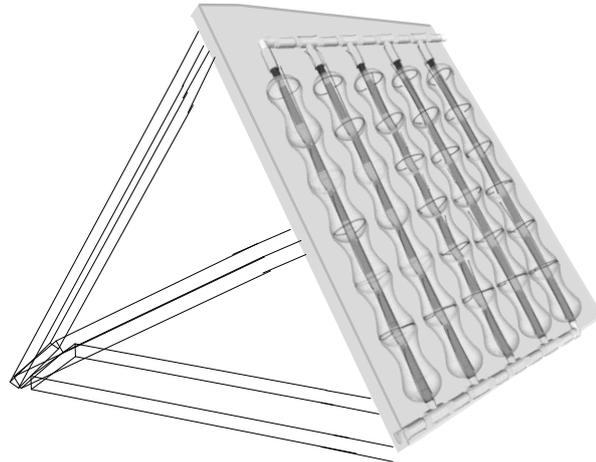


Fig.94: Sistemas de sujeción a elementos horizontales. Fuente Elematic e Isofoton. 2006



CAPÍTULO 8

CAPÍTULO 8: EFICIENCIA ECONÓMICA DEL SISTEMA

8.1. Introducción	125
8.2. Metodología	126
8.3. Condiciones de Consumo	126
8.4. Caso 1: Mendoza Capital	127
8.4.1. Datos Climáticos de Mendoza Capital	127
8.4.2. Colector cubierta transparente de 1 Botella	128
8.4.3. Colector cubierta transparente de 2 Botellas	131
8.5. Caso 2: Valle de Uspallata	132
8.5.1. Datos Climáticos de Valle de Uspallata	132
8.5.2. Colector cubierta transparente de 1 Botella	133
8.5.3. Colector cubierta transparente de 2 Botellas	133

8.1. INTRODUCCIÓN

Para la evaluación económica del sistema, se parte de la ecuación de rendimiento de los colectores. Se han calculado los consumos necesarios de agua caliente tomando en cuenta los consumos diarios de una persona. Estos valores se toman como parámetro para los distintos casos presentados.

Se propone el estudio en la localidad de Mendoza Capital, en el centro-oeste de Argentina (caso 1), cuyo clima es templado frío, con veranos cálidos y en la zona de montaña, más hacia el Oeste, localidad del Valle de Uspallata (caso 2). En ambos casos se estudia las posibilidades de proveer agua caliente sanitaria para una familia de 7 miembros. Se estudian las posibilidades del sistema con 1 botella y 2 botellas como cubierta del colector.

Ubicación de los casos



Los casos de estudio se ubican a 80 km de distancia entre sí. En el caso de la Ciudad de Mendoza se encuentra localizada a 780 ms.n.m, mientras que el Valle de Uspallata se localiza a 1891 m.s.n.m. Las diferencias climáticas entre ambos lugares brindan 2 posibilidades de estudio para comprobar la eficiencia del sistema de calentamiento de agua sanitaria solar.

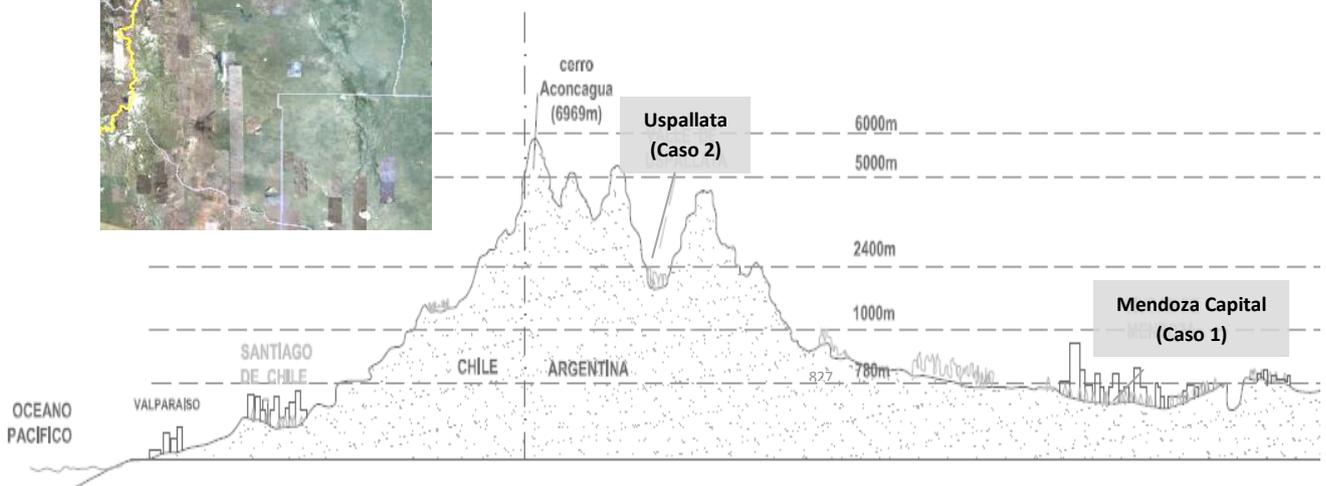


Fig.95: Ubicación en Perfil cordillerano de los casos de estudio

8.2. METODOLOGÍA

Para el cálculo del área colectora necesaria del sistema se utiliza el método desarrollado por CENSOLAR ²⁷(Sevilla), impartida en los cursos, que tiene en cuenta la ganancia solar y las pérdidas térmicas a partir de la ecuación de rendimiento del sistema. El área colectora se calcula en base a la cantidad de colectores necesarios de 0.75 m² cuyos costos se han ido agregando en cada capítulo. Posteriormente se calcula el nivel de ahorro energético para una variabilidad en la cantidad de colectores. Se han utilizado indicadores de Gases de Efecto Invernadero – GEI en cuanto a las tasas de emisión indicadas en el IPCC – Intergubernamental Panel of Climate Change, 2001.

8.3. CONDICIONES DE CONSUMO

Cálculo del consumo de agua total diario por persona que se requiere en una vivienda.

La Tabla n° 6 muestra las cantidades promedio de consumo de una persona por día de agua caliente y fría. Estos valores sirven de referencia inicial, ya que pueden variar según los hábitos, costumbres y preferencia de cada integrante de la familia.

En el caso de una familia se consideran los valores de agua consumida indicada en la Tabla n° 6 para los adultos que habitan la vivienda, mientras que para los niños se estipula un consumo diario de 25 litros/día. Por ejemplo, para cada persona adulta se necesita para ducharse 25 litros y 7 para el reiterado lavado de manos durante el día, total 32 litros/día, sumando el lavado de vajilla 15 litros y el lavado de ropa de 3 litro diarios o 21 litros semanales. El valor total de consumo de un adulto es de 50 litros/día.

En el caso de una familia de 7 miembros el cálculo es el siguiente, para los 2 adultos se considera una valor subtotal de 100 litros/ día y para los 5 niños se considera un valor subtotal de 125 litros/día, arrojando un resultado total familiar de consumo de agua caliente sanitaria de 225 l/día.

La temperatura del agua caliente consumida se estipula en 40°C y la temperatura de agua fría en 15°C.

²⁷ Sistemas de Aprovechamiento térmico II – Curso de Proyectista Instalador de Energía Solar, Sevilla.

ELIMINACIÓN DIARIA			
Consumo por persona			
Cantidad de agua requerida por persona	FRIA	CALIENTE	Observaciones
Inodoros [l/d]	75 agua negra		
Ducha [l/d]	25 agua gris	25	
lavado de manos [l/d]	15 agua gris	7	
lavado de vajilla [lt/d]	15 agua gris	15	
Lavado de ropa [l/d]	3 Agua gris	3	(21 l/semana)
limpieza de la casa [l/d]	20 agua gris		
TOTAL CALIENTE	153 l	50	litros/persona/día
TOTAL FRÍA/CALIENTE	203 Litros/persona/día		

Tabla nº 6: Hoja de carga con el consumo medio de agua caliente y fría por día por persona.

Fuente: Curso de Calefones Solares: Diseño y Cálculo de Instalación. 2003. Ing. Alfredo Esteves.

8.4. CASO 1: MENDOZA CAPITAL

La Tabla 7 resume los datos climáticos para Mendoza. Se indica para cada mes la cantidad de días/mes, las horas de calentamiento/día, la radiación solar sobre superficie horizontal en MJ/m².día, la temperatura media del día (Tmed), la temperatura máxima media (TMAM) y el factor que tiene en cuenta la inclinación del colector, es decir la relación entre radiación sobre plano del colector respecto de la radiación sobre superficie horizontal.

8.4.1. Datos Climáticos de Mendoza Capital

Mes	Nº días del mes	Horas útiles	Radiación Solar [MJ/m ²]	Tmed [°C]	TMAM [°C]	FACTOR K
ENE	31	7.90	25.70	23.6	30.10	0.81
FEB	28	7.40	24.00	22.5	28.90	0.91
MAR	31	6.50	18.60	19.8	26.00	1.06
ABR	30	6.50	14.70	15.4	21.90	1.22
MAY	31	5.50	11.10	11.6	18.20	1.33
JUN	30	4.90	9.10	7.9	14.60	1.33
JUL	31	5.20	9.90	7.8	14.70	1.26
AGO	31	5.30	14.10	10.1	17.30	1.16
SET	30	5.00	17.20	13.2	19.90	1.04
OCT	31	6.80	22.70	16.7	23.20	0.91
NOV	30	7.20	24.50	20.1	26.80	0.81
DIC	31	8.50	25.40	22.3	29.20	0.77

Tabla nº 7: Resumen de los datos climáticos de Mendoza Capital.

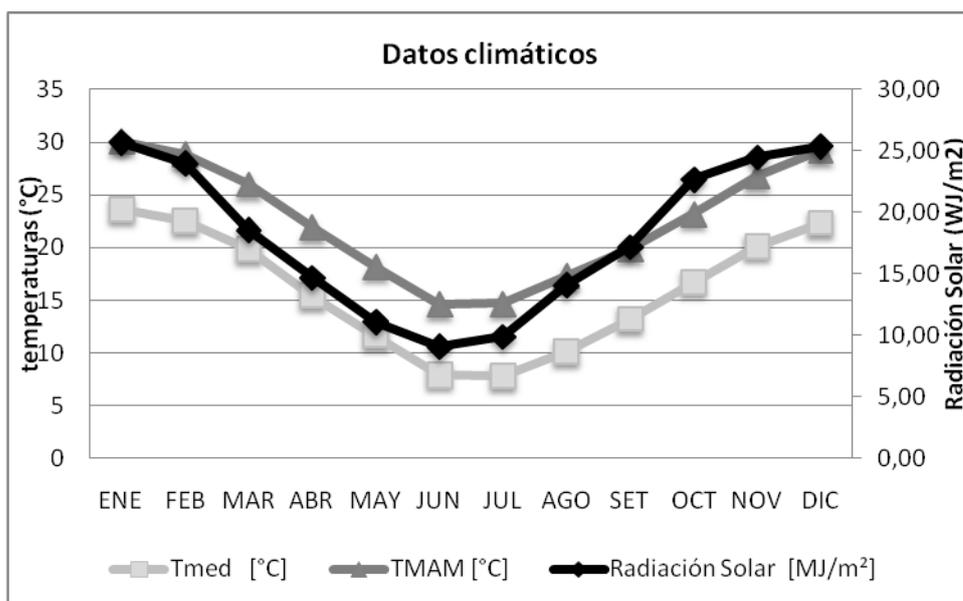


Fig. 96: Datos climáticos de radiación solar, temperatura media y temperatura máxima media en la ciudad de Mendoza Capital.

La Tabla 8 muestra los valores de la hoja de carga, considerando un consumo de 50 l/d para los adultos y 25 l/d para los niños.

Hoja de carga			
Personas	Cantidad	litros/p.día	litros/día
Adultos	2	50	100
Niños	5	25	125
			225

Tabla 8: Valores hoja de carga de familia de 7 integrantes

8.4.2. Colector cubierta transparente de 1 Botella

Para estas consideraciones ahora veamos cómo sería el caso de utilizar colector de 1 botella.

La Tabla 9 muestra la superficie considerada por colector, las figuras características de su curva de rendimiento, la temperatura de uso y la simultaneidad que tiene en cuenta el desfase entre consumo y producción. Aquí estamos considerando que el 90% del agua se consumirá en el mismo día de producida.

Marca:	Sin Marca
Area Neta m2:	0.75
$F_R * \tau * \alpha$: (ord. al origen)	0.7694
$U_L * F_R$: (pendiente)	9.24
Temp. de uso °C:	40
Simultaneidad:	0.9

Tabla 9: Datos del colector de 1 botella.

La Tabla 10 muestra valores procesados mensuales: radiación solar sobre superficie horizontal (W/m²), Radiación sobre el plano del colector (W/m²), temperatura diurna, diferencia de temperatura entre el consumo y el aire, la diferencia de temperatura sobre la radiación solar y el rendimiento calculado a partir de la curva. Esto nos brinda la cantidad de energía que el sistema proveerá y con ella la cantidad de agua caliente sanitaria.

Tabla 10: Cantidad de energía aportada del sistema

MES	Rad. Horiz.	Rad. Incl.	Temp.diurna	Dif. Temp.	Dif. Temp./I	Rendimiento
ENE	903.7	732.0	26.85	13.15	0.018	0.6034
FEB	900.9	819.8	25.70	14.30	0.017	0.6082
MAR	794.9	842.6	22.90	17.10	0.020	0.5819
ABR	628.2	766.4	18.65	21.35	0.028	0.5120
MAY	560.6	745.6	14.90	25.10	0.034	0.4583
JUN	515.9	686.1	11.25	28.75	0.042	0.3822
JUL	528.8	666.3	11.25	28.75	0.043	0.3707
AGO	739.0	857.2	13.70	26.30	0.031	0.4859
SET	955.6	993.8	16.55	23.45	0.024	0.5514
OCT	927.3	843.8	19.95	20.05	0.024	0.5499
NOV	945.2	765.6	23.45	16.55	0.022	0.5697
DIC	830.1	639.2	25.75	14.25	0.022	0.5634

La Tabla 11 muestra los resultados obtenidos: el salto térmico necesario entre la temperatura del agua fría y la temperatura de uso, la necesidad energética en MJ/mes, la Energía Solar Útil (MJ/mes) y el déficit energético (MJ/mes) cuando se utiliza una cantidad de superficie colectora que produce las mismas ganancias totales anuales que las necesidades anuales.

Mes	Salto Térmico [°C]	Necesidad Energética [MJ/mes]	Energía solar [MJ/mes]	Déficit Energético [MJ/mes]
ENE	21.60	630.7	1123.4	0.0
FEB	22.70	598.6	1073.1	0.0
MAR	25.00	729.9	1026.1	0.0
ABR	29.10	822.2	794.8	27.5
MAY	32.70	954.8	605.2	349.6
JUN	36.20	1022.8	400.4	622.5
JUL	36.60	1068.6	413.6	655.0
AGO	35.00	1021.9	710.8	311.1
SET	32.30	912.7	853.7	59.0
OCT	28.90	843.8	1015.9	0.0
NOV	25.20	712.0	978.5	0.0
DIC	22.70	662.8	985.5	0.0
ANUAL		9980.9	9980.9	2024.6

Tabla 11: Datos de Resultados de la energía provista por el sistema de ACS

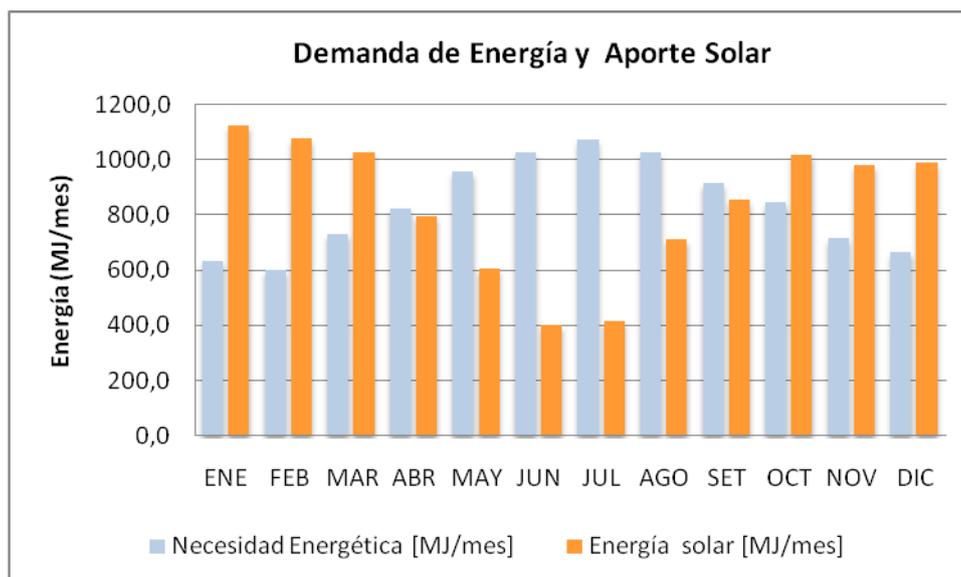


Fig. 97: Demanda de energía y Aporte Solar en caso de la ciudad de Mendoza Capital.

Resultados

La Tabla 12 muestra los resultados aplicados cuando se utiliza colectores solares con cubierta de 1 sola botella. Se puede observar que al utilizar 5 colectores, proveemos energía solar que cubre el 79.7% de las necesidades anuales, esto se traduce en el ahorro de 7956.3 Mj/año de energía y en 446347 kg de CO₂, 39.78 kg de NH₄ y 0.80 kg N₂O de GEI no emitidos a causa del ahorro energético.

En el caso de utilizar 4 o 6 colectores los niveles de ahorro variarán de acuerdo a la menor o mayor cantidad de colectores utilizados. Todo esto dependerá del costo de instalación del sistema y también su grado de amortización económica.

Cantidad de Colectores	Ahorro [%]	Energía Ahorrada [MJ/año]	Emisiones ahorradas [kg/año] Gases de Efecto Invernadero		
			CO ₂	NH ₄	N ₂ O
4.0	74.2	7402.0	415251.4	37.01	0.74
5.0	79.7	7956.3	446347.8	39.78	0.80
6.0	86.6	8639.1	484651.2	43.20	0.86

Tabla 12: Ahorros de energía para diferentes cantidades de colectores

La Tabla 13 indica los montos incurridos en la implantación del sistema, costo del sistema con 4,5 o 6 colectores y la comparación con los costos económicos por ahorro de la energía. Para ello se ha considerado un costo del colector de \$ 127.6 tal como se indicó en el Capítulo 4. Además se suma el costo del tanque de almacenamiento que se calcula en \$ 700.- considerando un tanque de 225 l de capacidad térmicamente aislado y con las conexiones necesarias. El costo total es el resultado de sumar costo de colectores y costo del tanque más un 20% por los gastos de conexión del sistema.

Cantidad de Colectores	Costo del sistema [\$]	Ahorro Anual [\$/año]	Amortización Económica [años]
4	1570,6	573,3	2,740
5	1723,2	616,2	2,796
6	1875,8	669,1	2,804

Tabla 13: Costos \$, ahorro anual y amortización económica para diferentes cantidades de colectores en el sistema.

Como se puede observar, el sistema con botella simple, tiene una amortización de más de dos años y medio en todos los casos, es decir, si se dispone del dinero para colocarlo, se podría comprar los 6 colectores y el sistema se amortizará con el ahorro en 2.8 años, es decir, 2 años y 9 meses.

8.4.3. Colector cubierta transparente de 2 Botellas

Para el caso de utilizar un colector con 2 botellas, se incluye aquí sólo los resultados de la tabla 14, que indica la cantidad de energía ahorrada y las emisiones de GEI anuales. Se puede observar, que el sistema con doble botella, reacciona negativamente en el Clima de Mendoza, ya que provee un menor ahorro dado que las condiciones climáticas son tales que disminuye el rendimiento a causa de que la doble botella tiene mayores pérdidas ópticas y la mejora en la menor transmitancia térmica no aparece. Por lo tanto, es una muestra fehaciente de que el sistema con una botella será mejor para Mendoza. Los costos del colector de cubierta transparente de dos botellas es igual al de una botella dado que las mismas se recolectan sin costo.

Cantidad de Colectores	Ahorro [%]	Energía Ahorrada [kWh/año]	Emisiones ahorradas [kg/año] Gases de Efecto Invernadero		
			CO ₂	NH ₄	N ₂ O
5	75.6	7541.3	423065.1	37.71	0.75
6	80.1	7996.1	448578.6	39.98	0.80
7	86.0	8588.4	481811.1	42.94	0.86

Tabla 14: Ahorro de energía para diferentes cantidades de colectores de doble botella.

Cantidad de Colectores	Costo del sistema [\$]	Ahorro Anual [\$/año]	Amortización Económica [años]
5	1723,2	584,1	2,95
6	1875,8	619,3	3,03
7	2028,5	665,2	3,05

Tabla 15: Costos \$, ahorro anual y amortización económica para diferentes cantidades de colectores en el sistema.

8.5. CASO 2: VALLE DE USPALLATA

La ciudad de Uspallata se encuentra en plena zona de montaña, sobre la cadena montañosa de Los Andes. La situación geográfica es: latitud: 32.6° S, longitud: 69.33° O; altitud: 1891 msnm. Por ocupar un lugar netamente de valle, es frío en las noches y con alta amplitud térmica diaria.

8.5.1. Datos Climáticos de Valle de Uspallata

Los datos climáticos se pueden observar en la tabla 16.

Mes	N° días del mes	Horas útiles	Radiación Solar [MJ/m ²]	Tmed [°C]	TMAM [°C]	FACTOR K
ENE	31	7.90	25.70	18.90	28.2	0.81
FEB	28	7.40	25.00	17.20	27.1	0.91
MAR	31	6.50	16.60	14.70	25.2	1.06
ABR	30	6.50	14.20	10.60	21.3	1.22
MAY	31	5.50	8.40	8.80	18.8	1.33
JUN	30	4.90	8.30	5.40	14.6	1.33
JUL	31	5.20	8.60	4.90	14.2	1.26
AGO	31	5.30	11.30	5.90	15.7	1.16
SET	30	5.00	16.20	8.30	18.5	1.04
OCT	31	6.80	20.60	12.00	21.6	0.91
NOV	30	7.20	26.00	14.80	24.2	0.81
DIC	31	8.50	27.70	18.00	26.9	0.77

Tabla 16: Datos climáticos en la localidad de Uspallata.

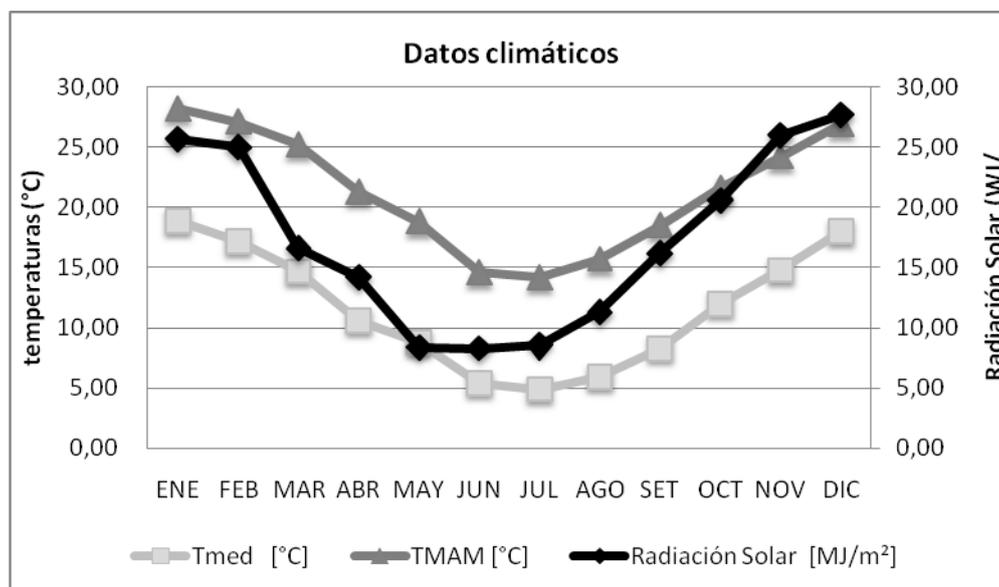


Fig. 98: Datos climáticos de radiación solar, temperatura media y temperatura máxima media en la localidad de Uspallata.

8.5.2. Colector cubierta transparente de 1 Botella

Para el caso de colector de una sola botella de PET, los resultados se pueden observar en la Tabla 17. Como se puede observar, los resultados arrojan la necesidad de un colector adicional, que en el caso de Mendoza, para contribuir con el 75.3% de la energía ahorrada en el ACS anual. En este caso, se ahorran de emitir a la atmósfera 462071 kg CO₂, 37.97 kg NH₄ y 0.82 kg N₂O por año.

Cantidad de Colectores	Ahorro [%]	Energía Ahorrada [MJ/año]	Emisiones ahorradas [kg/año] Gases de Efecto Invernadero		
			CO ₂	NH ₄	N ₂ O
5	69.4	7594.6	426056.8	37.97	0.76
6	75.3	8236.6	462071.1	41.18	0.82
7	78.5	8588.5	481816.8	42.94	0.86

Tabla 17: cantidad de colectores resultantes en Uspallata de simple botella, energía ahorrada y emisiones ahorradas

La Tabla 18 muestra el resultado económico de implementar el sistema con una botella, se puede observar que el gasto de instalación de 6 colectores más el tanque de 225 litros de agua caliente y los gastos de conexión del sistema asciende a \$ 1875.8, que se amortizará en 2.9 años, es decir dos años y 11 meses.

Cantidad de Colectores	Costo del sistema [\$]	Ahorro Anual [\$/año]	Amortización Económica [años]
5	1723,2	588,2	2,930
6	1875,8	637,9	2,941
7	2028,5	665,2	3,050

Tabla 18: ahorros y amortización para diferentes cantidades de colectores (1 Botella) en el sistema y en la localidad de Uspallata.

8.5.3. Colector cubierta transparente de 2 Botellas

La Tabla 19 muestra el caso de instalar el sistema de ACS en la localidad de Uspallata. Se observa que aún el colector con 1 botella tiene mayor rendimiento dado que por ser una localidad de montaña, su heliofanía es alta por lo tanto, se advierte la posibilidad de utilizar el colector de 1 botella con mejor rendimiento.

Cantidad de Colectores	Ahorro [%]	Energía Ahorrada [MJ/año]	Emisiones ahorradas [kg/año] Gases de Efecto Invernadero		
			CO ₂	NH ₄	N ₂ O
6	69.9	7644.5	428854.1	38.22	0.76
7	75.9	8300.2	465643.2	41.50	0.83
8	78.3	8564.0	480439.0	42.82	0.86

Tabla 19: cantidad de colectores resultantes en Uspallata de doble botella, energía ahorrada y emisiones ahorradas.

Cantidad de Colectores	Costo del sistema	Ahorro Anual	Amortización Económica
	[\$]	[\$/año]	[años]
6	1875,8	592,1	3,168
7	2059,0	642,8	3,203
8	2181,1	663,3	3,288

Tabla 20: Costos \$, ahorro anual y amortización económica para diferentes cantidades de colectores (2 Botellas) en el sistema y en la localidad de Uspallata.

En resumen se podría decir que para lograr un ahorro del 75% se requiere un sistema de 4 colectores para Mendoza y 5 para Uspallata. Si quisiéramos crecer hasta el 80%, se requieren 5 colectores para Mendoza y 7 para Uspallata. Y los plazos de amortización se constituyen en plazos relativamente cortos, de entre 2 y 3 años variables dependiendo del sistema a instalar. Esto es teniendo en cuenta el uso de gas envasado de petróleo.

CAPÍTULO 8: EFICIENCIA ECONÓMICA DEL SISTEMA

8.1. Introducción	125
8.2. Metodología	126
8.3. Condiciones de Consumo	126
8.4. Caso 1: Mendoza Capital	127
8.4.1. Datos Climáticos de Mendoza Capital	127
8.4.2. Colector cubierta transparente de 1 Botella	128
8.4.3. Colector cubierta transparente de 2 Botellas	131
8.5. Caso 2: Valle de Uspallata	132
8.5.1. Datos Climáticos de Valle de Uspallata	132
8.5.2. Colector cubierta transparente de 1 Botella	133
8.5.3. Colector cubierta transparente de 2 Botellas	133

8.1. INTRODUCCIÓN

Para la evaluación económica del sistema, se parte de la ecuación de rendimiento de los colectores. Se han calculado los consumos necesarios de agua caliente tomando en cuenta los consumos diarios de una persona. Estos valores se toman como parámetro para los distintos casos presentados.

Se propone el estudio en la localidad de Mendoza Capital, en el centro-oeste de Argentina (caso 1), cuyo clima es templado frío, con veranos cálidos y en la zona de montaña, más hacia el Oeste, localidad del Valle de Uspallata (caso 2). En ambos casos se estudia las posibilidades de proveer agua caliente sanitaria para una familia de 7 miembros. Se estudian las posibilidades del sistema con 1 botella y 2 botellas como cubierta del colector.

Ubicación de los casos



Los casos de estudio se ubican a 80 km de distancia entre sí. En el caso de la Ciudad de Mendoza se encuentra localizada a 780 ms.n.m, mientras que el Valle de Uspallata se localiza a 1891 m.s.n.m. Las diferencias climáticas entre ambos lugares brindan 2 posibilidades de estudio para comprobar la eficiencia del sistema de calentamiento de agua sanitaria solar.

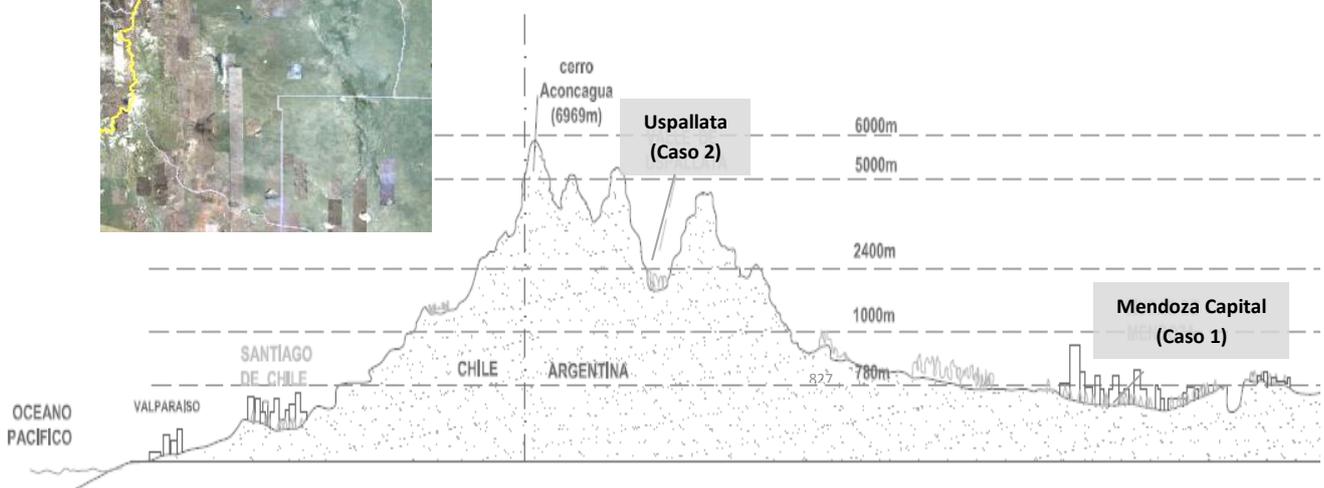


Fig.95: Ubicación en Perfil cordillerano de los casos de estudio

8.2. METODOLOGÍA

Para el cálculo del área colectora necesaria del sistema se utiliza el método desarrollado por CENSOLAR ²⁸(Sevilla), impartida en los cursos, que tiene en cuenta la ganancia solar y las pérdidas térmicas a partir de la ecuación de rendimiento del sistema. El área colectora se calcula en base a la cantidad de colectores necesarios de 0.75 m² cuyos costos se han ido agregando en cada capítulo. Posteriormente se calcula el nivel de ahorro energético para una variabilidad en la cantidad de colectores. Se han utilizado indicadores de Gases de Efecto Invernadero – GEI en cuanto a las tasas de emisión indicadas en el IPCC – Intergubernamental Panel of Climate Change, 2001.

8.3. CONDICIONES DE CONSUMO

Cálculo del consumo de agua total diario por persona que se requiere en una vivienda.

La Tabla n° 6 muestra las cantidades promedio de consumo de una persona por día de agua caliente y fría. Estos valores sirven de referencia inicial, ya que pueden variar según los hábitos, costumbres y preferencia de cada integrante de la familia.

En el caso de una familia se consideran los valores de agua consumida indicada en la Tabla n° 6 para los adultos que habitan la vivienda, mientras que para los niños se estipula un consumo diario de 25 litros/día. Por ejemplo, para cada persona adulta se necesita para ducharse 25 litros y 7 para el reiterado lavado de manos durante el día, total 32 litros/día, sumando el lavado de vajilla 15 litros y el lavado de ropa de 3 litro diarios o 21 litros semanales. El valor total de consumo de un adulto es de 50 litros/día.

En el caso de una familia de 7 miembros el cálculo es el siguiente, para los 2 adultos se considera una valor subtotal de 100 litros/ día y para los 5 niños se considera un valor subtotal de 125 litros/día, arrojando un resultado total familiar de consumo de agua caliente sanitaria de 225 l/día.

La temperatura del agua caliente consumida se estipula en 40°C y la temperatura de agua fría en 15°C.

²⁸ Sistemas de Aprovechamiento térmico II – Curso de Proyectista Instalador de Energía Solar, Sevilla.

ELIMINACIÓN DIARIA			
Consumo por persona			
Cantidad de agua requerida por persona	FRIA	CALIENTE	Observaciones
Inodoros [l/d]	75 agua negra		
Ducha [l/d]	25 agua gris	25	
lavado de manos [l/d]	15 agua gris	7	
lavado de vajilla [lt/d]	15 agua gris	15	
Lavado de ropa [l/d]	3 Agua gris	3	(21 l/semana)
limpieza de la casa [l/d]	20 agua gris		
TOTAL CALIENTE	153 l	50	litros/persona/día
TOTAL FRÍA/CALIENTE	203 Litros/persona/día		

Tabla nº 6: Hoja de carga con el consumo medio de agua caliente y fría por día por persona.

Fuente: Curso de Calefones Solares: Diseño y Cálculo de Instalación. 2003. Ing. Alfredo Esteves.

8.4. CASO 1: MENDOZA CAPITAL

La Tabla 7 resume los datos climáticos para Mendoza. Se indica para cada mes la cantidad de días/mes, las horas de calentamiento/día, la radiación solar sobre superficie horizontal en MJ/m².día, la temperatura media del día (Tmed), la temperatura máxima media (TMAM) y el factor que tiene en cuenta la inclinación del colector, es decir la relación entre radiación sobre plano del colector respecto de la radiación sobre superficie horizontal.

8.4.1. Datos Climáticos de Mendoza Capital

Mes	Nº días del mes	Horas útiles	Radiación Solar [MJ/m ²]	Tmed [°C]	TMAM [°C]	FACTOR K
ENE	31	7.90	25.70	23.6	30.10	0.81
FEB	28	7.40	24.00	22.5	28.90	0.91
MAR	31	6.50	18.60	19.8	26.00	1.06
ABR	30	6.50	14.70	15.4	21.90	1.22
MAY	31	5.50	11.10	11.6	18.20	1.33
JUN	30	4.90	9.10	7.9	14.60	1.33
JUL	31	5.20	9.90	7.8	14.70	1.26
AGO	31	5.30	14.10	10.1	17.30	1.16
SET	30	5.00	17.20	13.2	19.90	1.04
OCT	31	6.80	22.70	16.7	23.20	0.91
NOV	30	7.20	24.50	20.1	26.80	0.81
DIC	31	8.50	25.40	22.3	29.20	0.77

Tabla nº 7: Resumen de los datos climáticos de Mendoza Capital.

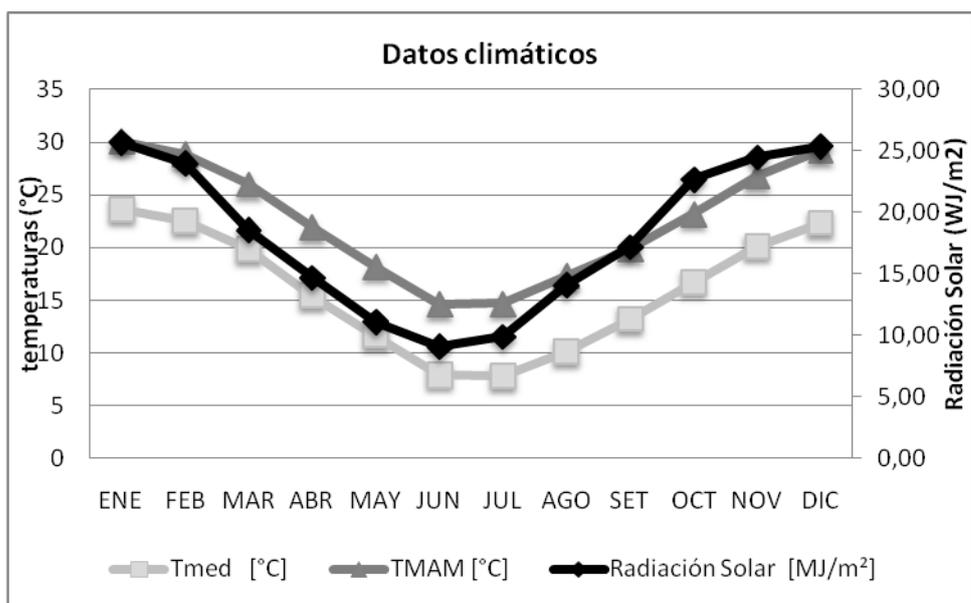


Fig. 96: Datos climáticos de radiación solar, temperatura media y temperatura máxima media en la ciudad de Mendoza Capital.

La Tabla 8 muestra los valores de la hoja de carga, considerando un consumo de 50 l/d para los adultos y 25 l/d para los niños.

Hoja de carga			
Personas	Cantidad	litros/p.día	litros/día
Adultos	2	50	100
Niños	5	25	125
			225

Tabla 8: Valores hoja de carga de familia de 7 integrantes

8.4.2. Colector cubierta transparente de 1 Botella

Para estas consideraciones ahora veamos cómo sería el caso de utilizar colector de 1 botella.

La Tabla 9 muestra la superficie considerada por colector, las figuras características de su curva de rendimiento, la temperatura de uso y la simultaneidad que tiene en cuenta el desfase entre consumo y producción. Aquí estamos considerando que el 90% del agua se consumirá en el mismo día de producida.

Marca:	Sin Marca
Area Neta m2:	0.75
$F_R * \tau * \alpha$: (ord. al origen)	0.7694
$U_L * F_R$: (pendiente)	9.24
Temp. de uso °C:	40
Simultaneidad:	0.9

Tabla 9: Datos del colector de 1 botella.

La Tabla 10 muestra valores procesados mensuales: radiación solar sobre superficie horizontal (W/m²), Radiación sobre el plano del colector (W/m²), temperatura diurna, diferencia de temperatura entre el consumo y el aire, la diferencia de temperatura sobre la radiación solar y el rendimiento calculado a partir de la curva. Esto nos brinda la cantidad de energía que el sistema proveerá y con ella la cantidad de agua caliente sanitaria.

Tabla 10: Cantidad de energía aportada del sistema

MES	Rad. Horiz.	Rad. Incl.	Temp.diurna	Dif. Temp.	Dif. Temp./I	Rendimiento
ENE	903.7	732.0	26.85	13.15	0.018	0.6034
FEB	900.9	819.8	25.70	14.30	0.017	0.6082
MAR	794.9	842.6	22.90	17.10	0.020	0.5819
ABR	628.2	766.4	18.65	21.35	0.028	0.5120
MAY	560.6	745.6	14.90	25.10	0.034	0.4583
JUN	515.9	686.1	11.25	28.75	0.042	0.3822
JUL	528.8	666.3	11.25	28.75	0.043	0.3707
AGO	739.0	857.2	13.70	26.30	0.031	0.4859
SET	955.6	993.8	16.55	23.45	0.024	0.5514
OCT	927.3	843.8	19.95	20.05	0.024	0.5499
NOV	945.2	765.6	23.45	16.55	0.022	0.5697
DIC	830.1	639.2	25.75	14.25	0.022	0.5634

La Tabla 11 muestra los resultados obtenidos: el salto térmico necesario entre la temperatura del agua fría y la temperatura de uso, la necesidad energética en MJ/mes, la Energía Solar Útil (MJ/mes) y el déficit energético (MJ/mes) cuando se utiliza una cantidad de superficie colectora que produce las mismas ganancias totales anuales que las necesidades anuales.

Mes	Salto Térmico [°C]	Necesidad Energética [MJ/mes]	Energía solar [MJ/mes]	Déficit Energético [MJ/mes]
ENE	21.60	630.7	1123.4	0.0
FEB	22.70	598.6	1073.1	0.0
MAR	25.00	729.9	1026.1	0.0
ABR	29.10	822.2	794.8	27.5
MAY	32.70	954.8	605.2	349.6
JUN	36.20	1022.8	400.4	622.5
JUL	36.60	1068.6	413.6	655.0
AGO	35.00	1021.9	710.8	311.1
SET	32.30	912.7	853.7	59.0
OCT	28.90	843.8	1015.9	0.0
NOV	25.20	712.0	978.5	0.0
DIC	22.70	662.8	985.5	0.0
ANUAL		9980.9	9980.9	2024.6

Tabla 11: Datos de Resultados de la energía provista por el sistema de ACS

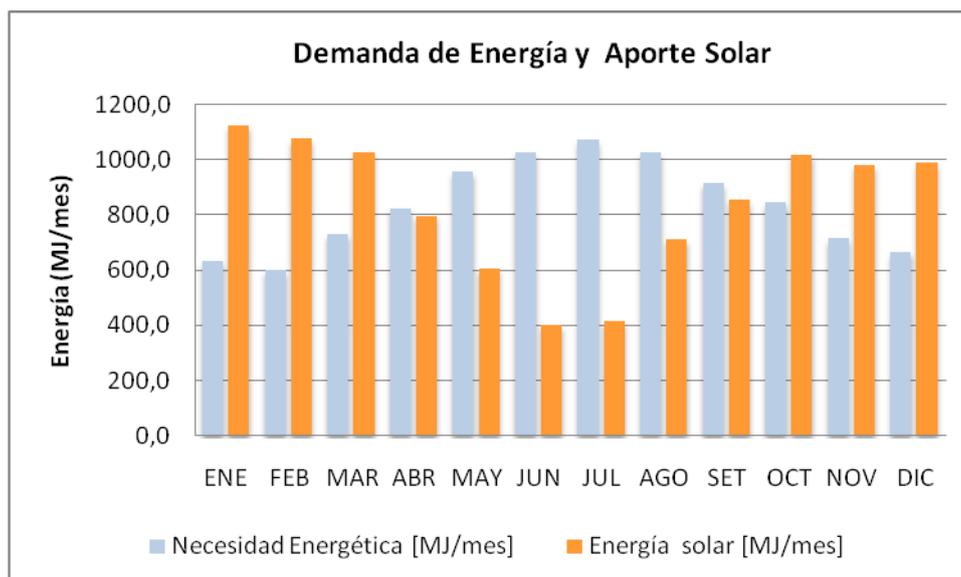


Fig. 97: Demanda de energía y Aporte Solar en caso de la ciudad de Mendoza Capital.

Resultados

La Tabla 12 muestra los resultados aplicados cuando se utiliza colectores solares con cubierta de 1 sola botella. Se puede observar que al utilizar 5 colectores, proveemos energía solar que cubre el 79.7% de las necesidades anuales, esto se traduce en el ahorro de 7956.3 Mj/año de energía y en 446347 kg de CO₂, 39.78 kg de NH₄ y 0.80 kg N₂O de GEI no emitidos a causa del ahorro energético.

En el caso de utilizar 4 o 6 colectores los niveles de ahorro variarán de acuerdo a la menor o mayor cantidad de colectores utilizados. Todo esto dependerá del costo de instalación del sistema y también su grado de amortización económica.

Cantidad de Colectores	Ahorro [%]	Energía Ahorrada [MJ/año]	Emisiones ahorradas [kg/año]		
			Gases de Efecto Invernadero		
			CO ₂	NH ₄	N ₂ O
4.0	74.2	7402.0	415251.4	37.01	0.74
5.0	79.7	7956.3	446347.8	39.78	0.80
6.0	86.6	8639.1	484651.2	43.20	0.86

Tabla 12: Ahorros de energía para diferentes cantidades de colectores

La Tabla 13 indica los montos incurridos en la implantación del sistema, costo del sistema con 4,5 o 6 colectores y la comparación con los costos económicos por ahorro de la energía. Para ello se ha considerado un costo del colector de \$ 127.6 tal como se indicó en el Capítulo 4. Además se suma el costo del tanque de almacenamiento que se calcula en \$ 700.- considerando un tanque de 225 l de capacidad térmicamente aislado y con las conexiones necesarias. El costo total es el resultado de sumar costo de colectores y costo del tanque más un 20% por los gastos de conexión del sistema.

Cantidad de Colectores	Costo del sistema [\$]	Ahorro Anual [\$/año]	Amortización Económica [años]
4	1570,6	573,3	2,740
5	1723,2	616,2	2,796
6	1875,8	669,1	2,804

Tabla 13: Costos \$, ahorro anual y amortización económica para diferentes cantidades de colectores en el sistema.

Como se puede observar, el sistema con botella simple, tiene una amortización de más de dos años y medio en todos los casos, es decir, si se dispone del dinero para colocarlo, se podría comprar los 6 colectores y el sistema se amortizará con el ahorro en 2.8 años, es decir, 2 años y 9 meses.

8.4.3. Colector cubierta transparente de 2 Botellas

Para el caso de utilizar un colector con 2 botellas, se incluye aquí sólo los resultados de la tabla 14, que indica la cantidad de energía ahorrada y las emisiones de GEI anuales. Se puede observar, que el sistema con doble botella, reacciona negativamente en el Clima de Mendoza, ya que provee un menor ahorro dado que las condiciones climáticas son tales que disminuye el rendimiento a causa de que la doble botella tiene mayores pérdidas ópticas y la mejora en la menor transmitancia térmica no aparece. Por lo tanto, es una muestra fehaciente de que el sistema con una botella será mejor para Mendoza. Los costos del colector de cubierta transparente de dos botellas es igual al de una botella dado que las mismas se recolectan sin costo.

Cantidad de Colectores	Ahorro [%]	Energía Ahorrada [kWh/año]	Emisiones ahorradas [kg/año] Gases de Efecto Invernadero		
			CO ₂	NH ₄	N ₂ O
5	75.6	7541.3	423065.1	37.71	0.75
6	80.1	7996.1	448578.6	39.98	0.80
7	86.0	8588.4	481811.1	42.94	0.86

Tabla 14: Ahorro de energía para diferentes cantidades de colectores de doble botella.

Cantidad de Colectores	Costo del sistema [\$]	Ahorro Anual [\$/año]	Amortización Económica [años]
5	1723,2	584,1	2,95
6	1875,8	619,3	3,03
7	2028,5	665,2	3,05

Tabla 15: Costos \$, ahorro anual y amortización económica para diferentes cantidades de colectores en el sistema.

8.5. CASO 2: VALLE DE USPALLATA

La ciudad de Uspallata se encuentra en plena zona de montaña, sobre la cadena montañosa de Los Andes. La situación geográfica es: latitud: 32.6° S, longitud: 69.33° O; altitud: 1891 msnm. Por ocupar un lugar netamente de valle, es frío en las noches y con alta amplitud térmica diaria.

8.5.1. Datos Climáticos de Valle de Uspallata

Los datos climáticos se pueden observar en la tabla 16.

Mes	N° días del mes	Horas útiles	Radiación Solar [MJ/m ²]	Tmed [°C]	TMAM [°C]	FACTOR K
ENE	31	7.90	25.70	18.90	28.2	0.81
FEB	28	7.40	25.00	17.20	27.1	0.91
MAR	31	6.50	16.60	14.70	25.2	1.06
ABR	30	6.50	14.20	10.60	21.3	1.22
MAY	31	5.50	8.40	8.80	18.8	1.33
JUN	30	4.90	8.30	5.40	14.6	1.33
JUL	31	5.20	8.60	4.90	14.2	1.26
AGO	31	5.30	11.30	5.90	15.7	1.16
SET	30	5.00	16.20	8.30	18.5	1.04
OCT	31	6.80	20.60	12.00	21.6	0.91
NOV	30	7.20	26.00	14.80	24.2	0.81
DIC	31	8.50	27.70	18.00	26.9	0.77

Tabla 16: Datos climáticos en la localidad de Uspallata.

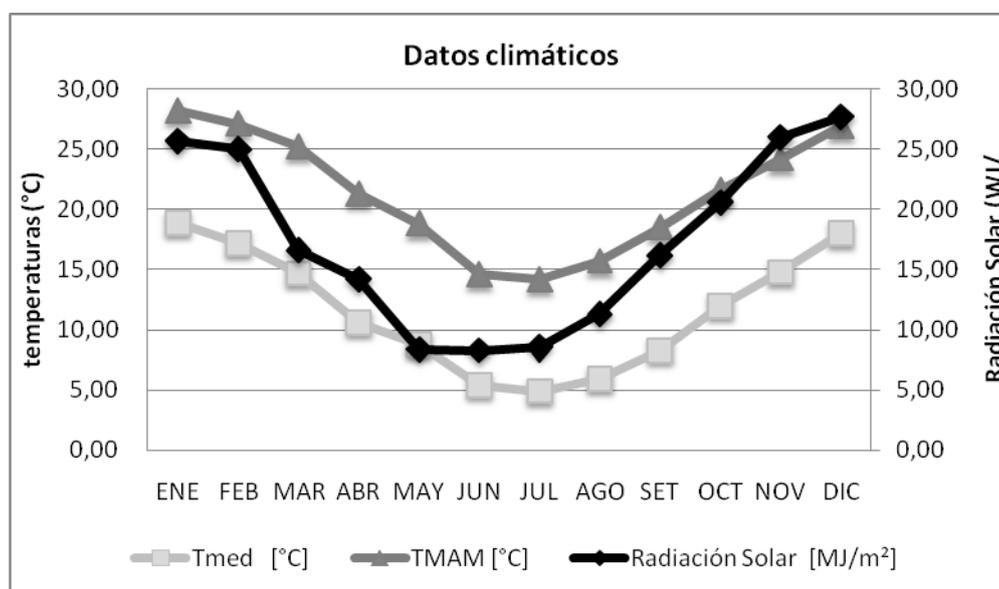


Fig. 98: Datos climáticos de radiación solar, temperatura media y temperatura máxima media en la localidad de Uspallata.

8.5.2. Colector cubierta transparente de 1 Botella

Para el caso de colector de una sola botella de PET, los resultados se pueden observar en la Tabla 17. Como se puede observar, los resultados arrojan la necesidad de un colector adicional, que en el caso de Mendoza, para contribuir con el 75.3% de la energía ahorrada en el ACS anual. En este caso, se ahorran de emitir a la atmósfera 462071 kg CO₂, 37.97 kg NH₄ y 0.82 kg N₂O por año.

Cantidad de Colectores	Ahorro [%]	Energía Ahorrada [MJ/año]	Emisiones ahorradas [kg/año] Gases de Efecto Invernadero		
			CO ₂	NH ₄	N ₂ O
5	69.4	7594.6	426056.8	37.97	0.76
6	75.3	8236.6	462071.1	41.18	0.82
7	78.5	8588.5	481816.8	42.94	0.86

Tabla 17: cantidad de colectores resultantes en Uspallata de simple botella, energía ahorrada y emisiones ahorradas

La Tabla 18 muestra el resultado económico de implementar el sistema con una botella, se puede observar que el gasto de instalación de 6 colectores más el tanque de 225 litros de agua caliente y los gastos de conexión del sistema asciende a \$ 1875.8, que se amortizará en 2.9 años, es decir dos años y 11 meses.

Cantidad de Colectores	Costo del sistema [\$]	Ahorro Anual [\$/año]	Amortización Económica [años]
5	1723,2	588,2	2,930
6	1875,8	637,9	2,941
7	2028,5	665,2	3,050

Tabla 18: ahorros y amortización para diferentes cantidades de colectores (1 Botella) en el sistema y en la localidad de Uspallata.

8.5.3. Colector cubierta transparente de 2 Botellas

La Tabla 19 muestra el caso de instalar el sistema de ACS en la localidad de Uspallata. Se observa que aún el colector con 1 botella tiene mayor rendimiento dado que por ser una localidad de montaña, su heliofanía es alta por lo tanto, se advierte la posibilidad de utilizar el colector de 1 botella con mejor rendimiento.

Cantidad de Colectores	Ahorro [%]	Energía Ahorrada [MJ/año]	Emisiones ahorradas [kg/año] Gases de Efecto Invernadero		
			CO ₂	NH ₄	N ₂ O
6	69.9	7644.5	428854.1	38.22	0.76
7	75.9	8300.2	465643.2	41.50	0.83
8	78.3	8564.0	480439.0	42.82	0.86

Tabla 19: cantidad de colectores resultantes en Uspallata de doble botella, energía ahorrada y emisiones ahorradas.

Cantidad de Colectores	Costo del sistema	Ahorro Anual	Amortización Económica
	[\$]	[\$/año]	[años]
6	1875,8	592,1	3,168
7	2059,0	642,8	3,203
8	2181,1	663,3	3,288

Tabla 20: Costos \$, ahorro anual y amortización económica para diferentes cantidades de colectores (2 Botellas) en el sistema y en la localidad de Uspallata.

En resumen se podría decir que para lograr un ahorro del 75% se requiere un sistema de 4 colectores para Mendoza y 5 para Uspallata. Si quisiéramos crecer hasta el 80%, se requieren 5 colectores para Mendoza y 7 para Uspallata. Y los plazos de amortización se constituyen en plazos relativamente cortos, de entre 2 y 3 años variables dependiendo del sistema a instalar. Esto es teniendo en cuenta el uso de gas envasado de petróleo.



FORGET
THE ROT

FORGET
THE ROT

CAPÍTULO 9

CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES

Luego dos años de trabajo realizado en el CCT-Conicet-Mendoza y una pasantía de investigación, de un mes de estancia en el Instituto Técnico Agrícola en Guadalajara de Buga, Colombia, se concluye la Tesis de Maestría cuyo tema de investigación es : Sistema de Calentamiento de Agua Sanitaria Solar “Reutilización de elementos plásticos descartados”.

El trabajo realizado consistió en distintas instancias tales como Etapa de Investigación: estudio energético nacional – provincial, situación de los RSU y RSP, búsqueda de antecedentes tecnológicos, análisis de materiales, metodología de investigación; sumando la Etapa Experimental de trabajo que consistió en armado de prototipos, pruebas y mediciones en plataforma solar en taller solar, rediseño y optimización de tecnología y comparación de sistemas de iguales características. Se concluye en la última etapa que corresponde al análisis de resultados obtenidos.

Resumen concluyente

El producto tecnológico propuesto surge como una posible solución a las problemáticas planteadas en el capítulo 1.1 y 1.2:

En Argentina, desde el 2004 se ha manifestado una crisis energética nacional inducida en gran parte por una neta conformación de energía no renovable en el consumo de la energía primaria, cabe aclarar que el 87 por ciento de la energía primaria proviene de combustibles fósiles.

Los valores expuestos resultan excesivos, teniendo como epicentro de la crisis, el consumo de gas natural (GN) que representa el 49 por ciento de la energía primaria que consume la Argentina.

Esta situación energética se traduce al resto del país, y por lo tanto el área de estudio de investigación: Área Metropolitana de Mendoza (AMM) no escapa de la realidad nacional, como se detalla en el capítulo 1.2

El AMM, los últimos años ha tenido aumentos considerables de la población acrecentando las desigualdades socio-económica de sus habitantes. El territorio habitado ha crecido considerablemente, los cuales se han densificado incrementando el consumo de recursos naturales y energéticos. Esta situación se suma a la actual crisis energética provincial del Gas Natural, ya que Mendoza no depende de su propio GN para el abastecimiento de la creciente demanda local, sino que solo abastece el 12% de dicha demanda, el 88% restante proviene de otra provincia.

Si a la situación crítica del gas, le sumamos los potenciales consumidores de este recurso, encontramos que el sector residencial (los que acceden al servicio, ya que existe un porcentaje alto de población que no tiene la posibilidad de acceso a este servicio por red) depende casi exclusivamente del gas natural para la cocción y calentamiento de agua, representando el 37 % de consumo total consumido en la provincia en las épocas invernales (época de aumento del consumo de este recurso).

El sector residencial (incluyendo a los sectores vulnerables que no acceden al servicio de gas), su consumo y dependencia del GN, es el tomado como punto de partida para proponer una alternativa energética para el ACS.

Otra problemática que suma a la crisis energética por la degradación ambiental de los recursos naturales es la creciente generación de residuos sólidos urbanos (RSU), y su deficiente disposición final.

En el AMM, el 75 % de los residuos domiciliarios recolectados se disponen en vertederos incontrolados, de los cuales los valores de los residuos sólidos plásticos (RSP) resultan altos y preocupantes. El 10,3% del valor total de los RSU generados en la provincia, corresponden a los RSP, donde el 4,5% le corresponden al PET, siendo aproximadamente 166 T/mes. Al año se estima una generación de 2000 Toneladas de envases PET, donde sólo el 40% se recicla (800 t) y el restante 60% queda en los canales, basurales, etc.

Su acumulación en los canales y acequias constituye un serio problema ya que obstruye la circulación del agua, siendo éstos indispensables para la irrigación del oasis artificial del AMM. Además impiden la evacuación del agua de lluvia durante las tormentas en Mendoza.

Por lo tanto, es especialmente interesante de eliminarlo de la vía pública y reciclar, considerando la posibilidad de utilizar este material, que hoy no tiene valor económico y contamina el medio ambiente.

Entendiendo que las alternativas energéticas son fundamentales para satisfacer la creciente demanda de energía, además de reducir la degradación del ambiente, se propone un sistema de calentamiento de agua sanitaria solar. En la elección de materiales para el armado de los prototipos se consideró utilizar materiales que fueran asequibles para el sector residencial de estudio.

En conclusión, el sistema de calentamiento de agua sanitaria solar propuesto se construye reutilizando materiales plásticos descartados.

Los objetivos planteados tienen como objeto responder a parámetros ambientales, económicos y sociales, por lo que las conclusiones de resultado se diferencian en estos términos.

Conclusión ambiental

Para determinar un prototipo tecnológico que sea una solución factible, que brinde condiciones óptimas de utilización, duración, un rendimiento tal que proponga una alternativa energética viable y a la vez una reducción del impacto ambiental provocado los residuos sólidos plásticos descartados se desarrolla el sistema propuesto.

El sistema se compone con su totalidad de materiales plásticos, que podrían ser reciclados, de modo de disminuir el impacto de los mismos y a la vez, constituirse en un producto útil. Consta de un circuito de agua de Polipropileno (PP), adaptado para resistir las temperaturas que pudieran producirse en el sistema, una cámara de aire para disminuir el efecto convectivo que enfría al agua que circula por los caños con botellas de PET; un sistema de redirección de la

radiación solar por reflexión con papel reflejante para mejorar la performance óptica y finalmente térmica del sistema. La cubierta transparente se confeccionó de botellas de PET de la recolección de la vía pública.

Se confeccionaron 2 prototipos de prueba, los cuales tienen equivalentes características de dimensionamiento. Cada unidad de estudio tiene una superficie colectora de 0,75 m². Su diferencia radica en la cubierta transparente de envases PET descartados. Además, se propone un sistema rediseñado y optimizado a partir de los resultados obtenidos en el proceso experimental. La figura 99 muestra los 3 sistemas ensayados y esquemáticamente sus diferencias:

Sistema de ACS a, con cubierta transparente de conformado por **2 botellas de PET**,

Sistema de ACS b, con cubierta transparente de **1 botella de PET**.

Sistema de ACS a', optimizado con cubierta transparente de conformado por **2 botellas de PET**

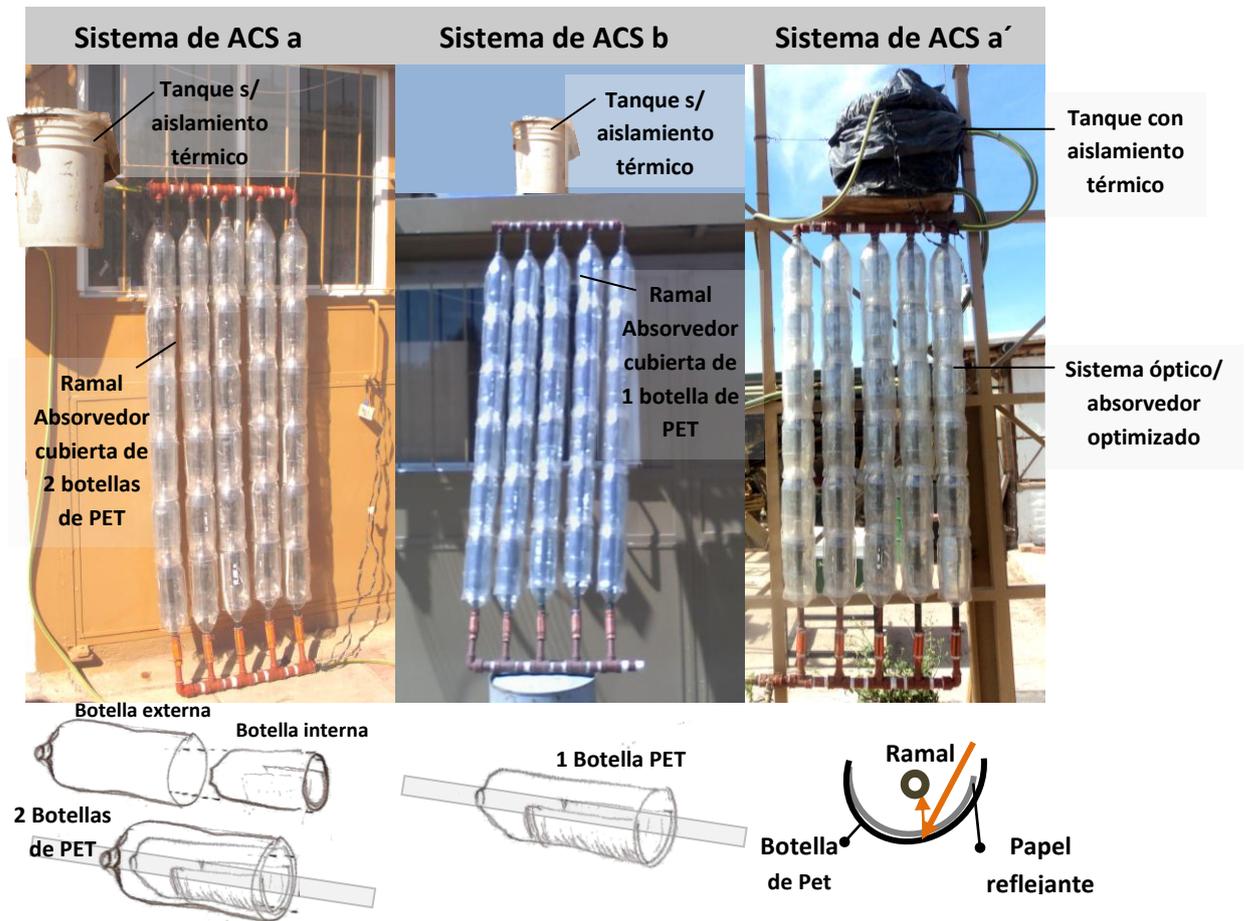


Fig. 99: Imagen de los 3 sistemas de ACS estudiados.

- El colector de **ACS a** mantiene la temperatura alrededor de 37 °C durante las horas días del mes de octubre (mínimo requerido como temperatura de consumo). Alcanza un 50% de rendimiento en sus valores máximos, disminuyendo por las pérdidas térmicas que

aumentan conforme aumenta la temperatura del fluido. La diferencia entre temperatura de agua de entrada y salida del colector es mayor a los 10°C. (capítulo 4.6)

El sistema con doble botella, reacciona negativamente en el Clima de Mendoza, ya que provee un menor ahorro energético dado las condiciones climáticas del lugar. Disminuye el rendimiento a causa de que la doble botella tiene mayores pérdidas ópticas y la mejora en la menor transmitancia térmica no resulta visible. Por lo tanto, es una muestra fehaciente de que el sistema con una botella será mejor para Mendoza. Este tipo de colector con menores pérdidas térmicas es favorable de utilizar en climas fríos y con menor radiación solar. (Capítulo 8.4.3)

- El colector **ACS b** resultó ser el óptimo para el caso de Mendoza, ya que las mediciones realizadas en la época invernal, demostraron la potencialidad del sistema más simple de todos, tomando en cuenta que el colector tiene una cubierta transparente con una sola botella y el tanque no tiene aislamiento térmico.

Para un día de pleno invierno, con inclusive una pequeña helada que genera temperaturas bajo cero en la madrugada, el sistema reacciona calentando el agua del tanque que permanece sin aislamiento térmico. Se puede observar que las mediciones muestran temperaturas de agua caliente moderadas de entre 33°C y 40°C del agua del colector. Si bien, este colector presenta mayores pérdidas térmicas las mejores condiciones de transparencia se justifican en climas más soleados y cálidos. (Capítulo 6.2.1 y 6.3.)

- En el colector de **ACS a'**, se optimizó el sistema óptico - absorvedor, se reemplazo del papel reflejante interno por uno autoadhesivo, obteniendo una reflexión que genera mayor ganancia solar en el absorvedor, además se colocó aislación térmica en el tanque de almacenamiento. Si bien la investigación no se enfatizó en el estudio del sistema de almacenamiento, cabe destacar los datos arrojados, en el mes de octubre, de la optimización del sistema. Estas modificaciones resultan favorables ya que las temperaturas en las horas de mayor asoleamiento aumentan en 5°C respecto a las mediciones de los otros colectores, y en las horas donde el sol se esconde, el descenso de temperatura se produce en menor medida. La diferencia entre temperatura de agua de entrada y salida del colector es menor a los 5°C, brindando una performance superior que en el caso del ACS a. Colocar el aislamiento térmico permite un funcionamiento más independiente del clima, esto resulta beneficioso en muchos lugares sumando la posibilidad de contar con agua más entibiada en la mañana siguiente al día soleado, lo cual en algunas culturas puede ser importante de implementar. (Capítulo 8.4.3)

Cualquiera sea el sistema a utilizar se obtiene:

- Este sistema brinda valores de energía ahorrada al año que resultan atractivos, demostrando ser una alternativa energética factible de ser utilizada.

En el caso de aplicarlo a Mendoza se concluye que:

- Es mayor el ahorro energético del colector **ACS b** que del ACS a, ya que para el primero se necesitan 5 colectores, mientras que para el segundo se necesitan 6 colectores para llegar a un rendimiento equivalente que permita el 80% de ahorro energético (7956,3 kWh/año).

- El colector **ACS b** provee energía solar que cubre el 80 % de las necesidades anuales utilizando 5 colectores, esto se traduce en el ahorro de 7956,3 Mj/año y en 446347 kg de CO₂, 39,78 kg de NH₄ y 0,80 kg N₂O no emitidos a causa del ahorro energético. Estos valores disminuyen la necesidad de dependencia a la red de gas natural y/o leña brindando una posibilidad accesible.
- Al disminuir el consumo en 80 % podemos enfrentar este consumo reducido con biomasa, sin generar desertificación dado que podemos alentar a que se crezca y se reponga los ejes planos. (o al utilizar Algarrobo permitimos usar la madera que este árbol entrega anualmente).

Conclusión Económica

El valor del colector **ACS a** y **ACS b**, alcanza los \$ 127,20 c/ uno (€25,40 al 25/11/2010) para la superficie colectora de 0,75 m². Para el colector **ACS a'**, el costo del colector aumenta en un 20 % , a la modificación del sistema óptico/absorbedor le corresponde un 15%, mientras que la colocación de aislación en el sistema de almacenamiento le corresponde el restante 5% de incremento en los costos. El valor total es de de \$160,70. (€32,7 al 25/11/2010).

El estudio de costo para una familia de 7 integrantes arroja un valor de \$1723,20 (€344,6 al 25/11/2010). Estos valores incluye: costo del colector: \$678,20 (€135,6), más el costo del Tanque de almacenamiento térmicamente aislado previsto de 225 l de capacidad en \$ 700 (€140), más un 20% por los gastos de conexión del sistema (\$345 (€69).

- La amortización económica se produce a los 2 años y 9 meses de instalado el sistema. Los valores resultan accesibles a una familia de bajos recursos, ya que el costo de adquisición resulta equivalente a los costos de termotanques tradicionales, pero si se utiliza el sistema de ACS se ahorraría el costo de operativo del servicio. El ahorro energético anual traducido en costo económico es de \$616,2 (€123,2 al 25/11/2010). (*ver capítulo 8. 3.2*).

Conclusión Social

El sector residencial estudiado presenta poblaciones de diferentes clases económicas y socioculturales:

Población de clases medias y altas: constituye el 70% de la población del AMM, dependiendo casi exclusivamente de este recurso (gas) para el calentamiento de agua sanitaria.

Población urbano-marginal y población rururbana-rural: Este sector es el 30% restante, el cual no tiene acceso al servicio de de red de gas natural. Las posibilidades energéticas de este sector radican en la posibilidad de adquirir una garrafa social subvencionada por el Estado, siendo insuficiente su abastecimiento y acrecentando la problemática de los sectores vulnerables.

Una porción de este sector (estimada de 10.000 personas), está asociada directa o indirectamente, a la actividad informal de la recolección y posterior venta de residuos sólidos

urbanos. Las condiciones socio económicas de esta población están vinculadas con la extrema pobreza.

La tecnología propuesta permite lo siguiente:

En el sector de población sin posibilidad de acceso a la energía, disponer del Sistema ACS:

- Equipara las posibilidades de acceso a esta alternativa energética, evitando la discriminación socio-cultural. Admite la ejecución por parte de cualquier integrante de la familia ya que es técnicamente sencillo, lo que facilita el alcance en las comunidades de bajos recursos que tiene dificultades serias al momento de tener que adquirir artefactos. La posibilidad de tener acceso al agua caliente sanitaria, acrecienta la higiene personal y por lo tanto disminuye la aparición de enfermedades infecto – contagiosas.

En el sector poblacional que accede a la energía (mayor poder adquisitivo)

- Las diferentes posibilidades de adaptación arquitectónica del colector, permite la aceptación de los sectores de mayores recursos, teniendo la posibilidad de integrar las energías renovables y reducir el consumo de gas para el calentamiento de agua sanitaria.

Se concluye al fin con el análisis del sistema de ACS confeccionado a partir de elementos plásticos descartados, siendo una alternativa energética que responde a las necesidades de la población de estudio. Cabe destacar que este sistema permite la reproducción y aplicación en otros lugares con diferentes climas. Es un sistema asequible económicamente para los sectores más desfavorecidos del AMM, quienes pueden elaborarlo por sus propios medios, siendo una tecnología sencilla de aplicación y difusión. El proceso de armado se detalla a continuación en el Manual por autoconstrucción.

La próxima etapa corresponde a la difusión de la tecnología, la cual arrojará mejoras en el sistema, siendo parte de un próximo trabajo a elaborar.



CAPÍTULO 10

CAPÍTULO 10: BIBLIOGRAFÍA

10.1. REFERENCIAS

Alano F., *Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA, Gobierno del Estado de Paraná, Coordinadora de Resíduos Sólidos - CRES*, 2006. “Água Quente para Todos”. <http://www.sema.pr.gov.br>

Alfredo Esteves. *Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV-INCIHUSA) Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT)*. “Calentamiento de Agua de Energía Solar.

Amílcar Fasulo, Jorge Follari y Jorge Barral, 1999- “Colector Solar acumulador integrado con un plano” *Revista ASADES*

Busso, Arturo J., Aeberhard, Arturo F., 1999-“Calefón Solar de Bajo Costo con colector Plástico Plano construido en parte con elementos de descarte: Perspectiva Económica”- *Revista ASADES*

Camilo Rojas, 2006-“Calentador Solar de bajo costo de PVC sin termotanque” <http://micalentadorsolar.com.mx/documents/version5.html>.

Colegio de Arquitectos Mendoza. Noviembre 2009 “Contribuciones del Colegio de Arquitectos de Mendoza al Plan Estratégico de Desarrollo de la Provincia de Mendoza”

Correa, Erica; De Rosa, Carlos ; Lesino, Graciela. *Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. LAHV-INCIHUSA-CRICYT-CONICET*. “Isla de Calor Urbana. Efecto sobre la Distribución de los grados día de calefacción y Refrigeración en el área metropolitana del Gran Mendoza.” *Informe de Avance*.

Diario On-line: *Observatorio Petrolero del Sur*. 29/06/2010 “Mendoza: El 30 por ciento de los hogares de la provincial no accede a la red de gas”

Duffie J., Beckman W. 1992. *Solar Engineering of Thermal Process*. J. Wiley. Cap. 12, pp. 499.

Esteves Alfredo. *Del 27/06 al 04/07 de 2003 -Curso de Calentamiento de Agua con Energía Solar – CCT CONICET Mendoza, Argentina –*

Esteves A., Buenanueva F. 2005. *Calefón Colector Acumulador Unificado de bajo costo* . *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. AVERMA. Vol. 9, Secc. 3, 43-48. Impreso en la Argentina*.

Esteves A. Gelardi D., 1999. *Muro de Botellas de PET para incrementar la inercia en invernaderos para cultivos. AVERMA N°3, Secc. 9, pp. 9 – 13*.

Fundación Universidad Tecnológica. *Regional Mendoza. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable*. 2007. “Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (SGIRSU) para el Área Metropolitana Mendoza”.

Gelardi D., Esteves, A., Puliafito E., Quero J., Inzirillo R. 2000. *Bioclimatic buildings with water wall solar system with bottles of polyethylene terephthalate (pet)*. Proceedings of 3rd International Conference for Teachers of Architecture. 04.03. Oxford UK.

Grupo de Trabajo Técnico del Convenio de Basilea, 2001 *“Directrices para la Identificación y Gestión Ambientalmente racional y para su eliminación sobre los restos de cables con revestimiento plástico”-Revisión 6– Texto editado.*

Jaime Nisnovich, 1998-*“Manual Práctico de Instalaciones Sanitarias”*. Edit. El Hornero.

Kreither K., Keith E. 1981. *Solar Energy Handbook*. Ed. Mc Graw Hill, N.Y.

Litter, Marta I., Héctor D. Mansilla. 2001. *“Desinfección Solar de Aguas en Comunidades Rurales de América Latina”*. AICD.

López Lara, Germán. 2008. *“Instalaciones solares térmicas”*. *Sistemas de Energía Renovables en la edificación*.

Ma. Belén Levatino *“La gestión de los Residuos urbanos metropolitanos de la Provincia de Mendoza”*.

Programa del Estado de Paraná Brasil, 2008-*“Calentar agua mediante energía solar reutilizando botellas PET”* <http://desenchufados.soygik.com/calentar-agua-mediante-energia-solar-reutilizando-botellas-pet/>

Valeriano Ruiz Hernández. 2008. *“Radiación Solar”(Texto Simplificado)* Universidad de Sevilla. Instituto Andaluz de Energías Renovables.

Saravia, R. Echazú, M. Quiroga y P. Robredo. 2000. *Acumulador de agua para climatización de invernaderos armado con botellas de PET*. L. AVERMA N°4, Secc. 02, pp. 07-12.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Septiembre, 2005. *“Estrategia Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU) “*

Secretaría de Energía de la Nación, República Argentina. Avance año 2006 (Provisorio) *“Balance Energético Nacional “*

Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Mendoza, 2009. *Cálculos estimativos de los Residuos sólidos Urbanos Metropolitanos*.

Seltzer, David, Sebastian Severino, Ing. Gustavo Tamburrini. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza. Mayo de 2006. *“Política Energética de Mendoza: del Energía al Power. Aportes para su desarrollo y Formulación”*.

Serrano P. 1995. *Energía Solar para Todos*. Ed.

Universidad Nacional de Cuyo-2004. *“Situación Energética Local: Balance y Perspectivas de una Problemática Compleja”*.

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza - Instituto Regional de Estudio Sobre Energía- Ministerios de Cultura y Educación. Abril 2007. "Matriz Energética Provincia de Mendoza".

Victoria Mercado, Alfredo Esteves- CCT-CONICET Mendoza. 2010 "Comportamiento termico-energético de una vivienda social de la ciudad de Mendoza, Argentina"

10.2. BIBLIOGRAFIA

1. Proceedings del II International Conference for Teachers of Architecture. University Degli Study di Firenze and Oxford Brookes University. Florencia, Italia. 1997.
2. Herzog Thomas. "Solar Energy in Architecture and Urban Planning". 1998.
3. Proceedings del III International Conference for Teachers of Architecture. University Degli Study di Firenze and Oxford Brookes University. Oxford, Inglaterra. 2000.
4. Gallo C., Sala M., Sayigh A.M.M. "Architecture. Comfort and Energy". 1998.
5. Szokolay S.V. "Arquitectura Solar". Ed. Blume. 1983.
6. Cottini A., Magni de Díaz Liliana. "Geometría Solar en Arquitectura y Urbanismo". Ed. Idearium. Mendoza.
7. Olgyay Víctor. "Arquitectura y Clima". Ed. Gili. (Reimpresión). 1998.
8. Koenigsberger O.H., Ingersoll T.G., Mayhew A., Szokolay S.V. "Viviendas y Edificios en zonas Cálidas y Tropicales". Ed. Paraninfo. 1977.
9. Mazria E. "The Passive Solar Energy Book". Ed. Emmaus. P.A. Rodale Press. 1979.
10. Goulding J.R., Owen Lewis J., Steemers T.O. "Energy in Architecture. The European Passive Solar Handbook". Ed. B.T. Bashford Limited. London. 1994.
11. Sala Marco. "Technology for Modern Architecture". Renewable and Sustainable Energy Reviews. Pergamon. Vol. 2, pp. 189-234.
12. Roth J., Hashimshony R., Wachman A. "Generating Layouts with Non-convex Envelopes". Building and Environment. Vol. 20, N° 4, pp. 211-219, 1985.
13. BRESCU, BRE, Watford G. "Planning for Passive Solar Design". Department of the Environment, Transport and The Regions.
14. Steadman P. "Energía, Medio Ambiente y Edificación". Ed Blume. 1982.
15. Universidad de Mendoza. El Medio Ambiente y la Contaminación producida por el Hombre. 1989.
16. Cambio de Rumbo Energético. Despegue a la era solar. Rev. Deutschland. Oct. 2000.

17. Cambridge Architectural Research Limited. The LT Method 2.0. Royal Institute of British Architects.
18. Serra R. "Arquitectura y Climas". Ed. G.Gili. 1999.
19. Revistas: solar Energy año 1972 a la fecha, Building and Environment, 1985-97, Revista Energy and Building 1995-99. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente desde 1996 a la fecha.
20. Actas de Congresos: ASADES 1977 a la fecha, PLEA 1978 a la fecha; ISES, SENESE, ASES varios tomos
21. Bargna A., Curadelli S., Martín V., Esteves A. 1998. "Rendimiento Termico de Sistemas Solares Pasivos con Obstrucciones Laterales". Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol.2, Nº 1, pp. 03.29-03.32.
22. Esteves A., Gelardi D. 2003. "Docencia En Arquitectura Sustentable: Programa de Optimización de Proyectos de Arquitectura Basado en el Balance Térmico". Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 7, Ed. En CD ISSN 0329-5184. Tomo II, Secc. 10, pp. 31-36.
23. Esteves A., Ganem C., Fernández E., Mitchell J. 2003. "Thermal Insulating Material for Low-Income Housing". 20th Conference on passive and Low Energy Architecture, Santiago. Chile. Ed. en Cd: art.11.
24. V. Garcia-Hansen, A. Esteves, A. Pattini . 2002. "Passive Solar Systems for Heating, Daylighting And Ventilation for Rooms Without An Equator-Facing Facade". Renewable and Sustainable Energy. ISSN: 0960-1481 Vol. 26. pp. 91-111 Pergamon-Elsevier Sc. NY.
25. Roaf Susan, Fuentes Manuel, Thomas Stephanie. 2003. Ecohouse 2 - A Design Guide. Architectural Press, Amsterdam. ISBN 0 7506 5734 0.
26. GIL, Salvador. "Gas natural en Argentina: presente y futuro". (en Ciencia Hoy, Volumen 17 Nº101, octubre noviembre 2007.)

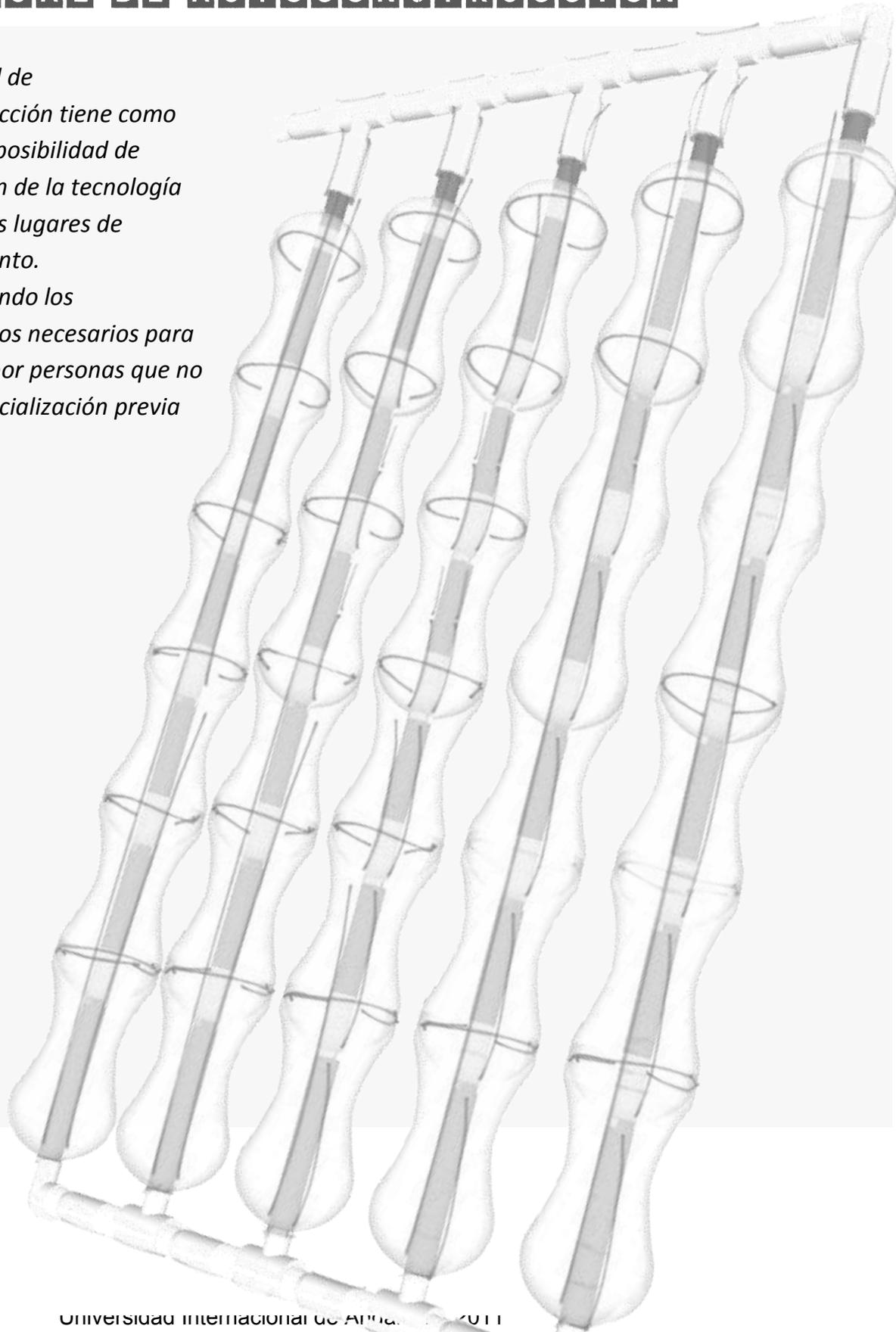


CAPÍTULO 11

■ ANEXO I

MANUAL DE AUTOCONSTRUCCION

Este Manual de Autoconstrucción tiene como finalidad la posibilidad de reproducción de la tecnología en diferentes lugares de emplazamiento. Proporcionando los conocimientos necesarios para su armado por personas que no tengan especialización previa en el tema.



■ ÍNDICE MANUAL DE AUTOCONSTRUCCIÓN

1. Ubicación del Colector en la vivienda.....	155
2. Dimensionamiento.....	155
2.1. Consumo de Agua total diario (integrantes de la vivienda)	155
2.2. Determinación de dimensiones del colector a utilizar.....	156
3. Materiales	158
4. Partes del Sistema.....	159
5. Autoconstrucción del Sistema	160
5.1. Primera Etapa: Armado de Cubierta Transparente	160
5.2. Segunda Etapa: Armado de circuito de Conducción de agua	164
5.3. Integración y Resultado del Sistema	166
5.3.1. Unión roscada.....	167
5.3.2. Unión por termofusión	170
5.4. Sistemas de Sujeción	172
5.5. Integración del sistema solar con sistema de almacenamiento	173

Para construir el Sistema de Calentamiento de Agua Sanitaria Solar, reutilizando elementos plásticos descartados, se debe en primer lugar definir:

■ 1. UBICACIÓN DEL COLECTOR EN LA VIVIENDA

Conocer los requerimientos de la vivienda a servir y el lugar de posible implantación del sistema:

- Ubicación del Tanque de Agua: conocer niveles y conexiones ya instaladas en la vivienda.
- Identificación de la fachada más expuesta a la radiación solar (sector de la vivienda que mayor incidencia solar, sobretodo lo que posea mayor cantidad de horas solares en la época de invierno). En el hemisferio Sur es la orientación Norte, y en el hemisferio Norte es la orientación Sur.
- Detectar posibles elementos que arrojen sombras sobre el sistema.
- Una vez armado el sistema se debe considerar el peso del mismo para evitar que este pueda alterar la estructura de la vivienda.

■ 2. DIMENSIONAMIENTO BÁSICO DEL SISTEMA

2.1. Consumo de agua total diario

Calcular el consumo de agua total diario que se requiere en la vivienda.

La siguiente Tabla nº muestra las cantidades promedio de consumo de una persona por día de agua caliente y fría. Estos valores sirven de referencia inicial, ya que pueden variar según los hábitos, costumbres y preferencia de cada integrante de la familia.

En el caso de una familia tipo (4 personas) se consideran los valores de agua consumida indicada en la Tabla nº1 para los adultos que habitan la vivienda, mientras que para los niños se estipula un consumo diario de 25 litros/día. Por ejemplo, para cada persona adulta se necesita para ducharse 25 litros y 7 para el reiterado lavado de manos durante el día, total 32 litros/día, sumando el lavado de vajilla 15 litros y el lavado de ropa de 3 litro diarios o 21 litros semanales. El valor total de consumo de un adulto es de 50 litros/día.

ELIMINACIÓN DIARIA Consumo por persona			
Cantidad de agua requerida por persona	FRIA	CALIENTE	Observaciones
Inodoros [l/d]	75 agua negra		
Ducha [l/d]	25 agua gris	25	
lavado de manos [l/d]	15 agua gris	7	
lavado de vajilla [lt/d]	15 agua gris	15	
Lavado de ropa [l/d]	3 Agua gris	3	(21 l/semana)
limpieza de la casa [l/d]	20 agua gris		
TOTAL CALIENTE	153 l	50	litros/persona/día
TOTAL FRÍA/CALIENTE	203 Litros/persona/día		

Tabla n°1: Cantidad promedio de consumo de agua caliente y fría por día por persona.

Fuente: Balance Energético. 2008. Ing. Alfredo Esteves

En el caso de una familia tipo el cálculo sería el siguiente, para los 2 adultos se considera una valor subtotal de 100 litros/ día y para los 2 niños se considera un valor subtotal de 50 litros/día, arrojando un resultado total familiar de consumo de agua caliente sanitaria de 150 l/día.

2.3. Determinación de dimensiones del colector a utilizar

Una vez definidos los puntos previamente mencionados: consumo total y ubicación del sistema, se puede definir el tamaño del colector y la mejor conformación del sistema para que se adapte al lugar de emplazamiento del sector elegido. Es decir, si las diferencias entre los niveles no fueran los apropiados, se puede cambiar las medidas y reducirlas en el largo y agrandarlas en el ancho o viceversa, tomando en cuenta la misma superficie total.

Se determina la superficie de 0,75 m² (1,50 x 0,55) para el consumo de 37 l para una persona. Esta unidad se puede observar en el esquema de la figura 1.

El calentador solar para 4 personas necesita de una superficie colectora de 2,30 m². Esto significa que debemos armar un colector que tenga las medidas suficientes para alcanzar cierta dimensión. En este caso, se determinaron las siguientes medidas 1,80 m de largo y 1,20 m de ancho (Ver Figura 2).

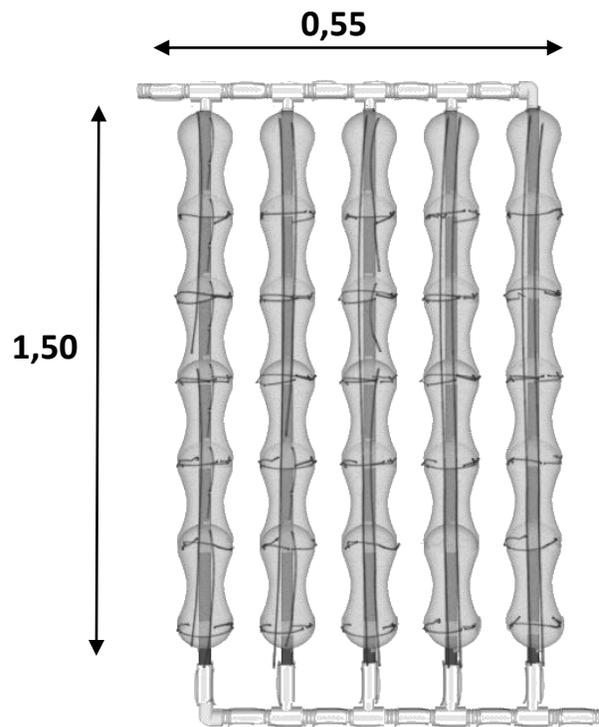


Fig. 1: Unidad de medida del Colector Solar.

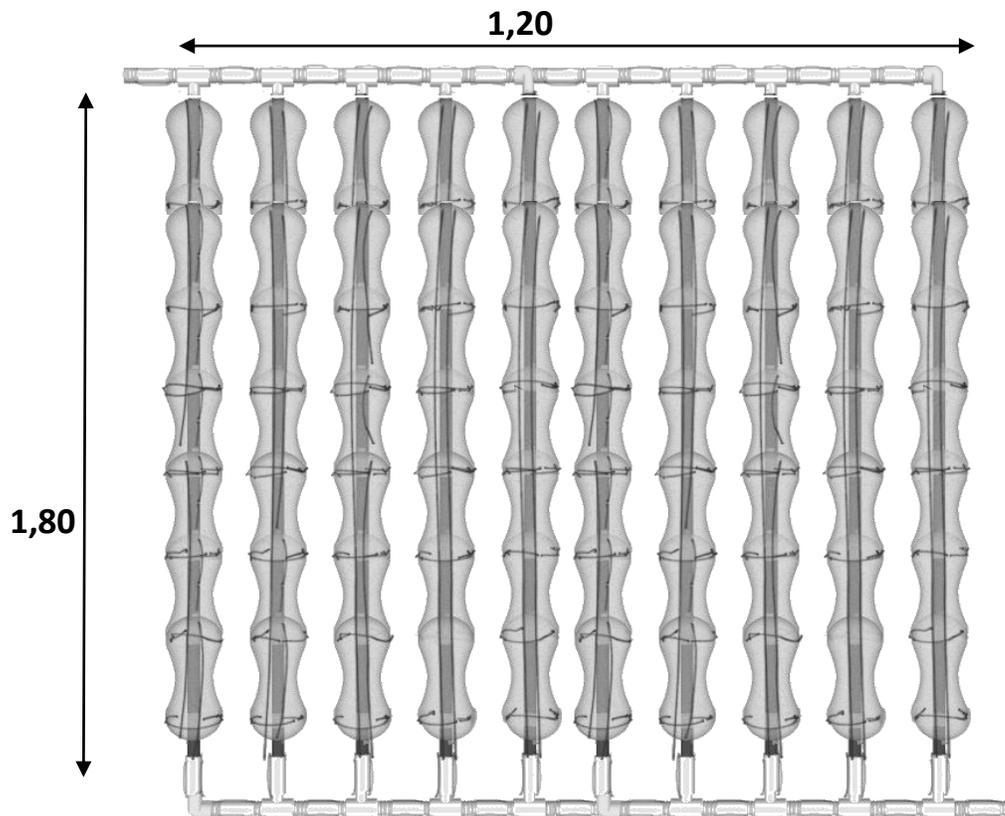


Fig.2 : Colector Solar dimensionado para cuatros persona. Unidad de medida.

Luego de terminar con el proceso de definición del dimensionamiento del colector, se comienza la recolección de los materiales a utilizar.

■ 3. MATERIALES

El sistema se compone en su totalidad de materiales plásticos. La idea es reutilizar materiales plásticos descartados. En el caso de los caños de agua, se pueden adquirir locales comerciales

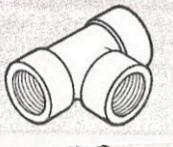
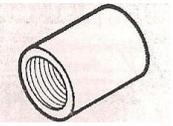
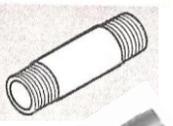
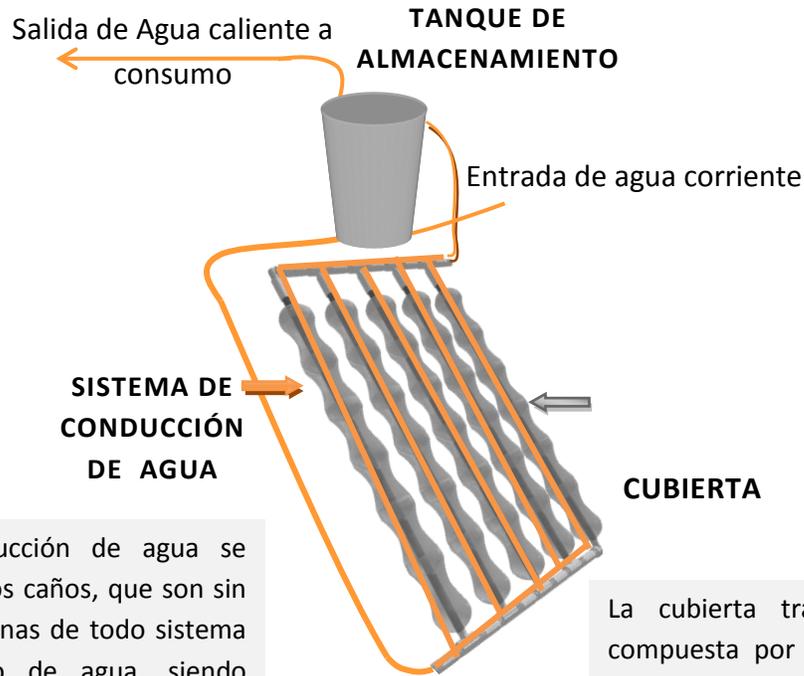
Materiales utilizados	
 <p>PLÁSTICO: PET Botellas tipo PET cristal desde 2 1/4 l hasta 1l , de diferentes marcas de jugos y gaseosas, tales como Coca Cola, Pepsi, Talca, etc. Se pueden utilizar botellas de otros colores pero se aconseja las tipo cristal para una mayor penetración de la radiación. El Pet se puede reconocer con el siguiente símbolo:</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>PLÁSTICO: POLIPROPILENO Los caños son de Polipropileno, se conoce con las siglas P.P en el mercado. Se recomienda solicitar en el local los caños de Polipropileno Copolímero Tricapa, ya que resisten mejor a la intemperie y a las altas temperaturas. Los caños son aptos para la conducción de agua caliente a temperaturas de hasta 120°C. Existen varias medidas de caños, y vienen en color marrón.</p>
Conexiones de Polipropileno	
	-Tee con reducción 1" - 1/2".
	Codo con reducción 1" - 1/2"
	Cupla 1/2".
	Niple de 1/2 ".
	Espiga roscada macho 1/2".

Fig. 3: Materiales utilizados

4. PARTES DEL SISTEMA

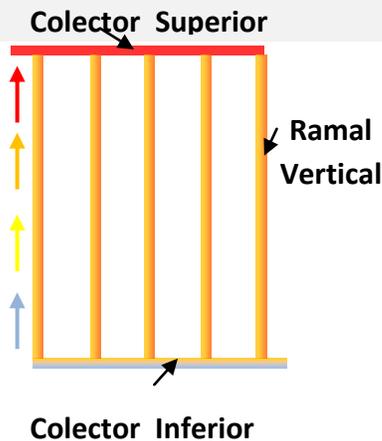
El sistema está compuesto por un **circuito de conducción de agua**, combinando caños de plástico y conexiones roscadas. Las partes del sistema de conducción son:

Ramales, colectores, conexiones: Tees con reducción, codos a 45° con reducción, cuplas, espigas roscadas y niples. Además tiene una **cubierta transparente** compuesta por botellas plásticas de PET transparentes.



El sistema de conducción de agua se produce a través de los caños, que son sin duda, las arterias y venas de todo sistema de aprovisionamiento de agua, siendo elemento conductor cuya calidad y eficacia decide en gran parte el buen resultado de la instalación.

Partes del Sistema de conducción de Agua:



La cubierta transparente está compuesta por las botellas de PET recolectadas de 2 1/4 l hasta 1l.

Las botellas necesitan de algunas modificaciones para su armado.

BOTELLA 2 1/4 lt. Y 2 lt. BOTELLA 1,5 lt. Y 1 lt.

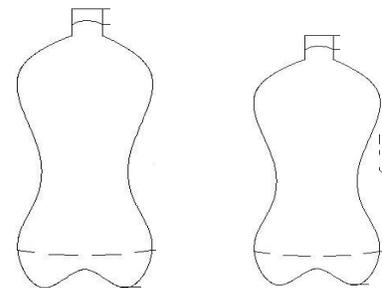


Fig. 4: Partes del sistema

5. AUTOCONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA

La Autoconstrucción del Sistema de Calentamiento de Agua Sanitaria Solar consta de 3 etapas. La primera etapa consiste en el armado de la Cubierta transparente, la segunda en el armado del sistema de conducción de agua y la tercera es la integración de ambas partes.

Se pueden armar 2 colectores de iguales características que se adaptan según el clima donde se coloque el colector:

Climas fríos: se utiliza un colector con cubierta transparente de doble botellas de PET. La colocación de las botellas se explica en el punto e.

Climas cálidos: En este caso, se recomienda utilizar una botella de PET en la cubierta transparente. La colocación de las botellas se explica en el punto e.

5.1. Primera Etapa: Armado de Cubierta Transparente

Previo al armado del sistema se deben recolectar botellas PET. Estas se pueden obtener de la recolección en la vía pública, en locales comerciales con venta de bebidas o de la recolección domiciliaria.

Se deben conseguir algunas herramientas para realizar esta etapa tales como un cutter con hojas de repuestos, una sierra manual o en caso de tener acceso a herramientas eléctricas se recomienda el uso de una amoladora. Además se debe conseguir papel reflejante autoadhesivo. Este papel se puede adquirir en ferreterías, librería y locales de diseño gráfico. Se debe conseguir un pliego de 4,5m x 6,00 m.

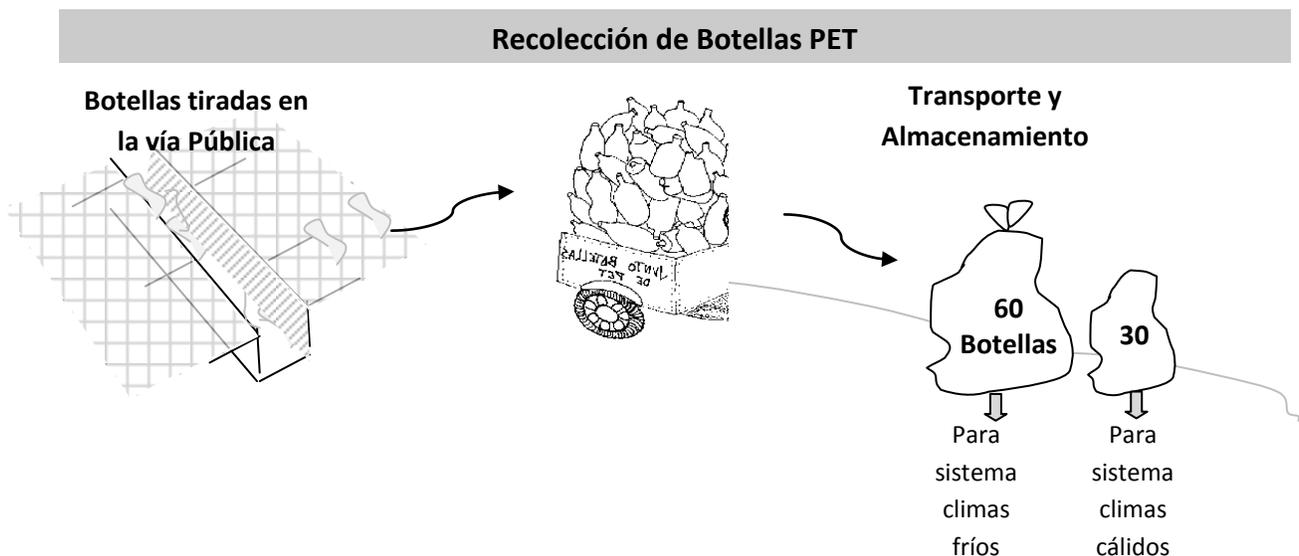


Fig. 4: Recolección botellas PET

Herramientas a utilizar



- a) Una vez recolectadas las botellas de PET, se deben retirar las etiquetas de los envases de modo tal que no queden restos de pegamento o papel autoadhesivo en las mismas. Las tapitas se deben retirar y juntarlas en otro recipiente, ya que con ellas se pueden realizar otros objetos. Luego se realiza el lavado de botellas.

Limpieza y lavado de botellas PET

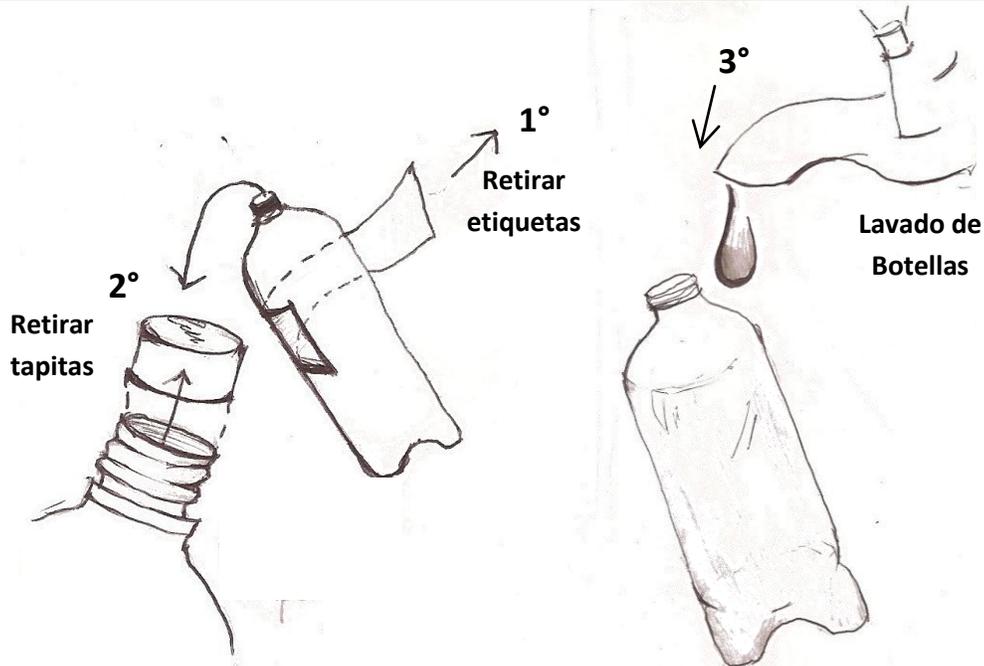


Fig.5: Limpieza y lavado de Botellas PET

- b) **Cortes en las botellas:** Las botellas deben ser cortadas para poder ser apiladas unas con otras en el ramal vertical (absorvedor). Los cortes se realizan en el cuello de las botellas y en la base de la misma. Este paso se realiza para las botellas de todas las dimensiones.

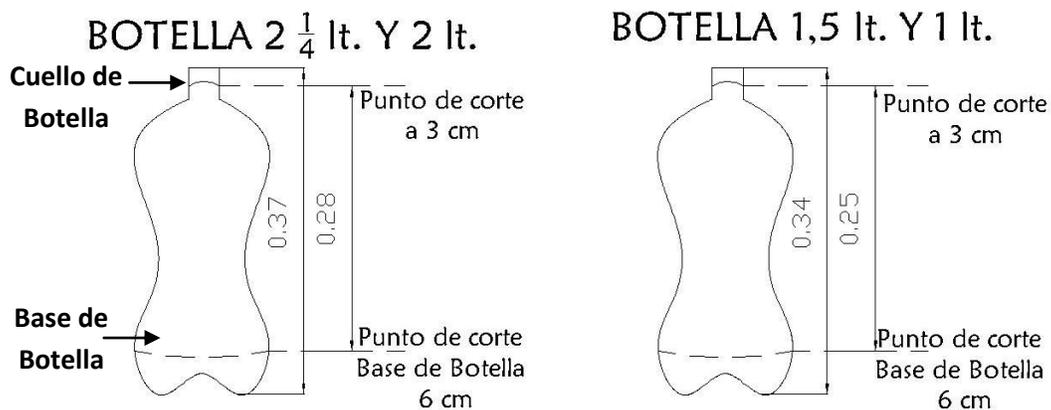


Fig. 6: Esquema de corte de las botellas

Para realizar este paso se necesitan 2 materiales: amoladora o sierra y el cutter. El corte superior se realiza en el cuello de la misma a 3 cm del borde, por lo que se recomienda utilizar un arco de sierra o en su defecto amoladora teniendo la precaución de utilizar protecciones adecuadas. Este corte no se puede realizar con cutter, ya que a esta altura el espesor del plástico es de 4 mm y resulta muy difícil hacerlo con esta herramienta.

El segundo corte se realiza en la base de la botella a 6cm del borde inferior. Este corte se puede realizar con una hoja de cutter, ya que en la base, la botella tiene un espesor menor. Este paso es muy importante ya que de su precisión resultará la rigidez de la unión de las botellas con los caños ramales del calentador, sin utilizar otro material de unión. Caso contrario se deberá realizar un sostén con otra alternativa (ej: pegamento, alambre, etc.)

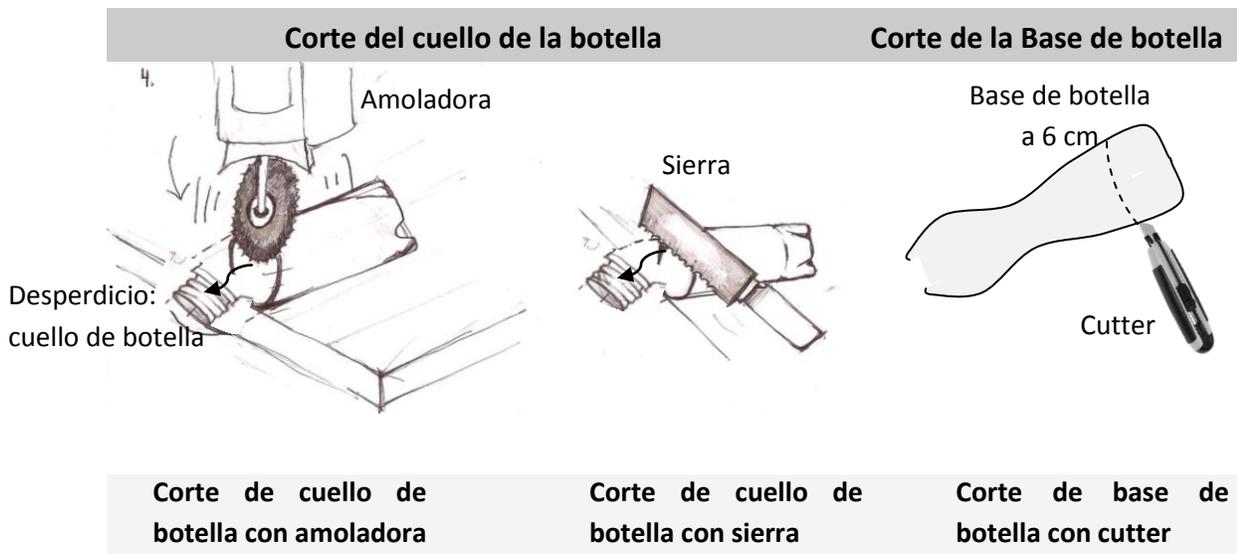


Fig.7: Corte de cuello y base de botellas.

Las botellas cortadas quedan con este formato: con el cuello cortado a la medida exacta del diámetro del caño, y sin base para permitir el acople entre botellas al colocarlas en el ramal vertical.

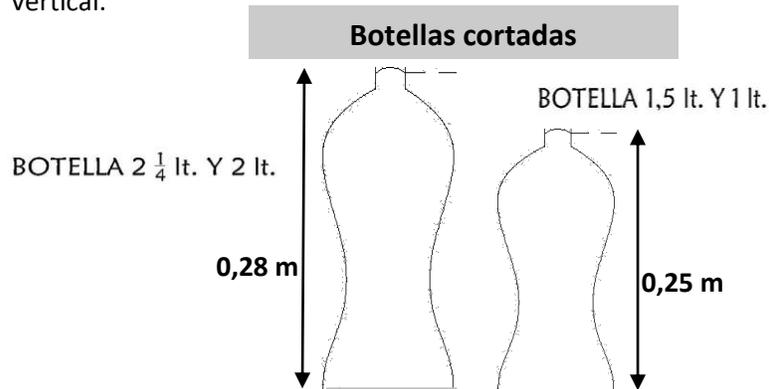


Fig. 8: Materiales utilizados

- c) En caso de no conseguir la suficiente cantidad de botellas de 1 l o 1 $\frac{1}{2}$ l, se puede utilizar las botellas de 2 l realizando los cortes indicados en la siguiente figura. El primer paso es el corte longitudinal a la botella desde su base hasta la curvatura donde comienza el cuello. El segundo paso es superponer los lados cortados, achicando el diámetro de la botella, para luego en un 3° paso unirlos con un gancho de abrochadora. De esta manera queda una botella de menor diámetro posible de introducir en la botella de 2l.

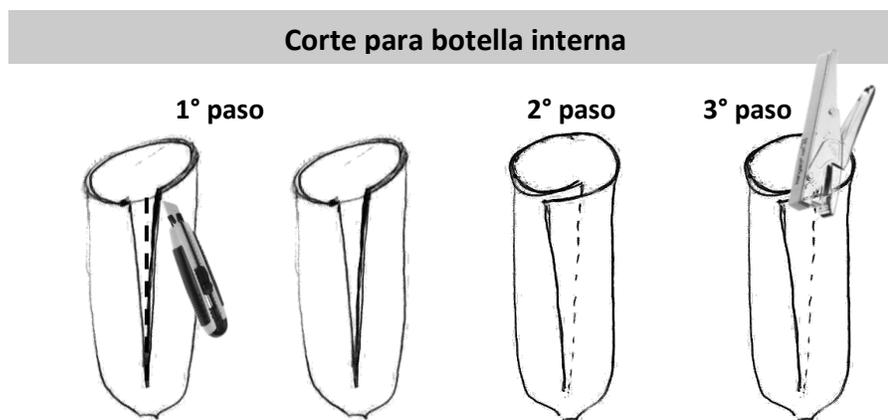
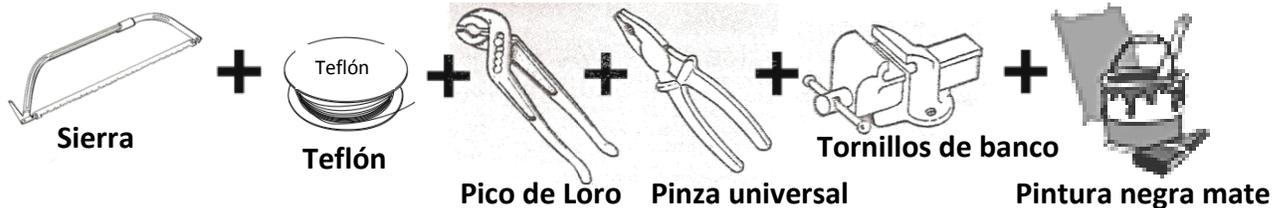


Fig. 9: Corte de botella interna

- d) Luego se coloca el papel reflejante en el interior de la botella de menor diámetro. En primer lugar se deben cortar los moldes de 0,15 x 0,20 m de papel autoadhesivo reflejante. Luego colocarlos en el interior de la botella, intentando adherir de la mejor manera el papel con la botella. Evitar las rugosidades, ya que esto disminuye la capacidad de reflexión del papel.

diferencia mínima de $\frac{1}{2}$ " entre los ramales y los colectores para impulsar el recorrido del agua por termocirculación.

Herramientas a utilizar



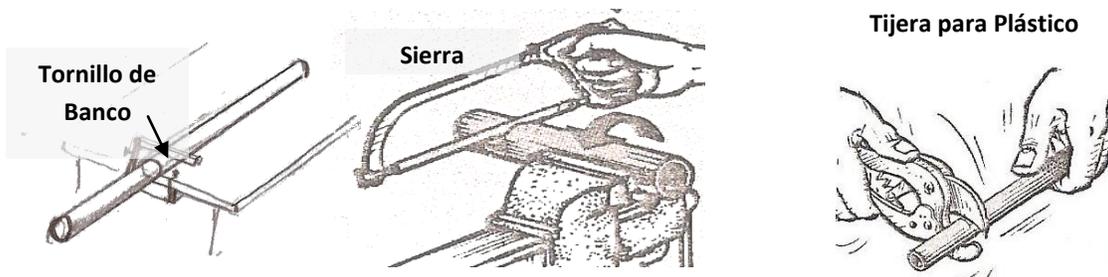
f) Luego de obtener los caños, éstos se deben cortar.

En primer lugar se debe colocar un "tornillo de banco" o prensa a una mesa, el cual sirve para sostener y ajustar los caños para que éstos queden firmes y sea seguro realizar los cortes con la sierra.

Luego se toman las medidas de corte: se debe tener en cuenta que estos caños se proveen en forma comercial en tirones de 6,00 m de longitud. Este dato nos permite disminuir al máximo el desperdicio de material, ya que las medidas pueden ser múltiplos de este valor. En este caso los caños se dividen en cinco cortes de 1,50 m para los ramales verticales, mientras que se cortan 8 piezas de caño de 1" como colector horizontal superior e inferior de 0,08 m.

A continuación se observa en la figura como realizar el corte de los caños.

Corte de Caños



Para asegurar que los caños se adapten bien a los accesorios y a la grifería y que las uniones sean herméticas, los cortes deben ser perpendiculares al eje del caño y de acabado liso.

Hay que utilizar el tipo de hoja más adecuado al tipo de caño, colocarlo con los dientes apuntando en dirección opuesta al mango.

Esta tijera permite cortar caños de polipropileno y polietileno de hasta 1 pulgada. El corte queda parejo, bien afilado, sin rebajas ni aplastamientos.

Fig. 12: Corte de caños de polipropileno

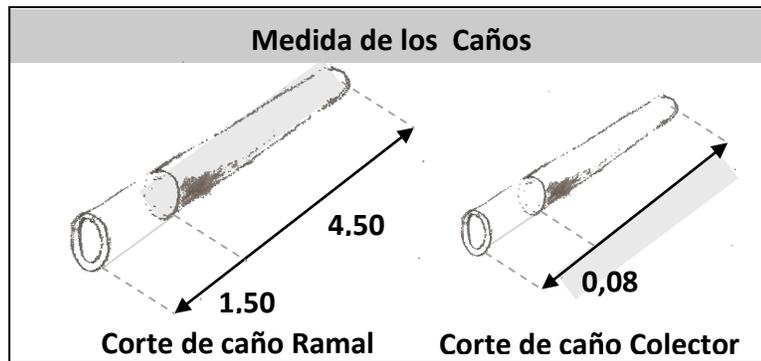


Fig. 13: Medida de caños de polipropileno

- g) Luego se pintan los caños ramales verticales, que ya fueron cortados. Se utiliza pintura esmalte sintético color negro mate de modo de aumentar la absorción del espectro solar.-



Fig. 14: Pintura en los caños ramales (absorvedores)

5.3. Tercera Etapa: Integración y Resultado del Sistema.

La integración de las partes consiste en componer el sistema para su funcionamiento. A continuación se explicará el proceso de armado.

- a) Se coloca la doble botella con el papel reflejante interno de forma tal que envuelva al ramal vertical por el lado sur del colector, es decir dejar la cara transparente hacia el lado que recibirá los rayos solares. Las botellas se colocan una por vez, apilando una arriba de la otra de forma tal que entre ellas queden encastradas sin dejar rendijas que puedan ventilar la cámara. Afortunadamente la forma que poseen las mismas, permiten que una ingrese dentro de la otra y cubran toda la curvatura. Si el corte del cuello de la botella fue el apropiado, no se requerirá ningún elemento de sujeción. Ver Figura 50. Se ajustan simplemente por presión.

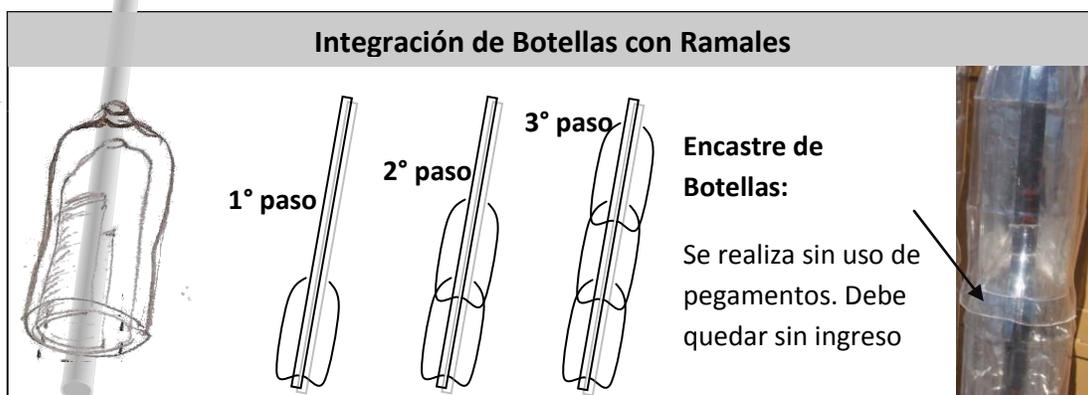
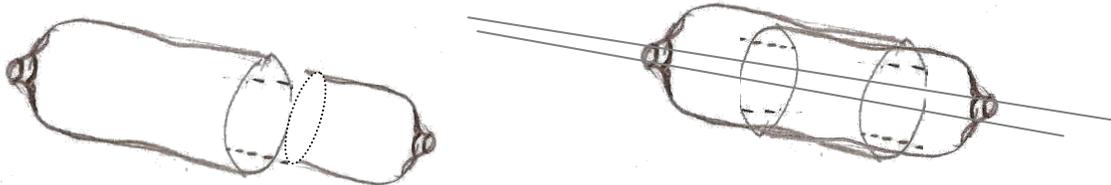


Fig. 15: Integración de botellas con ramales verticales

Una vez colocadas las mismas, se utiliza un “cuello con parte del cuerpo” para cerrar el conjunto. Es decir, en el extremo final que tiene la base de la última botella cortada se agrega un cuello de botella con un tramo de cuerpo que se inserta en la base de esta última botella. De este modo, se puede observar que queda el conjunto perfectamente ajustado sobre el ramal y no será necesario ningún elemento de sujeción adicional.

Pintura en los caños de polipropileno de ½”



Última botella al reverso, como remate de la cubierta transparente. De esta manera se evitan las pérdidas de calor, sin dejar filtraciones.

Fig. 16: Remate de cubierta transparente

Las conexiones del sistema se pueden realizar de dos formas: por uniones roscadas o por termofusión. La diferencia entre ambas, radica en que la primera es más accesible si no se tiene la máquina termofusora, ya que se puede realizar manualmente. En el caso de poseer y/o conseguir la termofusora, se recomienda utilizar este tipo de unión ya que es más ágil el proceso de armado, resulta más económica (no hay que comprar piezas conectoras tales como unión doble), y además asegura un correcto funcionamiento del sistema: esto se debe a que las uniones se realizan por fusión con calor de las piezas, convirtiéndolas en un solo elemento, evitando las filtraciones. (se detallan la técnica en el punto 4.3.2.)

A continuación se detalla el proceso de armado con ambos tipos de unión.

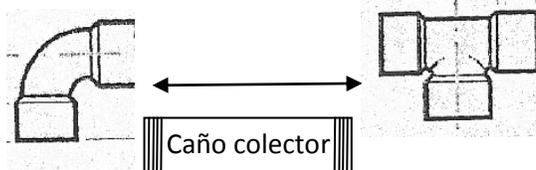
5.3.1. Unión Roscada

b. En primer lugar se realizan las uniones necesarias en cada colector: superior e inferior.

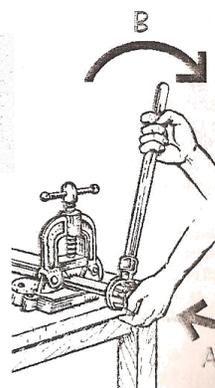
Para la conexión del colector superior, se utilizan las siguientes uniones roscadas: Tee con reducción de 1” a ½”, los codos de 90° con reducción de 1” a ½”. En el caso de necesitar hacer roscas, se puede utilizar una Terraaja.

Codo reducción a 90°

Tee reducción



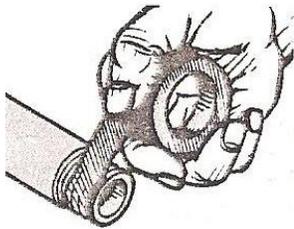
La unión entre ambas piezas de conexión se realiza con el caño colector cortado previamente de 0,08 m.



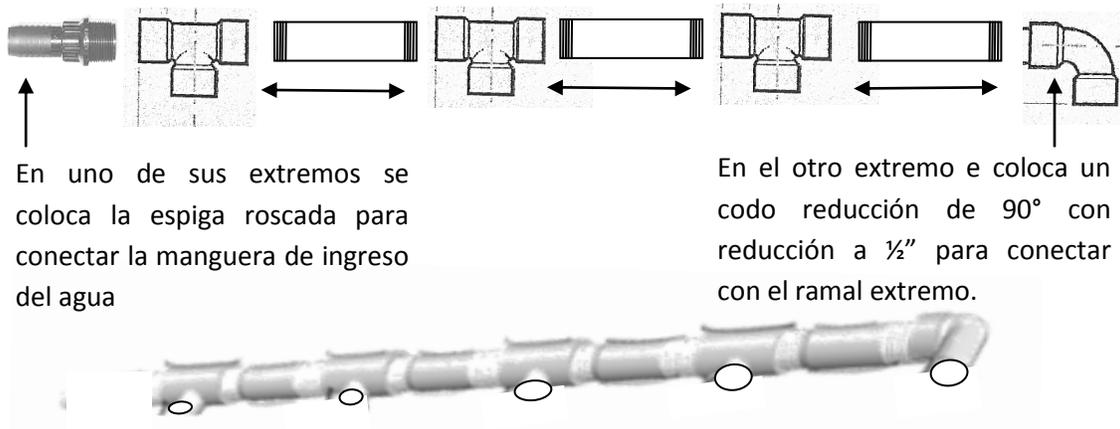
Para roscar los caños se necesita una Terraaja para caños plásticos. El proceso de hacer la rosca se basa en la operación de girar ½ vuelta y luego retroceder en sentido contrario aprox. ¼ de vuelta hasta que los dientes muerdan el caño.

Fig. 17: Unión roscada colector superior.

El paso se repite con las piezas necesarias, según cantidad de ramales a colocar. En este caso son 5, por lo que se utilizan 4 tees con reducción 1 ½" y 5 tramos de caño colector. En los extremos se colocan la espiga roscada y en el otro extremo el codo de 90° con reducción de 1" a 1/2" .



Previo a roscar las piezas es muy importante no olvidar colocar el teflón en la rosca, para afirmar la unión y evitar futuras pérdidas.

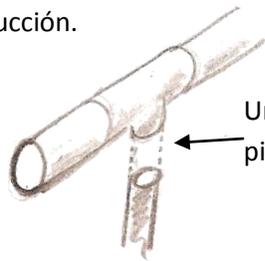


En uno de sus extremos se coloca la espiga roscada para conectar la manguera de ingreso del agua

En el otro extremo se coloca un codo reducción de 90° con reducción a ½" para conectar con el ramal extremo.

Fig. 18: Conexión colector superior

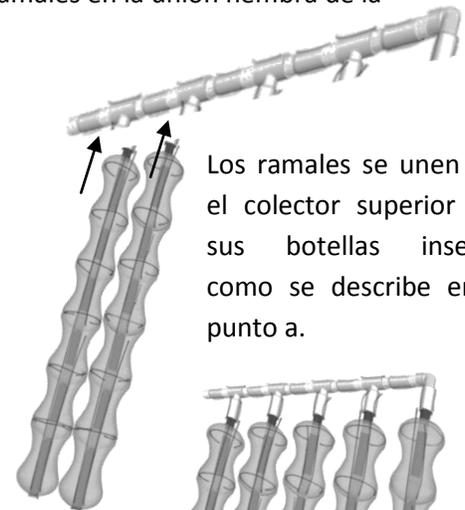
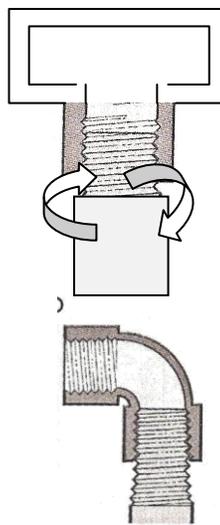
c. Luego de realizar la conexión del colector superior se unen a los ramales verticales. Las uniones se realizan insertando la rosca macho de los caños ramales en la unión hembra de la Tee de reducción.



Unión Roscada entre piezas

El ramal vertical debe tener uno de sus lados roscados para poder introducirlo en la Tee de reducción y roscarlo para su unión.

En el caso de la unión con el codo reducción, se rosca el caño, procediendo de la misma manera que con la Tee.



Los ramales se unen con el colector superior con sus botellas insertas como se describe en el punto a.

Fig. 19: Integración de colector superior con ramal vertical

- d. Posteriormente se procede a la conexión del colector inferior. Este tramo se une de la misma manera que el colector superior descrita en el punto b. En este caso no se puede unir el colector inferior a los ramales verticales de forma roscada, ya que el mismo no permite poder girarlo sin que desarme. En este caso, la unión posible más frecuente es a través de un niple con una unión doble. Para el armado del colector se decidió utilizar una cupla manguera, en remplazo de la unión doble, ya que esta pieza encarece el coste del sistema.

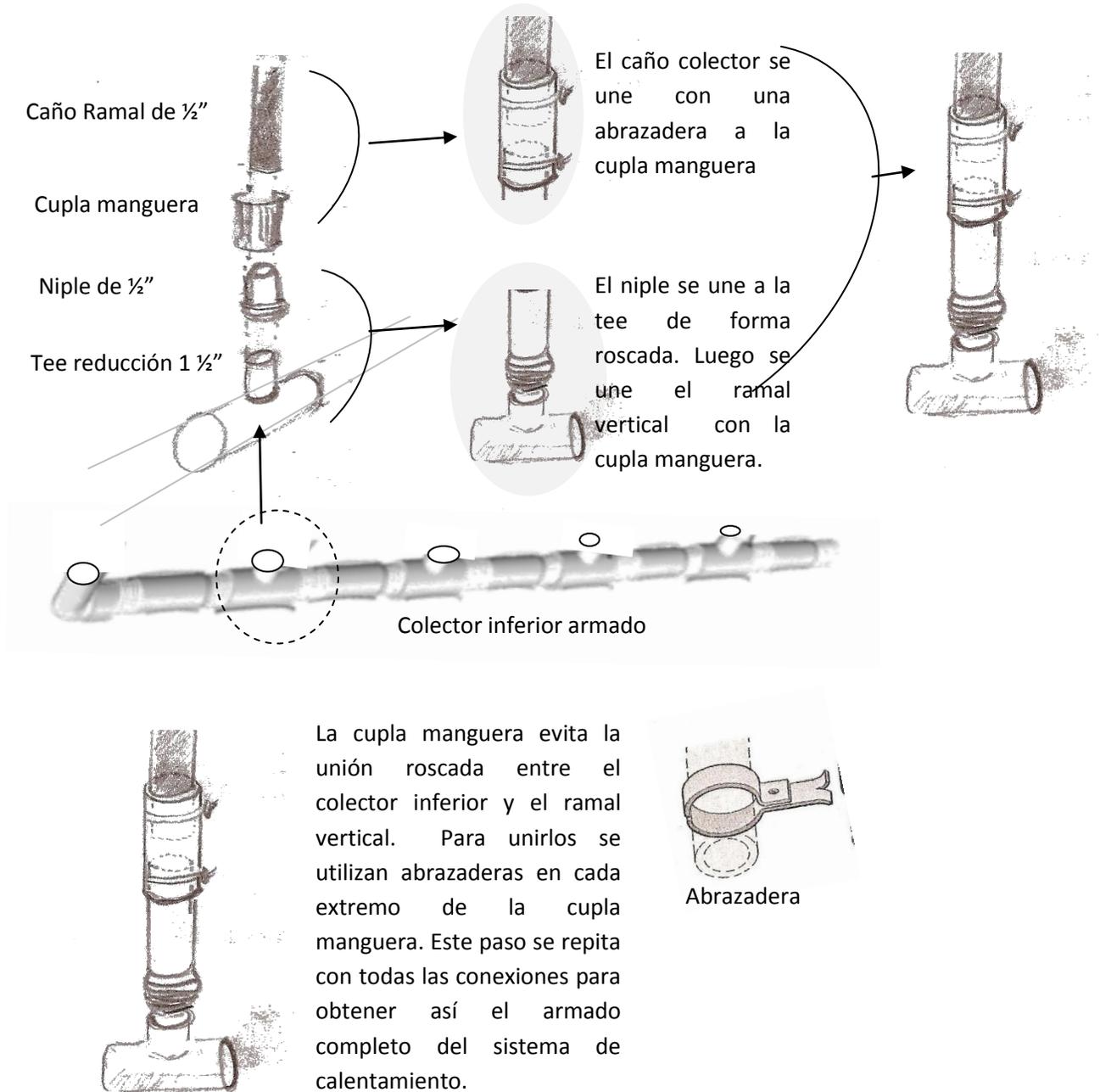


Fig. 20: Uniones de colector inferior con ramales verticales

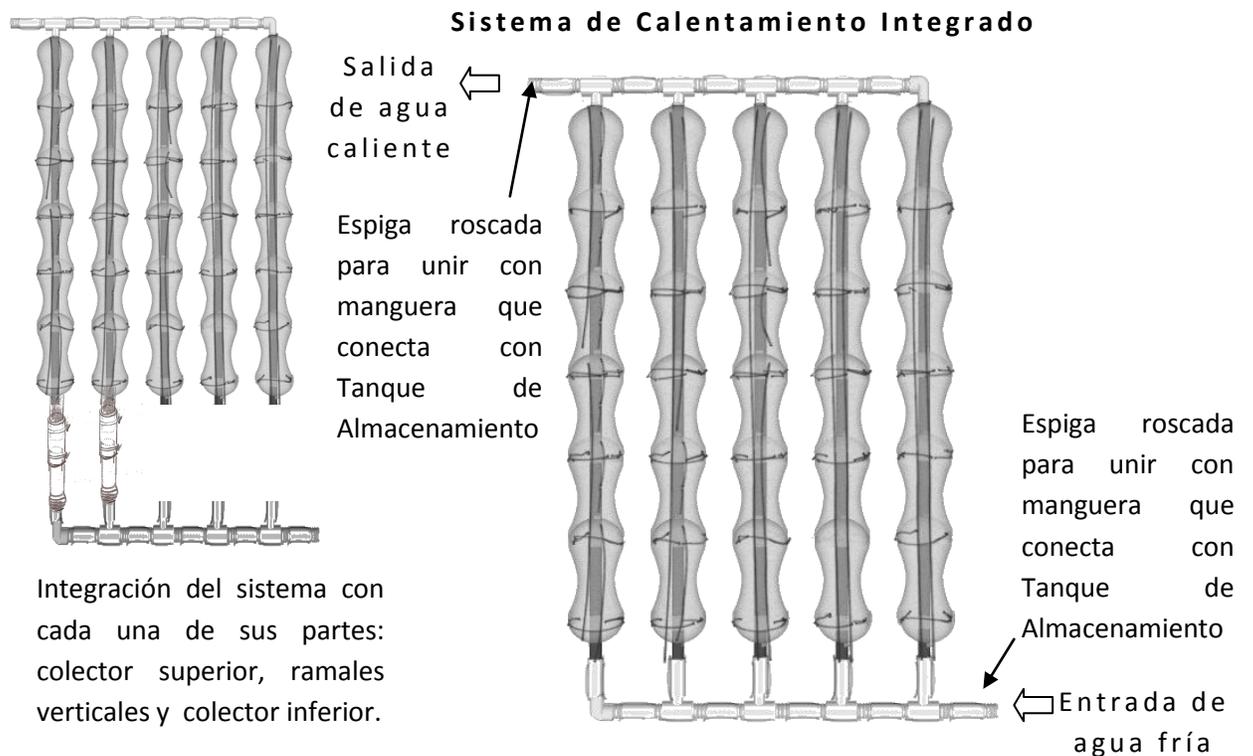
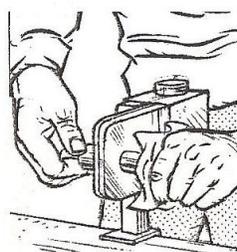


Fig. 21: Integración final del sistema de calentamiento de agua sanitaria solar

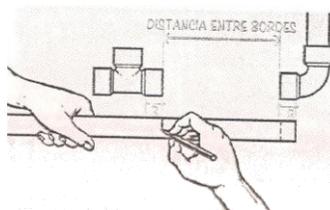
5.3.2. Unión por Termofusión

Esta técnica consiste en el calentamiento de las piezas a unir a través de una máquina termofusora. Ésta calienta durante algunos segundos el borde exterior de los caños y la superficie interior del accesorio de unión (conexiones: tee, codos, niples, etc), cuando aún están “blandos” ambas piezas, se unen para que se produzca la fusión molecular del material de sus capas superficiales, fusión que hace de ambas piezas una sola.

- a. En primer paso para realizar la unión por esta técnica, es armar la máquina termofusora. Fijarla en un lugar firme y seguro para evitar movimientos durante el calentamiento de las piezas. Colocar las boquillas correspondientes al diámetro de los elementos a unir.

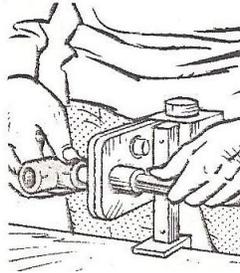


Hay que tener en cuenta que la máquina termofusora debe venir con sus accesorios para realizar la fusión.

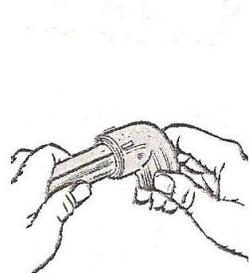


En el caño hay que marcar cuanto deberá penetrar el accesorio.

Fig. 22: Unión por termofusión



Cuando la termofusora alcance los 260°C introducir simultáneamente el caño ramal y la conexión de tee en sus respectivas boquillas. Cumplido el tiempo de calentamiento deben sacras ene forma simultánea y perpendicular a la plancha caliente, sin movimientos laterales



Inmediatamente de realizado el paso previo, se introduce el caño en el accesorio y se debe presioanr con suavidad y firmeza hasta juntar las piezas. De esta manera se realiza la integración del colector, realizando el orden de armado de las etapas previamente descriptas.

Fig. 23: Unión por termofusión

Sistema de Calentamiento Integrado

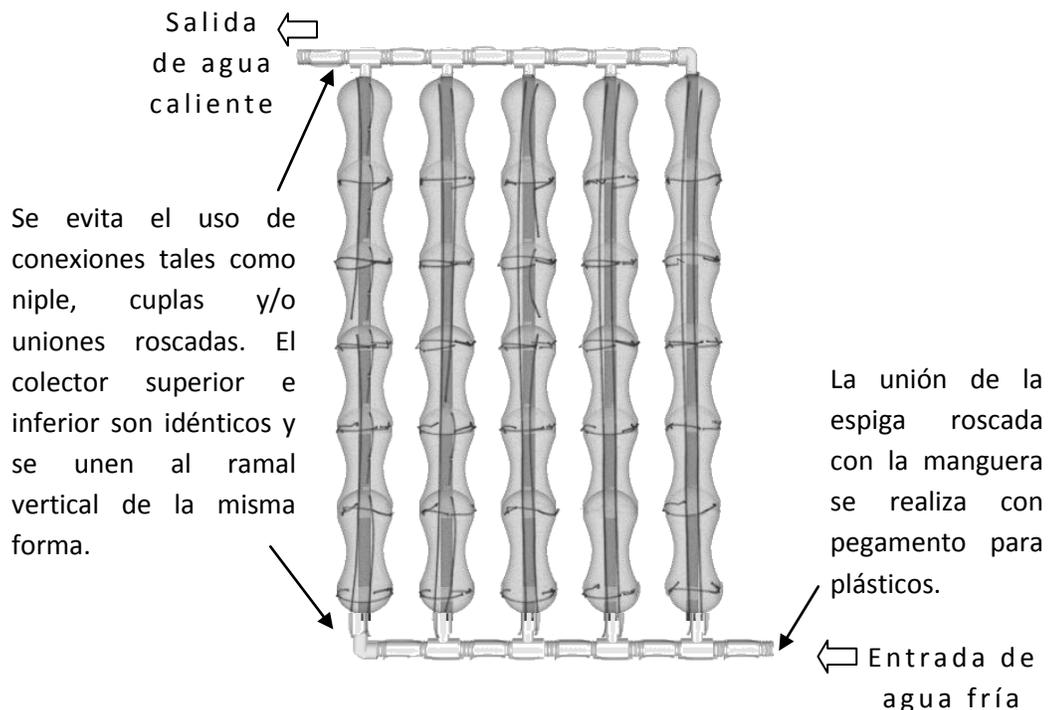


Fig. 24: Sistema integrado unido por termofusión

5.4. Sistemas de sujeción

Los sistemas de anclaje son variados. En este caso se proponen algunas posibilidades de sujeción, evitando la utilización de una base.

Si se adoptó en el punto 1 colocar el calentador en una superficie vertical, algunas posibilidades de sujeción son distintos tipos de brazos metálicos empotradas a la pared, para la suspensión del colector..

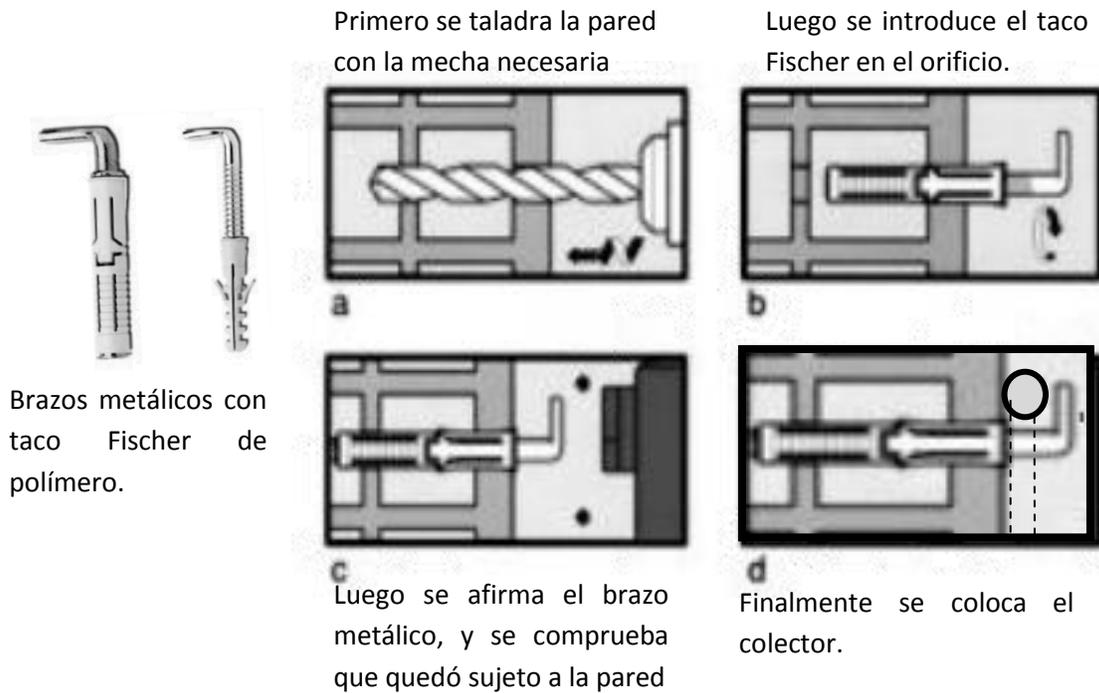


Fig. 25: Sistema de sujeción en paredes verticales.

En caso de de colocar el colector en una cubierta inclinada, existen en el mercado sistemas de sujeción a través de montantes que se fijan al techo.

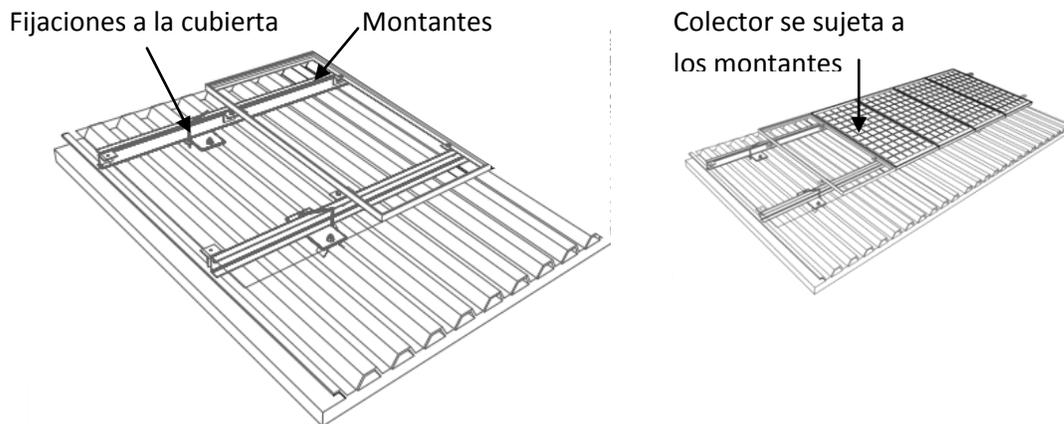


Fig. 26: Sistema de sujeción en cubiertas inclinadas.

5.5. Integración del sistema de calentamiento solar con sistema de almacenamiento.

Una vez armado el colector, se debe integrar con el sistema de almacenamiento. Existen diversas posibilidades de adaptación.

En el caso de que la instalación sanitaria se encuentre en vía de proyecto, se debe considerar la utilización de un Tanque de almacenamiento con capacidad (calculada según consumo) y aislación térmica resistente a bajas temperaturas.

En el caso de que la instalación ya exista en la vivienda y se quiera integrar el sistema solar para reducir los gastos de consumo de gas y/o electricidad, el sistema se puede adaptar y realizar un mix entre el calefón o termotanque tradicional y el sistema solar.

Se recomienda consultar el Manual Práctico de Instalaciones Sanitarias de Jaime Nisnovich, 1998”. Edit. El Hornero.

SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA SOLAR CON ELEMENTOS DE RECICLAJE

Virginia Miranda Gassull^{1*}, Alfredo Esteves^{2*}, Ma. López de Aslain^{3**}, Fernando Buenaventura^{4*}

*Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda - Instituto Ciencias Humanas Sociales y Ambientales
(INCIHUSA) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Centro Científico Tecnológico – CCT CONICET Mendoza C.C.131 C.P. 5500
Tel. 0261-4288797 – Fax 0261-4287370

e-mail: arq.vmiranda@gmail.com , aesteves@lab.cricyt.edu.ar

**Universidad Internacional de Andalucía – Sede Iberoamericana La Rábida
Paraje Palos de la Frontera s/n - Huelva – España

RESUMEN: El trabajo presenta resultados preliminares de un sistema de calentamiento de agua sanitaria con energía solar fabricado con botellas de PET, formando una cámara de aire sobre cada caño de conducción de agua. Estos caños son de polipropileno de ½” de diámetro pintados con pintura negro mate. Las botellas de PET son colocadas por duplicado brindando un doble recubrimiento a los caños para mejorar su rendimiento, en el contorno interior de la botella interna se coloca un papel reflejante para redirigir la radiación hacia el caño. El costo total es de \$102,30 cada calentador, lo que permite que sea un sistema accesible para las comunidades de bajos recursos. Las mediciones preliminares arrojaron como resultados, en la situación mas desfavorable, temperaturas de 42° C° luego de un período de calentamiento de 5 hr.

Palabras Clave: energía solar, materiales plásticos reciclados, agua caliente solar,

INTRODUCCIÓN

Existe una gran variedad de tecnología respecto al calentamiento solar térmico del agua. La búsqueda de antecedentes se enfatizó en los calentadores que utilizan materiales reciclados. y/o materiales plásticos de distinto tipo.

Existen varios programas que han aportado sistemas que utilizan materiales reciclables:

Programa de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Hídricos de Brasil: Ing. José Alcino Alano Brasil. Este programa desarrolló un manual de calentador solar con botellas de plásticos recicladas que en su interior tiene tetrapack pintados de negro. José Alcino Alano et al, 2006

Proyecto Instalado en Combemtu Brasil-Comisión del Bien Estar del Menor de Tubarão- Brasil de colectores solares realizados con botellas PET para el aprovisionamiento de agua sanitaria para obras de mayor envergadura, con un sistema similar presentado al proyecto anterior. Programa del Estado de Paraná Brasil, 2008

Proyecto casero de Camilo Rojas (Chile) que realizó un Calentador solar tipo cajón con tubos interiores dentro de la caja de madera con una cubierta de vidrios. Camilo Rojas, 2006

Proyecto colector solar pasivo, hecho con botellas descartables de PET, que ofician de colector-acumulador de Pedro Serrano del Canello de Nos, una ONG de Chile. Este sistema consiste en un gabinete aislado térmicamente por detrás, en el que se colocan las botellas. Este gabinete, posee una ventana por delante que se abre para permitir la renovación de la carga de agua, esto permite en el lapso de 3 hr. alcanzar una temperatura de 60-85 °C en un día claro, sin nubes. Serrano P. 1995

Publicación ASADES de un Calefón Solar de Bajo Costo con colector Plástico Plano construido en parte con elementos de descarte: Perspectiva Económica. Busso, Arturo J. et al, 1999

Publicación ASADES de un Colector Solar acumulador integrado con un plano. El colector acumulador está constituido por un tanque metálico, hermético, pintado con negro mate y cubierto por dos placas de policarbonato alveolar. Jorge Follari et al, 1999.

Proyecto de pozas o estanques solares como colectores horizontales. Las mismas pueden ser convectivas o no convectivas. Un detalle de las pozas convectivas es que el agua se encuentra alojada en una especie de bolsa de algún material plástico (PVC o polietileno grueso). Esto es aplicable cuando se necesita gran cantidad de agua tibia. Kreither et al, 1981.

¹ Becaria de Maestría UNIA (Universidad Internacional de Andalucía-España)

² Investigador Independiente CONICET

³ Profesional Principal UNIA (Universidad Internacional de Andalucía-España)

⁴ Técnico Asociado CONICET

En Mendoza se producen diariamente un valor medio de 750 gramos de basura por persona, brindando un total aproximado de 1.100 toneladas por día de residuos sólidos urbanos. No existen en la provincia registros oficiales del número exacto de residuos PET, ya que la recolección no es discriminada por material, pero se estima que se producen unos 2000 Toneladas de envases PET al año, donde sólo el 40% se recicla (800 tn.) y el restante 60% queda en los canales, basurales, etc. *Secretaría de Medio Ambiente, 2009.*

El PET, uno de los materiales de envasado que más ha incrementado su consumo en los últimos años, por sus características, liviano, irrompible, etc. El problema es su acumulación en la vía pública, particularmente en Mendoza, su acumulación en los canales y acequias constituye un serio problema. Por lo tanto, es especialmente interesante de reciclar. El reciclado del envase de PET pos consumo es ventaja medioambiental ya que en su fabricación se consume energía de modo intenso y en reemplazo de otros productos, tales como el vidrio u otros plásticos (utilizados como cubierta solar) se ahorraría una cantidad importante de materias primas dando lugar a un producto ecológicamente valioso que orientado hacia sistemas autoconstruidos sirve también como vehículo de desarrollo de las personas en estos ambientes.

En este trabajo se presentan los resultados preliminares de la conformación de un calefón solar destinado a calentar agua para una familia de escasos recursos construido con botellas de PET. Se presenta la tecnología para su armado con los materiales y detalles técnicos y resultados preliminares de su comportamiento térmico.

DISEÑO DE LA TECNOLOGÍA

El sistema se compone en su totalidad de materiales plásticos, de modo de disminuir el impacto de los mismos y a la vez, constituirse en un producto útil. Consta de un circuito de agua adaptado para resistir las temperaturas que pudieran producirse en el sistema, una cámara de aire para disminuir el efecto convectivo que enfriaría al agua que circula por los caños, un sistema de redirección de la radiación solar por reflexión para mejorar la performance óptica y finalmente térmica del sistema. La Fig. 1 muestra el plano del colector con medidas y referencias de cada elemento empleado.

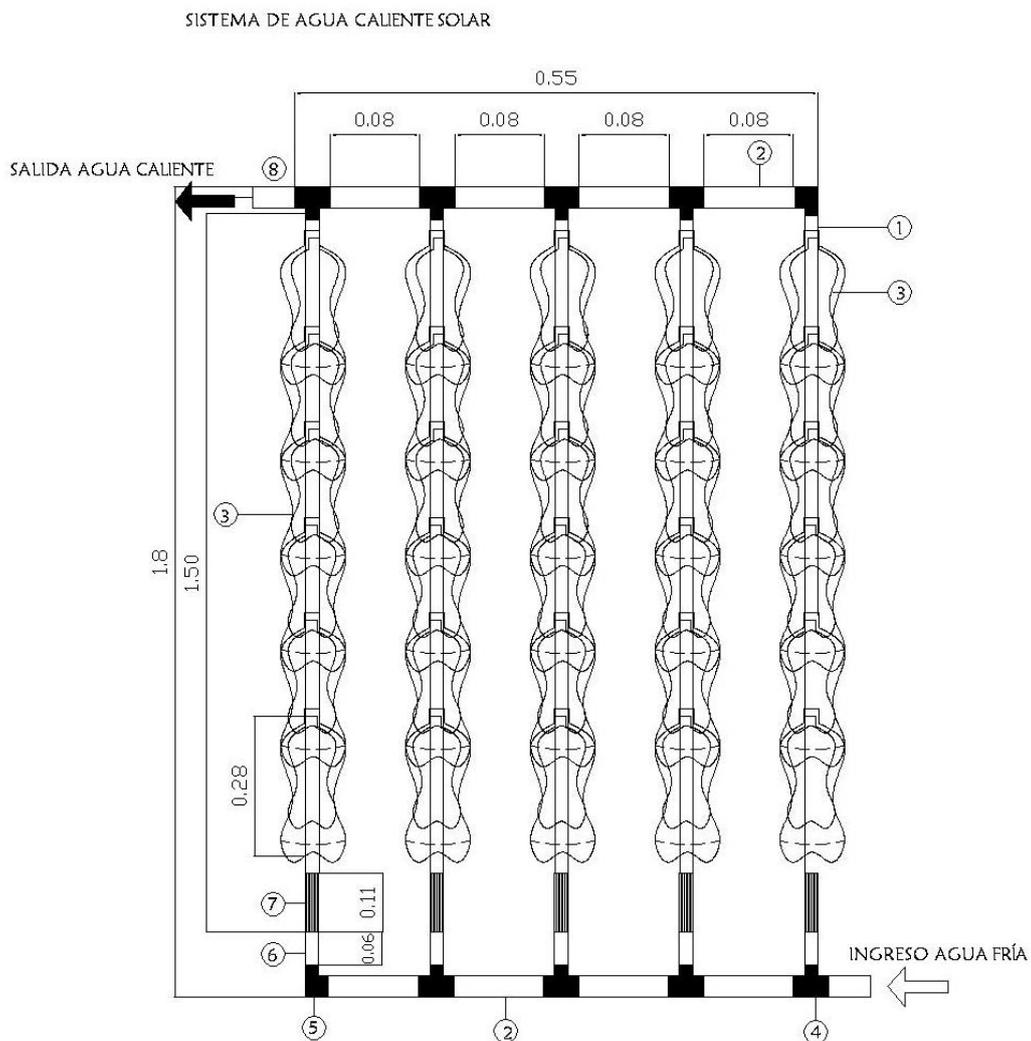


Fig.1: Esquema de sistema colector

Referencias de la Fig. 1

1-Ramal -Caño Polipropileno Tricapa ½” de 1,50 m. cada ramal pintado con pintura negro mate.

2-Colector- Caño Polipropileno Tricapa 1”, niple de 0,08m. Se utiliza 0,60m de caño en total.

3-Doble Botella PET con papel reflejante interno. El calentador utiliza 30 botellas de 2lt. Y 30 botellas de 1,5 lt (12 para cada caño – 6 interior y 6 exterior).

4-Tee con reducción 1” - ½”. Se utilizan 8 en total

5-Codo con reducción 1” - 1/2”. Se utilizan 2 en total

6-Niple de ½ “. Se utilizan 4 en total

7-Cupla ½”. Se utilizan 4 en total

8-Espiga roscada macho ½”. Se utilizan 2 en total (para conectar el tanque).

A continuación se describe cada una de las partes:

Circuito de conducción de agua

La conducción del agua se produce a través de los caños, que son sin duda, las arterias y venas de todo sistema de aprovisionamiento de agua, siendo elemento conductor cuya calidad y eficacia decide en gran parte el buen resultado de la instalación.

Los materiales posibles para los caños fueron previamente estudiados teniendo en cuenta: resistencia a la intemperie y a los ataques físicos y químicos, temperatura de trabajo, peso, costo. Desde un principio se descartaron los caños de polietileno, porque no son aptos para conducir agua caliente (soportan satisfactoriamente agua hasta la temperatura de 60°C, siendo su punto crítico 70°C, aunque son muy económicos. Por la misma razón se descartaron los caños de PVC, ya que no soportan altas temperaturas de trabajo. Las componentes ultravioleta de la radiación solar (UVR) constituyen aproximadamente el 5 % del espectro solar pero pueden ocasionar degradación en los materiales plásticos, que en general no tienen buena resistencia a estos agentes por lo que se deben proteger convenientemente. La resistencia a los rayos UV afecta directamente a la vida útil que estos caños tendrán, aproximadamente los tubos de polietileno tienen utilidad hasta unos 30 años, mientras que los tubos de PVC y Polipropileno alcanzan hasta 50 años de vida útil, siempre y cuando se los proteja. *Grupo de Trabajo Técnico del Convenio de Basilea, 2001.*

La Tabla 1 muestra las propiedades más importantes de cada material plástico posible de utilizar en la conducción de agua.

Tabla 1: Resumen comparativo de las características de los distintos caños de plásticos. Jaime Nisnovich, 1998

Propiedades Físicas	Policloruro de Vinilo (P.V.C.)	Polipropileno (P.P.)	Polietileno (P.E.)
Temp. De Trabajo	de 0°C a 60°C	de 0°C a 100°C	de -15°C a 60°C
Temperatura de Fusión	Resblandec.: 120°C Fusión: 200°C	Resblandec.: 175/180°C Fusión: 260°C	Resblandec.: 115/135°C Fusión: 230°C
Cofec. Dilatación lineal	0,7 mm. a 0,8 mm.	1,1 mm. a 1,5mm.	2,2 mm.
Conductividad térmica	0,13 Kcal.	0,22 Kcal. A 0,24Kcal.	0,35 Kcal.
Otras propiedades			
Sistema de Unión	pegada (cementada) Rosca	Rosca Termofusión	Enchufe en caliente
Uso	Agua Fría	Agua Fría y Caliente	Agua fría
Costos (x 6.00 m)	\$21.00	\$ 18.80	\$11,00

En base a la información indicada, se prefirió utilizar como material para los caños, el polipropileno pintado con esmalte sintético para evitar un envejecimiento prematuro del sistema. Por otro lado, la temperatura de trabajo podría superar los 60°C, por lo cual, queda descartado utilizar caños de polietileno y/o PVC.

El polipropileno estructuralmente es un polímero vinílico, similar al polietileno, sólo que uno de los carbonos de la unidad monomérica tiene unido un grupo metilo. Al polipropileno se le agregan una serie de sustancias para mejorar sus características básicas: protectores de rayos U.V, retardadores de envejecimiento, inertes que aumentan su resistencia mecánica, etc.

Tipos de Polipropileno:

- Homopolímero
- **Polipropileno Copolímero** (Tipo elegido) Es una variante mejorada con el agregado de sustancias que lo hacen más blando, flexible y con mejor resistencia a los impactos.
- Polipropileno Copol. Random

Es un plástico más flexible que el P.V.C que puede soportar temperaturas más altas sin reblandecer, apto para la conducción de agua caliente a temperaturas de hasta 120°C.

Los caños de polipropileno tricapa utilizados en los ramales del colector son de ½” y están pintados con doble capa de pintura negro mate. Conexiones: las conexiones son roscadas utilizando cuplas, nipples, uniones Tee reducción y codos reducción.

Cubierta Transparente

La cubierta estudiada en los prototipos anteriores en general está constituida por una capa simple o doble de vidrio dependiendo de la zona donde se vaya a instalar el colector. En el proyecto se decidió utilizar las botellas de PET (Tereftalato de Polietileno) en su formato original.

La decisión de utilizar el PET como material de cubierta surge por la gran cantidad existente de estos residuos en el ambiente, sobretodo en los ambientes degradados. Sumado a la necesidad de solucionar la gestión de los residuos sólidos urbanos que está impulsando a diversas comunas de la zona al desarrollo de sistemas alternativos de reciclado y valorización de los envases usados.

El proceso realizado en las botellas es el siguiente:

- Recolección domiciliaria de botellas tipo PET cristal desde 2 ¼ lts. hasta 1lt., de diferentes marcas como Coca Cola, Pepsi, Talca, etc. Se pueden utilizar botellas de otros colores pero se aconseja las tipo cristal para una mayor penetración de la radiación. Se recolectan varios tamaños ya que se utiliza doble botella, las de 1,5 y 1lt. entran en el interior de las botellas de 2 y 2 ¼ lt.
- Lavado de botellas y retiro de etiquetas y demás embalajes.
- Luego se realizan los cortes en las botellas: Este paso es muy importante ya que de su precisión dependerá el sostén de las botellas con los caños ramales del calentador, caso contrario se deberá realizar un sostén con otra alternativa (ej: pegamento, alambre, etc.) Los cortes se realizan en la parte superior de la botella, en el pico de la misma a 3 cm del borde, por lo que se recomienda utilizar un arco de sierra. El segundo corte se realiza en la base de la botella a 6cm del borde inferior. Ver Fig. 2.

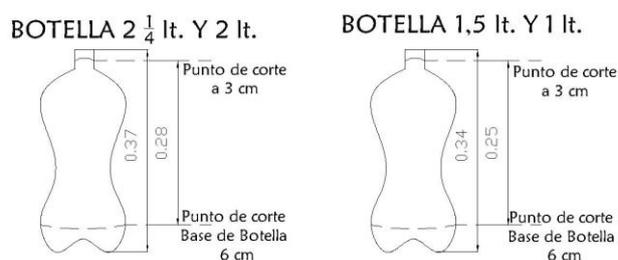


Fig.2: Esquema de corte de las botellas

La botella interior puede ser de 1,5lt, si no se consiguieran las suficientes de este tamaño se utilizan los envases mayores, a los cuales se les produce un corte longitudinal (sin llegar a cortar la zona del pico de la botella) se disminuye su diámetro solapando ambos lados del corte y se los une con una abrochadora.

- Posteriormente se coloca en el interior de la botella menor un papel reflejante que ocupa la mitad del diámetro de la misma. Para realizar esta tarea se recomienda realizar moldes aproximadamente 10 x 21,5 cm. Ver Figura 3.



Fig.3: Vista del proceso de las botellas: a) corte, b) botellas conformadas, c) colocación papel reflejante

- d) A continuación, las botellas de menor diámetro (de 1,5 lt) con el papel reflejante se introducen dentro de las botellas de mayor diámetro y insertando en el caño de polipropileno de 1/2". Ver Fig. 4.



Fig. 4: a) botellas de menor diámetro con papel reflejante dentro de la de mayor diámetro; b) conjunto de botellas insertadas en el caño del ramal

La Fig.5 muestra el colector solar armado finalmente con una superficie colectora de 1.50 m x 0.50 m. Utilizando los materiales indicados previamente.



Fig. 5: Imagen del colector terminado

RESULTADOS PRELIMINARES

Costos resultantes

El costo final del sistema alcanza los \$ 102,30 (US\$ 26.9 – 09/2009) por cada 0.75 m² de superficie colectora por lo que un sistema para una familia tipo sería necesario 5 colectores, es decir, \$ 511,50. La Tabla 2 muestra el detalle de los costos incurridos. Es de destacar que el sistema podría ser armado con uniones por termofusión, lo que ahorraría en la adquisición de los accesorios.

Tabla 2: Resumen de unidades y precios de los elementos utilizados

Descripcion Materiales	Costo unit.	Cant.	Precio calentador x
Botellas PET	\$0,00	60	-
Caños de Polipropileno ½” TIGRE (6.00mts)	\$18.80	6m	\$18.80
Caños de Polipropileno 1” TIGRE (6.00mts)	\$45.20	0,60m.	\$ 4.50
Union Tee Reducción	\$3.60	8	\$28.80
Codo reducción	\$3.20	2	\$6.40
Cuplas	\$ 2	5	\$ 10
Niples	\$ 2	5	\$ 10
Espiga roscada	\$1.15	2	\$2.30
Adaptadores ½”	\$ 7	2	\$ 14
Teflón	\$2.50	3	\$7.50
PRECIO TOTAL X CALENTADOR (sin Tanque)			\$ 102,30

Temperaturas resultantes

Se realizaron mediciones térmicas del trabajo del sistema. Las temperaturas se han medido en el ingreso al colector y salida del colector con termocuplas Tipo T, conectadas a un Data-logger HOBO. Además se midió la temperatura del agua dentro del tanque de acumulación de 20 lt de plástico que no posea aislación térmica. Los resultados se muestran en la Fig. 6. Como se puede apreciar, durante varias horas se mantiene la temperatura alrededor de 40°C, aunque mediciones más prolongadas serán necesarias para cuantificar la curva de rendimiento y de ese modo poder dimensionar el sistema.

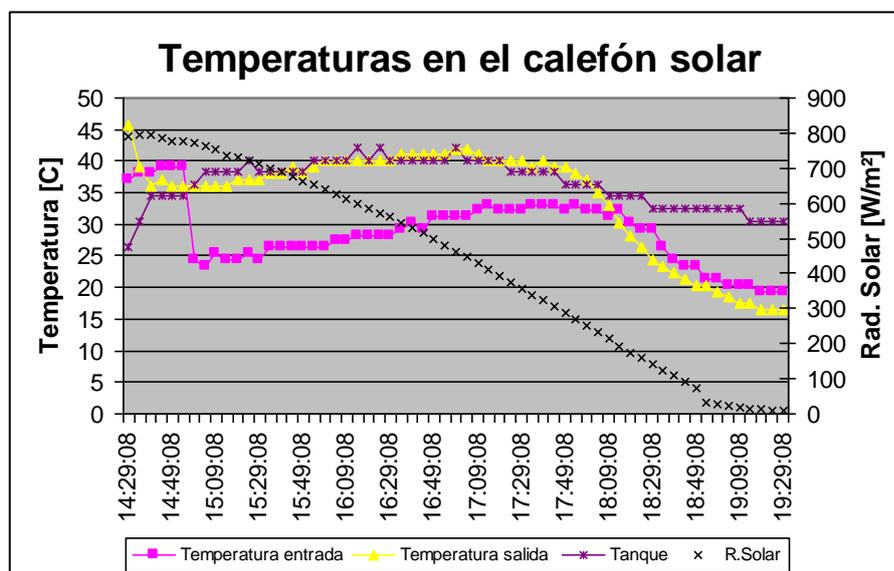


Fig. 6: temperaturas de ingreso, egreso, tanque y r.solar para el colector

Como una aproximación, en Duffie and Beckman, se indica que Lof and Close and Cooper en sus trabajos, han observado que bajo un amplio rango de condiciones el incremento de la temperatura que experimentan diversos tipos de colectores con circulación natural es aproximadamente 10°C, tal como se ha medido y se puede observar en la Figura 6.

Con los datos obtenidos se realizó la curva de rendimiento, tomando en cuenta la radiación solar y las condiciones de operación del sistema. La misma se indica en la Figura 7 e incluye la ecuación y el coeficiente de determinación, siendo sólo

válida para ese rango de condiciones a causa de que para condiciones más desfavorables de temperatura del aire, los valores de rendimiento caen abruptamente.

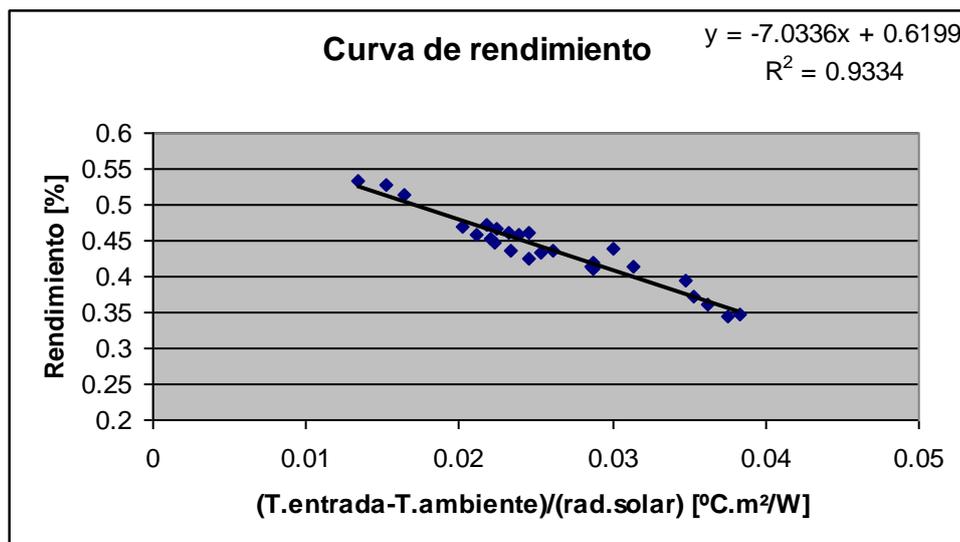


Fig. 7: curva de rendimiento del colector solar propuesto.

CONCLUSIONES

Se presenta la factibilidad de armado del sistema de aprovisionamiento de agua caliente sanitaria solar utilizando materiales reciclados-PET- y caños de polipropileno. Tiene como ventajas, el costo reducido (el costo final del sistema alcanza los \$ 102,30 (US\$ 26.9 – 09/2009) por cada 0.75 m² de superficie colectora) tanto de su construcción como de su mantenimiento. La simpleza en su fabricación, lo hace accesible a todos, enfatizando su utilización en las comunidades de bajos recursos que tiene dificultades serias al momento de tener que adquirir o efectuar el mantenimiento de los artefactos. El rendimiento térmico presenta valores apropiados a un calentamiento suficiente para las horas del día de mayor radiación. Estos resultados preliminares podrían mejorarse con diseños más acabados que serán ensayados en lo sucesivo.

Permite la ejecución por parte de cualquier integrante de la familia ya que es técnicamente sencillo, lo que facilita el alcance de aquellos que menos tienen.

Ayuda a mantener el medioambiente saneado (menos residuos sólidos) al reciclar materiales y además evitar el consumo de combustible y el impacto negativo que ello conlleva.

REFERENCIAS

- Alano F., *Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA, Gobierno del Estado de Paraná, Coordinadora de Resíduos Sólidos - CRES*, 2006. “Água Quente para Todos”. <http://www.sema.pr.gov.br>
- Amílcar Fasulo, Jorge Follari y Jorge Barral, 1999- “Colector Solar acumulador integrado con un plano” *Revista ASADES*
- Busso, Arturo J., Aeberhard, Arturo F., 1999- “Calefón Solar de Bajo Costo con colector Plástico Plano construido en parte con elementos de descarte: Perspectiva Económica”- *Revista ASADES*
- Camilo Rojas, 2006- “Calentador Solar de bajo costo de PVC sin termotanque” <http://micalentadorsolar.com.mx/documents/version5.html>
- Duffie J., Beckman W. 1992. *Solar Engineering of Thermal Process*. J. Wiley. Cap. 12, pp. 499.
- Grupo de Trabajo Técnico del Convenio de Basilea, 2001 “Directrices para la Identificación y Gestión Ambientalmente racional y para su eliminación sobre los restos de cables con revestimiento plástico”-Revisión 6– Texto editado.
- Jaime Nisnovich, 1998- “Manual Práctico de Instalaciones Sanitarias”. Edit. El Hornero.
- Kreither K., Keith E. 1981. *Solar Energy Handbook*. Ed. Mc Graw Hill, N.Y.

Serrano P. 1995. *Energía Solar para Todos*. Ed.

Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Mendoza, 2009. *Cálculos estimativos de los Residuos sólidos Urbanos Metropolitanos*.

Programa del Estado de Paraná Brasil, 2008-“Calentar agua mediante energía solar reutilizando botellas PET”
<http://desenchufados.soygik.com/calentar-agua-mediante-energia-solar-reutilizando-botellas-pet/>

Abstract

This paper shows the preliminary results of solar water heating system built with recycled plastic materials: PET bottles and Polypropilene tubes. The PET bottles take form an air chamber around the PP tubes and they are put one into the other in order to grow thermal performance of the collector. The cost of the system are \$ 102.3 (US\$ 26.9) for each collector. People of low income can access to this technology to obtain heat water. The temperature measures indicate that it's possible get several hours with 42°C.

Keywords: solar energy, recycled plastic materials, solar water heating

ANEXO III**PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN EN COLOMBIA
TESIS DE MAESTRÍA****SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA SOLAR
Reutilización de elementos plásticos descartados**

*IX Máster: “Energías Renovables” Arquitectura y Urbanismo. La Ciudad sostenible.
Sede Iberoamericana La Rábida, Universidad Andalucía- Huelva, España*

Introducción

El siguiente trabajo contiene las actividades realizadas por la Arq. Virginia Miranda Gassull¹ durante la estancia realizada en Guadalajara de Buga, departamento del Valle del Cauca, Colombia. La misma tuvo su promoción como movilidad para realizar la tesis fin de máster.

El contenido del mismo detalla la situación actual del departamento respecto a la disposición final de residuos sólidos urbanos, su reciclaje y reutilización de los mismos. La realidad en Colombia es bastante disímil, teniendo como departamentos cabecillas en estas actividades a: Cundinamarca (Bogotá), Antioquía (Medellín) y Valle del Cauca (Cali, Buga, Yumbo y Vijes).

El trabajo se ubica específicamente en el Valle del Cauca, sumándole algunas experiencias de otros departamentos que enriquecen el fin en cuestión.

El intercambio de experiencias fue una superación para el proyecto de Tesis.

A modo de conclusión se hace una comparación respecto a la situación actual de la provincia de Mendoza² y la realidad de Colombia, tendiendo a mostrar una superficial imagen de la realidad Latinoamericana y su necesidad de difundir las experiencias sobre estos temas.

Objetivo General

Realizar intercambios en la Institución a fin de enriquecer y finalizar la tesis fin de máster.

Objetivos Específicos

Conocer la realidad de Colombia, comparándola con la situación de Argentina.

Analizar los resultados obtenidos entiendo el marco teórico donde se encuadra el tema de Tesis.

Optimizar la tesis de máster.

¹ Realizando Tesis fin de Máster en Energías Renovables. Arquitectura y Urbanismo “La ciudad Sostenible”

² Lugar de residencia de la Tesista y ciudad donde se ubica la investigación

Justificación

En el intercambio de realidades e investigaciones, con los docentes de la Institución, se debatió los diversos problemas que acontecen al departamento, que no escapan a la realidad de la ciudad de Mendoza.

Los últimos datos registrados en el año 2003 indican que se producen 53.160 ton/mes de residuos dispuestos en el sitio de disposición final. Existiendo 110 basureros crónicos.³

Algunos de los problemas más frecuentes son:

- Patrones de consumo que determinan patrones de producción insostenible de residuos.
- Falta de conciencia y cultura ciudadana sobre el manejo de los Residuos Sólidos Urbanos (R.S.U.), sin tener en cuenta el impacto en el ambiente, a pesar de la creciente sensibilización.
- Se pierde el potencial de aprovechabilidad de los residuos ya que se mezclan en el origen.
- Falta de apoyo y fortalecimiento del mercado de los productos, el cual se encuentra limitado a algunos sectores.
- Siempre se enfoca el manejo de los residuos en la disposición final, como es el relleno sanitario o vertederos, sin contemplar otras alternativas.
- Igualmente, en las otras fases que conlleva el manejo de los residuos como el transporte, tratamiento, aprovechamiento y almacenamiento.

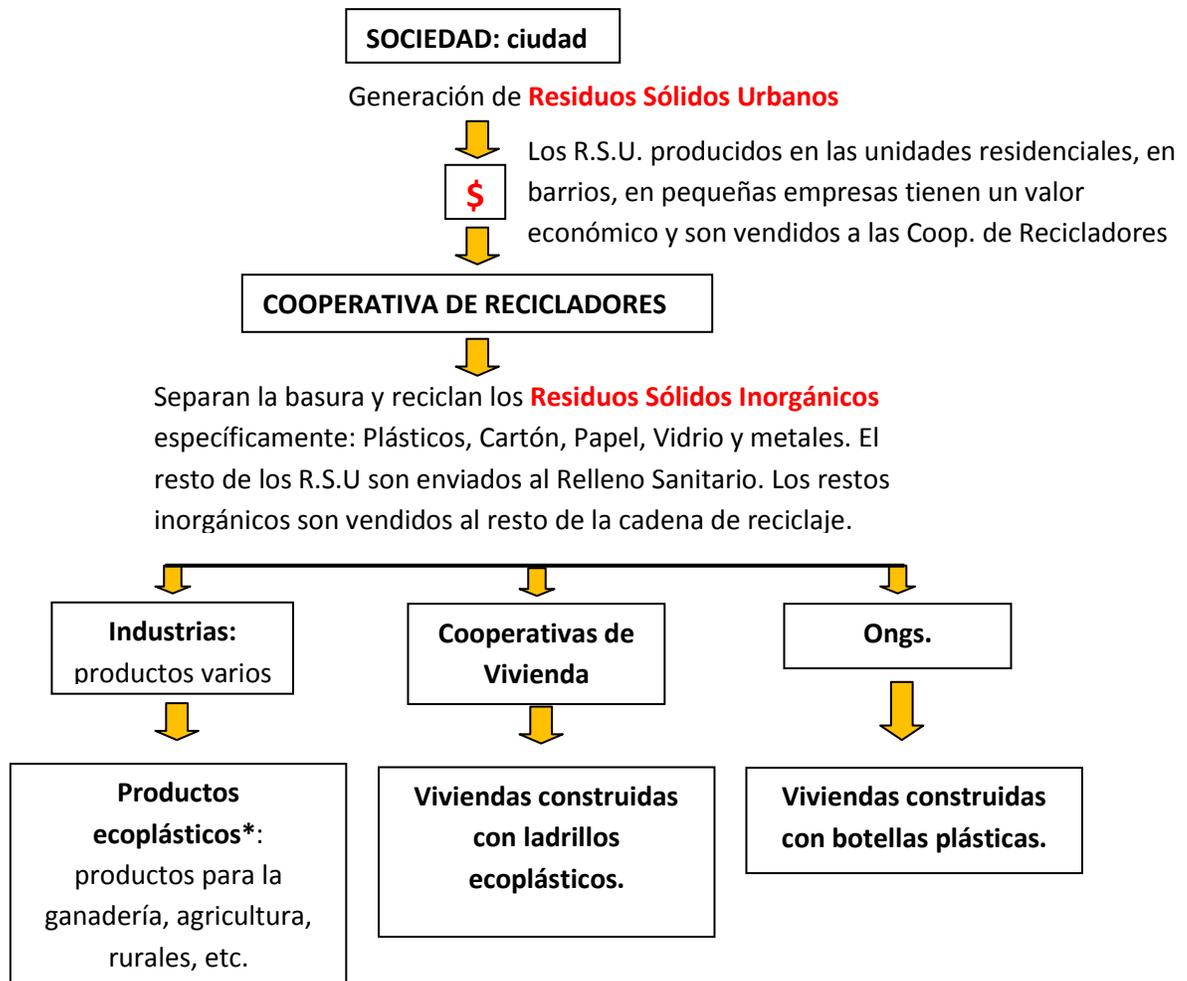
Algunas de las propuestas que se están estudiando son las siguientes:

- Generar alternativas de producción limpia en el área rural del municipio.
- Investigar, promover, apoyar y/o desarrollar tecnologías de aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos.
- Promover y crear mecanismos de alianza estratégica entre la academia, el sector productivo, las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, para incentivar la investigación y alternativas no contaminantes.
- Identificar, evaluar y validar experiencias exitosas en el manejo, clasificación y aprovechamiento de los residuos sólidos.

³ Datos suministrados por Plan de Gestión Integral de Residuos (PGIRS) Santiago de Cali, Colombia

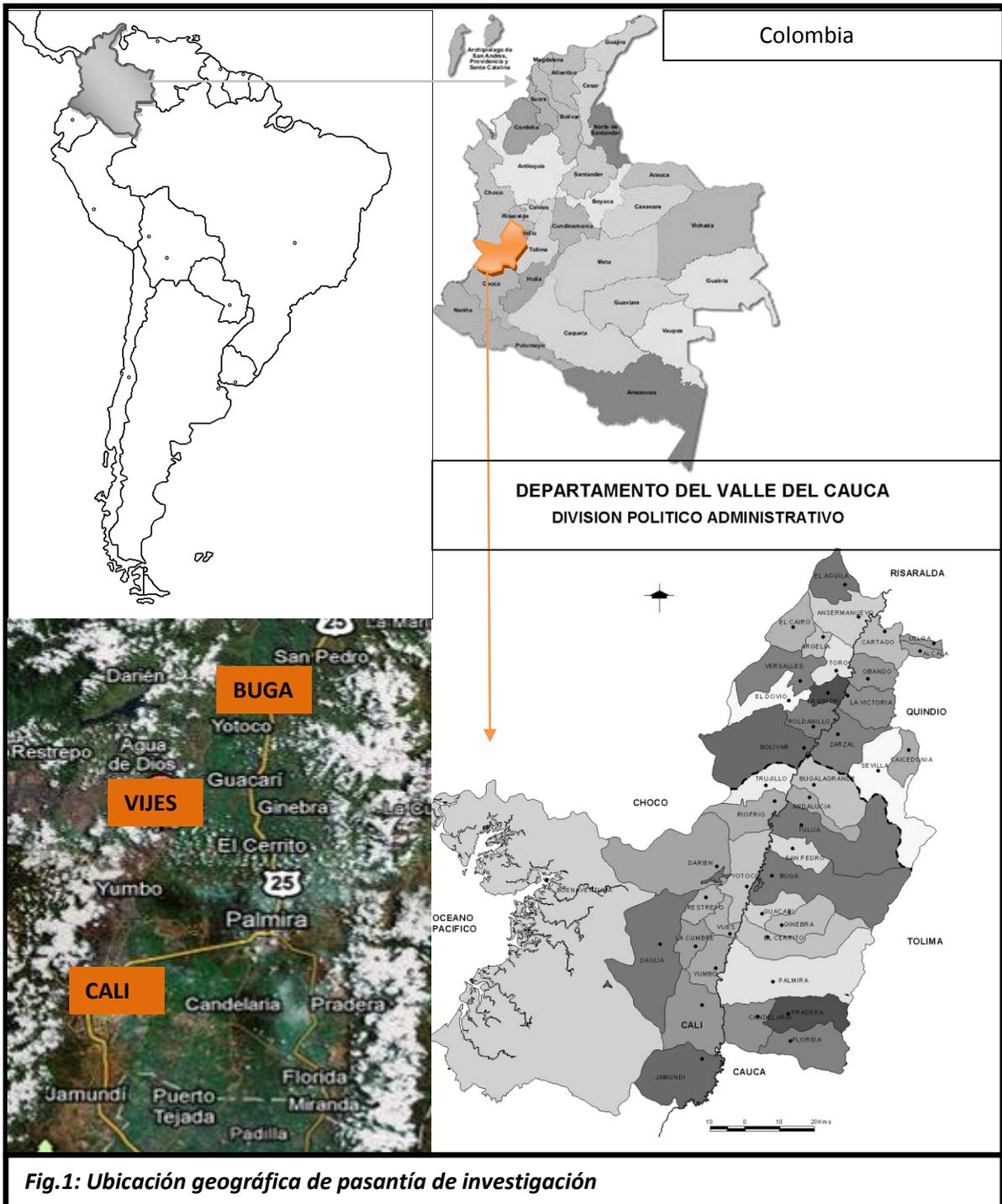
Plan de Trabajo: Pasantía de Investigación

En marco de la situación respecto a la disposición de residuos en Colombia, mi plan de trabajo consistió en conocer las fases del proceso de reciclaje, sus intermediarios y la reutilización final enfocada en los materiales plásticos descartados. Sumándole al proceso, el intercambio de mi proyecto de tesis y su viabilidad de aplicación en los sectores más vulnerables que forman parte del proceso. Además difundiendo la tecnología a los encargados de reutilizar los residuos sólidos plásticos.



* **ecoplásticos:** son los plásticos producidos a partir de los residuos sólidos plásticos (botellas de Pet, envases de Pvc, bolsas, packaging, etc.)

Ubicación



Breve Introducción del Establecimiento



La pasantía fue realizada en el Instituto Técnico Agrícola (ITA) de Guadalajara de Buga , Establecimiento Publico de Educación Superior que inicia sus labores de formación al comienzo de 1940 como granjeros brindando un plan de estudio en dos etapas: Una preparando para el quehacer mediante cursos cortos y otra más científica que incluía 5 años de educación primaria y 4 años de educación secundaria , obteniendo el título de Instructores Agrícolas ,con el transcurso de los años fue modificando y mejorando su oferta educativa. Actualmente cuenta con los siguientes programas:

Técnica Profesional en Agropecuaria, Técnica Profesional en Gestión Ambiental, Técnica Profesional en Gestión Empresarial, Técnica Profesional en Operación del Alojamiento Urbano y Rural, Técnica Profesional en Operación Integral de Venta de Servicios y Productos Turísticos, Técnica Profesional en Hotelería y Turismo, Técnica Profesional en Operación de Servicios Gastronómicos, Especialización Técnico Profesional en Agroecología, Tecnología en Mecánica Automotriz y Tecnología en Electrónica.

En la actualidad cuenta con 56 funcionarios de planta, entre personal Administrativo, Docente y Trabajadores Oficiales que tienen como objeto trabajar y difundir el conocimiento, mediante las actividades de docencia, investigación y proyección social.

Las líneas de investigación son las siguientes:

Área	Línea Investigación	Objetivos
Gestión Ambiental	Manejo Ambiental de la Micro cuenca La Pachita	Identificar la problemática ambiental del área de influencia, para iniciar planes y programas que contrarresten dicha situación.
Gestión Ambiental	Manejo Integral de Residuos sólidos en la fuente	Busca disminuir a escala regional el grave impacto ambiental causado por el deficiente manejo y disposición de los residuos sólidos. Apunta a cultivar, desde todo y cada uno de los ciudadanos, una cultura ambiental activa a través del desarrollo de una educación ambiental, que se traduzca en una pedagogía de lo cotidiano en el manejo de los residuos sólidos y una razón de ser vital de la colectividad.
Agroecología	Diseño y montaje de una granja piloto agroecológicamente sustentable para la parte plana del municipio de Buga	Crear y diseñar una granja piloto para el municipio de Buga, con un desarrollo agroecológicamente sustentable y con un análisis sistemático, con el propósito de conseguir una mayor diversidad, mayor productividad y un mejor manejo y uso de los recursos naturaleza, con el fin de proporcionar la seguridad alimentaria de las familias campesinas. Ser un laboratorio que sirva como fuente de investigación permanente y evaluativa para buscar continuamente eficiencias del sistema productivo.

Cuadro n°1: Líneas de Investigación

Intercambio con los docentes de la Institución

La pasantía realizada tuvo una estancia de un mes (1) en la institución con diferentes salidas de campo en la temática reutilización de residuos sólidos plásticos.

La Institución educativa cuenta con un grupo de investigación que actualmente están realizando proyectos sobre el tratamiento de aguas residuales y generación de biocombustibles:

"Tratamiento de aguas residuales en la industria mediante tratamiento de bacterias denitrificantes". Químico Alexander Tobar.

Este proyecto incorpora la química, la bioquímica y algo de ingeniería, en el tratamiento de los efluentes de una multinacional ubicada en la región y que se dedica a la fabricación de ácido cítrico y otros derivados mediante procesos de fermentación con melaza obtenida a partir de la caña de azúcar. En la actualidad las aguas residuales a pesar de tener tratamiento con reactores anaerobios, generan Acido sulfhídrico, el cual es nocivo para el medio ambiente, dicho ácido es generado por bacterias sulforeductoras y nuestro trabajo es generar en el medio otro tipo de bacterias (denitrificantes) mediante la adición de un sustrato (alimento) y condiciones especiales (pH, temperatura), que puedan generar en el agua nitrógeno gaseoso en lugar del tóxico ácido sulfhídrico.

El proyecto se encuentra en la etapa de evaluación a nivel de planta piloto con un 95% de efectividad en cuanto a la eliminación del ácido sulfhídrico y remoción de los contaminantes del agua residual.

Actividades realizadas en el Instituto Técnico Agrícola-ITA

En el marco del Plan de Trabajo expuesto anteriormente, se fue realizando las visitas de campo a los distintos sectores involucrados en el proceso de reciclaje y reutilización de los materiales plásticos descartados.

En primer lugar se visitó una Cooperativa de Recicladores en Bogotá que lleva 20 años trabajando en esta temática.

Luego se visitó una empresa “Ecoplásticos de Colombia S.A.” que transforma el plástico descartado en ecoplástico, teniendo como resultado final productos ecológicos para el agro y la ciudad. Lo interesante de esta visita fue ver el proceso de transformación del plástico y las distintas posibilidades de convertir la basura en productos de calidad.

Posterior a entender el proceso de transformación del plástico, visité una experiencia donde se está utilizando ladrillos de ecoplástico para la construcción de viviendas de escasos recursos y/o de interés social. Esta es una fundación sin fines de lucro que lleva trabajando varios años en el medio.

Por otro lado, visité en Bogotá una O.N.G: ECOTEC, que viene desarrollando un proyecto de arquitectura sustentable en todo Latinoamérica. Este se refiere a la construcción de viviendas a partir del uso de botellas plásticas rellenas de escombros y su mezcla con tierra.

Luego en el Instituto trabajé con mi tutor, debatiendo sobre las diferentes propuestas, los beneficios de utilizar el plástico reciclado, y las posibilidades de difundir la tecnología adaptándola al lugar de aplicación.

Cooperativa de Trabajo Asociado de Recicladores “EL PORVENIR”.

La Cooperativa de Trabajo asociado ecoambiental se ubica en la localidad de Mártires en la ciudad de Bogotá, departamento de Cundinamarca.

Esta Cooperativa nació al ver la inminente privatización de los servicios de aseo y recolección de basuras en Bogotá y que ponían en peligro el trabajo del reciclador.

Hace 20 años un grupo de 16 recicladores de Bogotá se unió y conformó la Cooperativa. Esta institución tiene la capacidad de contratar y realizar convenios con entidades públicas y privadas en la prestación de servicios de aseo; manejo integral de residuos sólidos y compra-venta de material reciclable.

La estructura administrativa está manejada en un 100% por los asociados de la cooperativa.

Actualmente, la Cooperativa está compuesta por 50 recicladores asociados, donde se les brinda: trabajo, la dignificación del trabajo de recolección de los R.S.U. y su separación, salud, habitabilidad.

Los R.S.U. que se reciclan son: cartón, papel, revistas, vidrios, cascotes de botellas, plásticos, bolsas de polietileno de alta y baja densidad, plástico rígido, acrílico, canastas plásticas, retazos de tela, chatarra, cobre, aluminio, latas, radiografías, baterías, etc.

Actualmente la cooperativa compra los residuos producidos por varias unidades residenciales de la localidad, colegios y universidades de la zona, clínicas e institutos. Esta transacción incluye la recolección domiciliar de la basura y el transporte hasta la Cooperativa. Luego es vendida a industrias que elaboran productos con a partir de esta materia prima. La cooperativa tiene proyectos de realizar productos a partir de la basura, pero aún no se ha concretado. A las autoridades de la Institución les interesó la idea de armar colectores solares a partir de botellas plásticas, ya que la posibilidad de agua caliente, no es un servicio al alcance de los asociados de la cooperativa.



Fig.: Fotos de la separación de la basura en la Cooperativa "El Porvenir"



Fig.: Fotos almacenamiento de la basura en la Cooperativa "El Porvenir"

Fábrica: Ecoplásticos S.A.

La fábrica de materiales ecoplásticos se ubica en la localidad de Yumbo, Valle del Cauca. Esta empresa comenzó siendo una Cooperativa productiva en una prisión cercana al lugar de establecimiento actual. En ella los presos almacenaban el plástico desechado, para luego reutilizarlo como otro producto, la idea salió de ellos mismos. Hoy en día la empresa sigue basándose en esta idea, produciendo productos agrícolas a partir de este ecoplástico.



Fig.: Depósito de almacenamiento de materiales plásticos descartados.

La fábrica tiene un depósito donde se almacenan los materiales plásticos descartados provenientes de la recolección domiciliar que luego son separados por las cooperativas de reciclaje de la región y son vendidos a esta empresa.

Reciben todo tipo de plásticos, según sea su origen y su forma, y son mezclados para obtener el ecoplástico. Según sea la propiedad que se quiere obtener del ecoplástico se colocan los siguientes polímeros: mayor cantidad de polipropileno y el polietileno de alta densidad para una mayor rigidez; y si se quiere mayor flexibilidad se utiliza el polipropileno de baja densidad 641.

Éstos materiales son colocados en una máquina que calienta por presión a unos 350° F, obteniendo el llamado “caramelo”, se le coloca agua y cuando se enfría se obtiene un material granulado.



Fig.: Proceso de elaboración del “caramelo” material granulado: materia prima del ecoplástico.

El material granulado luego se coloca en una maquina extrusora donde es derretido y colocado por extrusión en unos moldes metálicos de 2,50m. x 0,30 x 0,15 para obtener las barras madres, que luego serán transformadas de forma manual en productos agrícolas. Luego de la extrusión, los moldes son colocados en una pileta de agua fría para su endurecimiento.



Los materiales que se obtienen son varetas, estacones, puertas, comederos, saladeros, madrinos, terneriles, corrales, marraneras, polines, estibas, tanques, escaleras, carrocerías, etc.



Casa de Plástico Brickarp

En la localidad de Vijes en el departamento del Valle del Cauca visité una experiencia que se está realizando con la reutilización de los materiales plásticos descartados.

La experiencia está realizada por la Fundación FIDICET “Fundación para la Investigación Científica y el Desarrollo Tecnológico” con el apoyo de la Cooperativa COOPSERP “Cooperativa de Servicios Públicos y Jubilados de Colombia”.

Esta Fundación es una institución que apoya la investigación y el acceso a productos tecnológicos en diversas áreas.

Los programas de la fundación tienen propósitos educativos, sociales, científicos, culturales que cumplan principalmente con la condición de ser creados, orientados y prestar servicio en beneficio de la comunidad.

Las actividades de investigación y desarrollo tecnológico permitirán promover el proceso evolutivo como medio, herramientas tecnológicas y así fortalecer las capacidades subjetivas en la gestión del conocimiento, cumplimentando la competencia del talento humano con visión innovadora de la tecnología y su aplicación.

Proyecto Brickarp



La construcción de vivienda con el sistema BRICKARP, no genera contaminación ni crea impacto ambiental negativo, por el contrario es una alternativa de protección medioambiental a gran escala, dado que la materia prima para la fabricación de los bloques se obtiene del **RECICLAJE**.

El sistema BRICKARP está elaborado a partir de plástico reciclado y su garantía se extiende a los términos de biodegradación de la materia prima de este material (3.000 años). Estos bloques de plástico reciclado contienen poliolefinas que son termoplásticos de elevada rigidez, cristalinidad, alto punto de fusión y excelente resistencia química. Los bloques son livianos, modulares y pueden acoplarse con facilidad, además no requieren de mano de obra especializada.

Con este sistema se trata de ofrecer una alternativa para la fabricación de elementos estructurales y no estructurales para la construcción de proyectos arquitectónicos, mediante la generación de un sistema constructivo integrado con elementos livianos, modulares y resistentes, que permitan instalaciones rápidas, seguras y de bajo costo.

El ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, a través de la resolución número (432), concedió el título “condecoración del reciclador” año 2010, al investigador FERNANDO LLANOS, por el desarrollo del proyecto, Casa de plástico.

Este proyecto denominado BRICKARP (BRICK-bloque, A-arquitectura, R-reciclaje-recuperado, P-plástico) es apoyado por la fundación científica para el desarrollo tecnológico FICIDET y por su Director Jesús Hermes Bolaños Cruz , quien también es Gerente General de la Cooperativa de Servidores Públicos y Jubilados COOPSERP.

Estas casas, que son elaboradas cada una con 5 toneladas de plástico reciclado-recuperado, tienen una garantía de 500 años en términos de biodegradación de la materia prima y son formadas a partir de bloques modulares livianos, que se acoplan con facilidad. Además no requieren de mano de obra especializada y permiten instalaciones rápidas, seguras y de bajo costo.

El interés de buscarle un mejor destino a los cientos de toneladas de plástico que a diario se desechan en Cali, fue el principal objetivo de esta invención. El sistema constructivo de bloques, elaborados con plástico recuperado contribuye con el medio ambiente y brinda la posibilidad de que el ser humano conviva en armonía con la naturaleza.

El plástico no reciclado, además de causarle un daño irremediable al medio ambiente y a su ecosistema, es un material que tarda mucho tiempo en descomponerse, es por esta razón que Brickarp es un proyecto pertinente para convertir este desecho en duraderas y resistentes casas de plástico.



Fig. 2: Tipos de plásticos utilizados en el proceso de fabricación de los ladrillos Brickarp.



Fig. 3: Canecas plásticas

La producción de los ladrillos Brickarp se realiza en Cali hasta el momento. Los tipos de plásticos utilizados son polipropileno, polietileno, Pet, PVC, etc. La única basura de origen plástica que no se puede utilizar para este proceso son los productos tecnológicos (Cds, Portátiles, etc.) ya que necesitan mayor cantidad de calor para su fundición.

Los residuos plásticos son previamente lavados para realizar su fundición a unos 300°F obteniendo de este proceso unas canecas plásticas como muestra la fig. .

Éstas canecas son llevadas al proceso de extrusión para obtener los moldes primarios de bloques de ladrillo plástico. Éstos moldes son cortados (según dimensionamiento estudiado para la confección de casas de interés social de 35 m².) brindando las morfología necesaria según su función estructural: Cerramiento, esquinas de cerramientos, columnas, vigas, cimientos. Los

moldes listos son colocados en piletas de enfriamiento donde el agua circula constantemente para terminar su proceso y quedar listos para la ejecución del armado de la vivienda.



Fig. 4: Bloques Brickarp



Fig.: Vivienda final. Modelo de muestra.



Fig.: Detalles interiores de la vivienda



Fig.: Detalles interiores de la vivienda

ECO-TEC Soluciones ambientales

En Marzo del 2001 se estableció la empresa **ECO-TEC Soluciones Ambientales** en Honduras, Centroamérica y Colombia, con la finalidad de prestar asesorías en materia ambiental en manejo y aprovechamiento de residuos sólidos.

Nació como una respuesta a la necesidad de dar respuesta innovadora y dinámica a la problemática de la “basura”, inventando una técnica llamada igual que la empresa: ECO-TEC, que permite evitar al máximo el cemento y bajar los costos de la construcción hasta en un 40% de los costos tradicionales.

Las actividades de Eco-Tec Soluciones Ambientales, están orientadas principalmente a la asesoría y capacitación en:

- Bioconstrucción y Ecodiseño
- Compostaje
- Lombricultura

Manejo y Aprovechamiento Innovador de Residuos Domiciliarios Locales (en barrios).

En los últimos 7 años ECO-TEC ha desarrollado diversos proyectos con una visión integral, donde se atiende simultáneamente medio ambiente y desarrollo social.

Se han construido más de 50 obras y trabajado con muchas comunidades en diferentes países como: Honduras, Bolivia y Colombia, con el sistema de autoconstrucción y la metodología de Aprender Haciendo.

Diferentes organismos nacionales e internacionales han sido parte de la realización de estos proyectos; Banco Mundial, Trocaire, Club Rotari International, Apso, entre otros.

Además se desarrollan proyectos exitosos y a gran escala de transformación de material orgánico de origen doméstico y animal, por medio de compostaje y lombricompost.

El eje central del trabajo de ECO-TEC es la Bioconstrucción y Ecodiseño donde la basura es la materia prima para construir casas, muros y tanques de reserva de Agua, ect.

En la Bioconstrucción se utiliza la técnica ECOTEC que consiste en usar la botella plástica desechable de PET para reemplazar al ladrillo. También se incorporan otros materiales como escombros y tierra.

A través de la construcción con “basura” se genera la conciencia ambiental necesaria para clasificar en la fuente, reutilizar y reciclar.





Fig.: Inventor de la Técnica: Andreas Froese

La construcción de la vivienda comienza con el trabajo comunitario de juntar las botellas de PET, rellenarlas con escombros y taparlas. Este paso es de suma importancia, ya que las botellas deben quedar compactas evitando dejar zonas flexibles y espacios de aire, este procedimiento aumenta la resistencia del ladrillo-botella. Hay que evitar dejarlas expuestas a la radiación solar previo a la construcción.

Las botellas no necesitan tratamiento, se utilizan con etiquetas y tapas.



Fig.: Ladrillo-botellas rellena de escombros.

Luego se realizan las bases de la vivienda de forma tradicional. Una vez realizado esto se comienza a levantar el muro, el que consiste en ir colocando las botellas como ladrillos, en este caso al casa es circular por lo que se toman las medidas de colocación de forma concéntrica, como se puede observar en la simulación de la Fig., luego se toma una medida con algún objeto del lugar, para que las botellas queden iguales. Los espacios entre botellas se rellenan con tierra y piedras, y luego se coloca la próxima hilada intercalando.



Fig.: Simulación en la colocación de botellas PET.

Las botellas son amarradas en forma triangular verticalmente cuando hay más de 3 hiladas de ladrillos-botellas, se ajustan con una cinta plástica por el cuello de las botellas (tapas) y luego de forma horizontal son amarradas por la base de las botellas en cada hilada.

Las columnas son realizadas de la misma manera que el muro pero en un escala inferior utilizando las botellas de 350 cm3. Las hiladas de botellas y las columnas son amarradas entre si por la cinta plástica que funciona como malla en todo el muro.



Los techos en este tipo de vivienda pueden ser tanto los tradicionales, planos, inclinados, como también los techos verdes como en este caso.



En mi visita a ECO-TEC, se mostraron muy interesados en poder generar energía renovable a partir del mismo elemento que se utiliza en la construcción de la vivienda, queriendo utilizar el calefón solar para próximos proyectos.

CONCLUSIÓN

La experiencia durante mi estancia en Colombia fue sumamente productiva para la labor final de mi tesis, ya que pude observar en otras realidades, la necesidad de perfeccionar el sistema de calentamiento de agua con materiales plásticos descartados, ya que es una posible solución a las carencias de servicios de sectores vulnerables. Además de sumar y difundir la aplicación de las energías renovables.

En Colombia se viene trabajando hace años en el reciclaje de residuos sólidos plásticos para luego reutilizarlos como material, pero no conocí ninguna experiencia, ni proyecto donde se aplique la reutilización para generar energía renovable para la vivienda. Aproveché para incorporar el aprendizaje de los diferentes proyectos que existen en este país, para así enriquecer mi investigación de Tesis. Intercambié mis conocimientos hasta el día de la fecha de las tareas de campo realizadas en el proyecto de tesis en Mendoza, sumando la experiencia práctica en otros sectores.

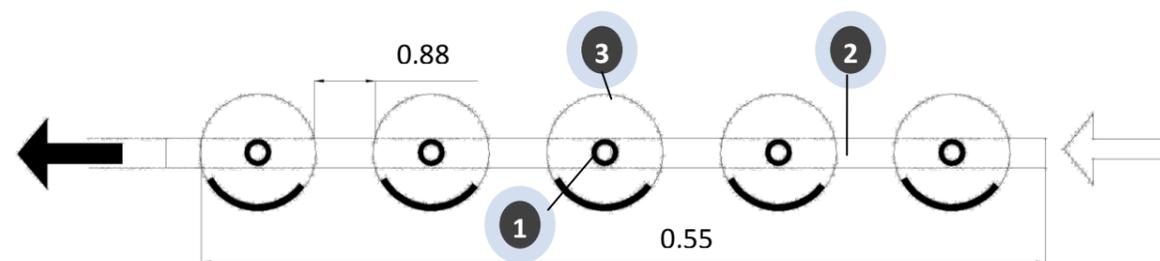
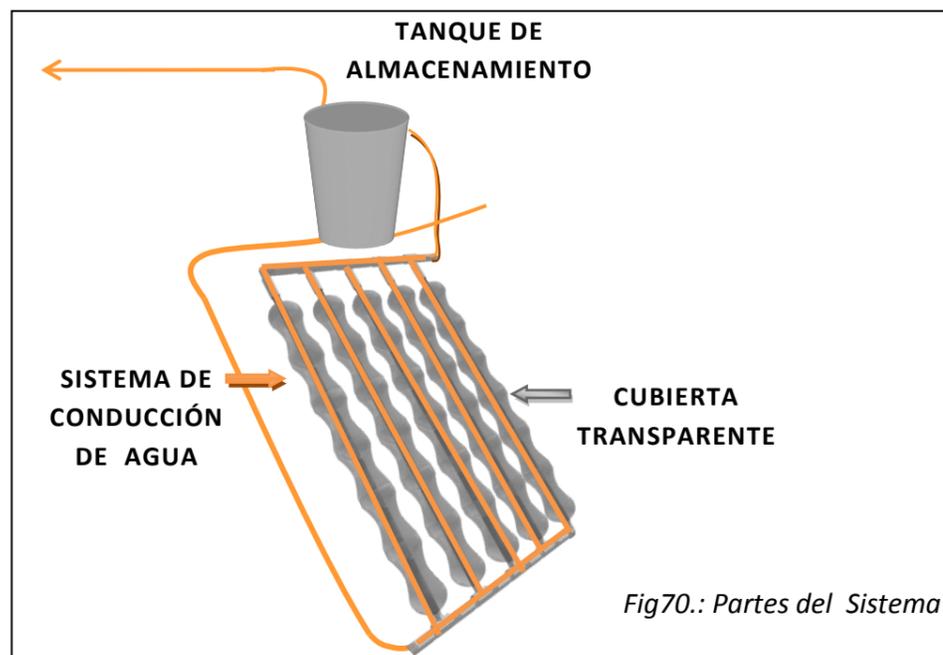
La realidad entre Mendoza y Colombia son muy disimiles, ya que en mi provincia los residuos sólidos urbanos (plásticos), no tienen un valor económico, la recolección se realiza por una empresa privada que luego entierra los residuos en el Relleno Sanitario Metropolitano. Los recolectores son ilegales, sin tener ninguna participación digna dentro del proceso del reciclaje.

Existe una reducida conciencia en las empresas de Mendoza sobre la posibilidad de utilizar la basura como materia prima para sus productos.

Finalmente, encuentro que si bien las realidades son muy diferentes, el reciclaje y reutilización de la basura son temas que poco a poco van cobrando un valor en la sociedad.

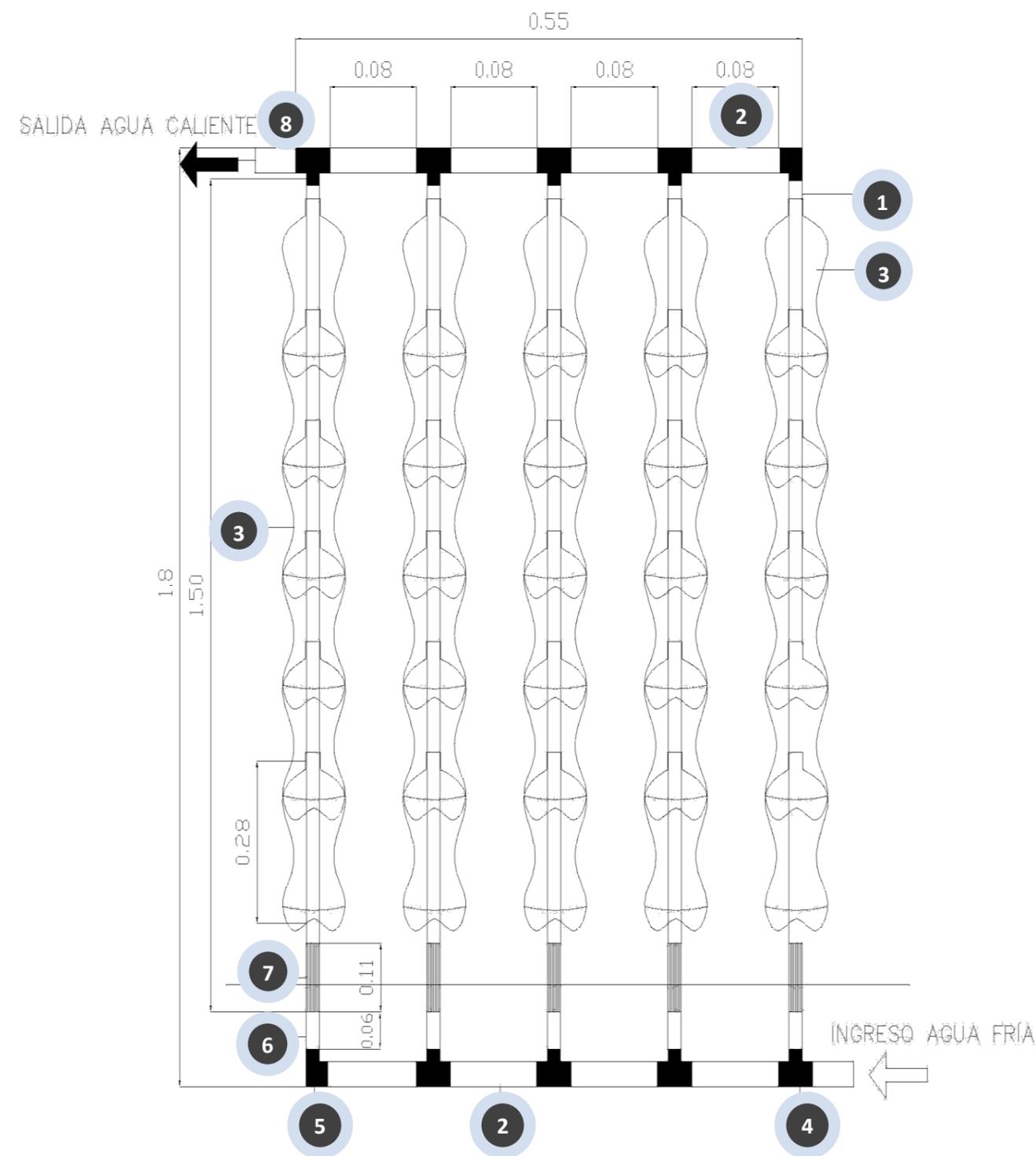
Arq. Virginia Miranda Gassull
D.N.I: 31.286.179

DETALLAES TÉCNICOS SISTEMA DE ACS



Referencias de la Fig. 18

- 1-Ramal -Caño Polipropileno Tricapa ½" de 1,50 m. cada ramal pintado con pintura negro mate.
- 2-Colector- Caño Polipropileno Tricapa 1", niple de 0,08m. Se utiliza 0,60m de caño en total.
- 3-Una Botella PET con papel reflejante interno. El calentador utiliza 30 botellas de 2lt. (6 para cada caño).
- 4-Tee con reducción 1" - ½". Se utilizan 8 en total
- 5-Codo con reducción 1" - 1/2". Se utilizan 2 en total
- 6-Niple de ½ ". Se utilizan 4 en total
- 7-Cupla ½". Se utilizan 4 en total
- 8-Espiga roscada macho ½". Se utilizan 2 en total (para conectar el tanque).



DETALLAES TÉCNICOS SISTEMA DE ACS

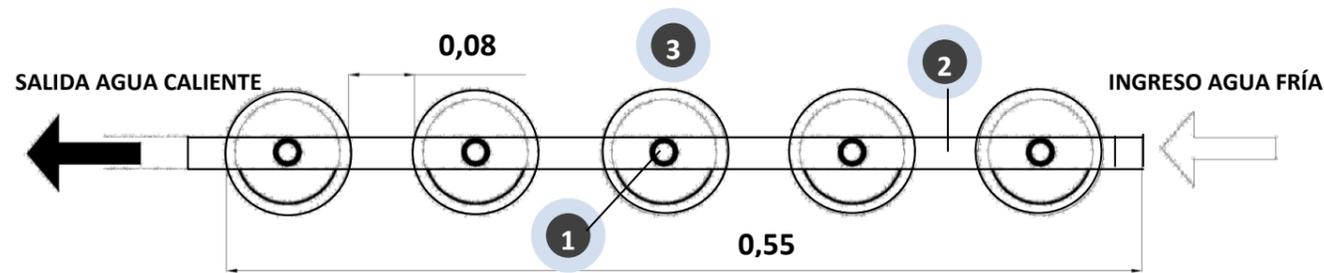
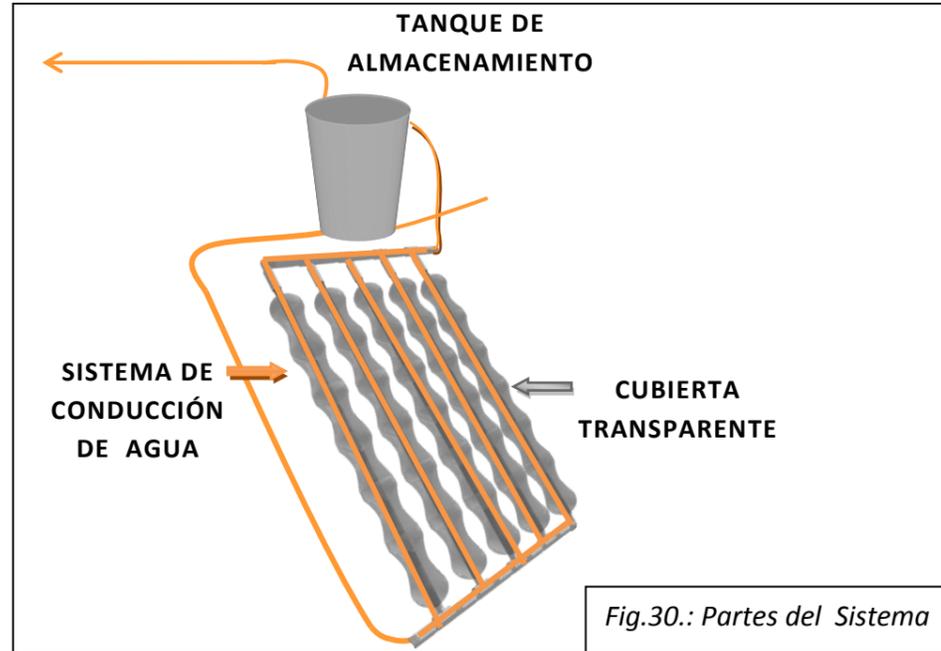


Fig.31: Planta esquemática. Sistema colector solar.

Referencias de la Fig. 31 y 32

- 1-Ramal Vertical -Caño Polipropileno Tricapa ½" de 1,50 m. cada ramal pintado con pintura negro mate.
- 2-Colector Horizontal - Caño Polipropileno Tricapa 1", niple de 0,08m. Se utiliza 0,60m de caño en total.
- 3-Doble Botella PET con papel reflejante interno. El calentador utiliza 30 botellas de 2lt. Y 30 botellas de 1,5 lt (12 para cada caño – 6 interior y 6 exterior).
- 4-Tee con reducción 1" - ½". Se utilizan 8 en total
- 5-Codo con reducción 1" - 1/2". Se utilizan 2 en total
- 6-Niple de ½ ". Se utilizan 5 en total
- 7-Cupla ½". Se utilizan 5 en total
- 8-Espiga roscada macho ½". Se utilizan 2 en total (para conectar el tanque).

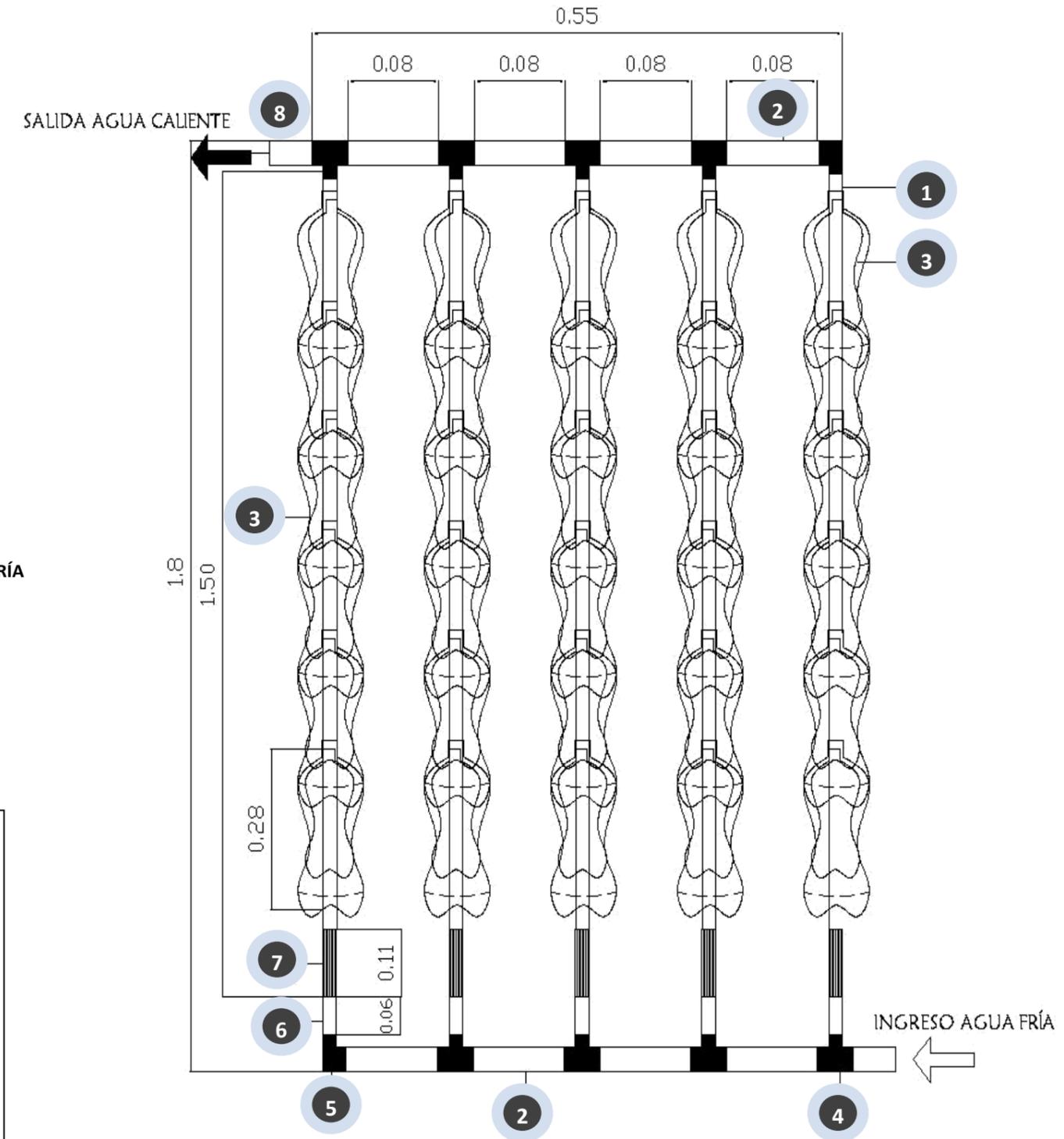


Fig.32: Esquema del sistema colector nº1