



Conference: Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables -  
Mantenimiento Industrial - Mecatrónica e Informática

*Booklets*



**RENIECYT**

Registro Nacional de Instituciones  
y Empresas Científicas y Tecnológicas

2015-20795

**CONACYT**

RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar  
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

**Title:** Construcción y diseño de un concentrador solar con materiales de bajo costo , para desinfección de agua para su aplicación en comunidades marginadas

**Author:** Livier Cacho-López

**Editorial label ECORFAN:** 607-8324  
**BCIERMIMI Control Number:** 2016-01  
**BCIERMIMI Classification(2016):** 191016-0101

**Pages:** 26

**Mail:** *livier.cacho@uteq.edu.mx*  
**RNA:** 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**

244 – 2 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: [contacto@ecorfan.org](mailto:contacto@ecorfan.org)  
Facebook: ECORFAN-México S. C.

**Twitter:** @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

**Holdings**

|                       |              |             |                       |
|-----------------------|--------------|-------------|-----------------------|
| Bolivia               | Honduras     | China       | Nicaragua             |
| Cameroon              | Guatemala    | France      | Republic of the Congo |
| El Salvador           | Colombia     | Ecuador     | Dominica              |
| <b>Peru</b>           | <b>Spain</b> | <b>Cuba</b> | <b>Haití</b>          |
| Argentina             | Paraguay     | Costa Rica  | Venezuela             |
| <b>Czech Republic</b> |              |             |                       |

- **Objetivo General**
- Desarrollar un colector solar con materiales de bajo costo, disponibles en la comunidad; que pueda ser construido por personas de cualquier edad, sexo o escolaridad y que ayude a la eliminación de agentes biológicos en aguas para consumo humano, cumpliendo con lo establecido en la Normatividad Oficial Mexicana vigente

- **Objetivos Particulares**

- Probar diferentes materiales caseros para elaborar un concentrador y demostrar su eficiencia.
- Medir parámetros que se consideran críticos como la temperatura para la óptima para la eliminación de agentes patógenos, el tiempo de radiación.

## Introducción

**La energía se percibe de diferentes formas:** al encender una lámpara, al accionar el motor de un auto, al calentar los alimentos. Esta energía se obtiene de diferentes maneras, sin embargo **la principal fuente de energía de la tierra proviene del Sol.**

# Antecedentes

La Universidad Tecnológica de Querétaro ha realizado **diferentes proyectos** destinados al mejoramiento de la calidad de vida de las personas.



## Justificación

- Según datos de la OMS<sup>(1)</sup> en el mundo hay 2.2 millones de decesos por muertes relacionadas con enfermedades gastrointestinales al año.
- De 1990 a 1997 en México murieron 103 812<sup>(2)</sup> personas por enfermedades infecciosas intestinales según cifras del INEGI, en el año 2000 se reportan 5207 defunciones<sup>(3)</sup>

(1) [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/diarrhoea/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/diarrhoea/en/) recuperado Abril 2014

(2) [http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general\\_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=11144](http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=11144) recuperado Abril 2014

(3) <http://bvs.insp.mx/rsp/articulos/articulo.php?id=000276> recuperado Abril 2014

- **El Pinalillo**
- Comunidad ubicada en el municipio de **San Miguel de Allende, Guanajuato**, tiene una longitud de  $100^{\circ}34'27''$ , una latitud de  $20^{\circ}47'46''$ . Según el Consejo Estatal de Población del Estado de Guanajuato, es una comunidad con un grado de **marginación alto**. Se carece de drenaje sanitario. La electricidad no es constante y el **agua se obtiene de manantiales y bordos**

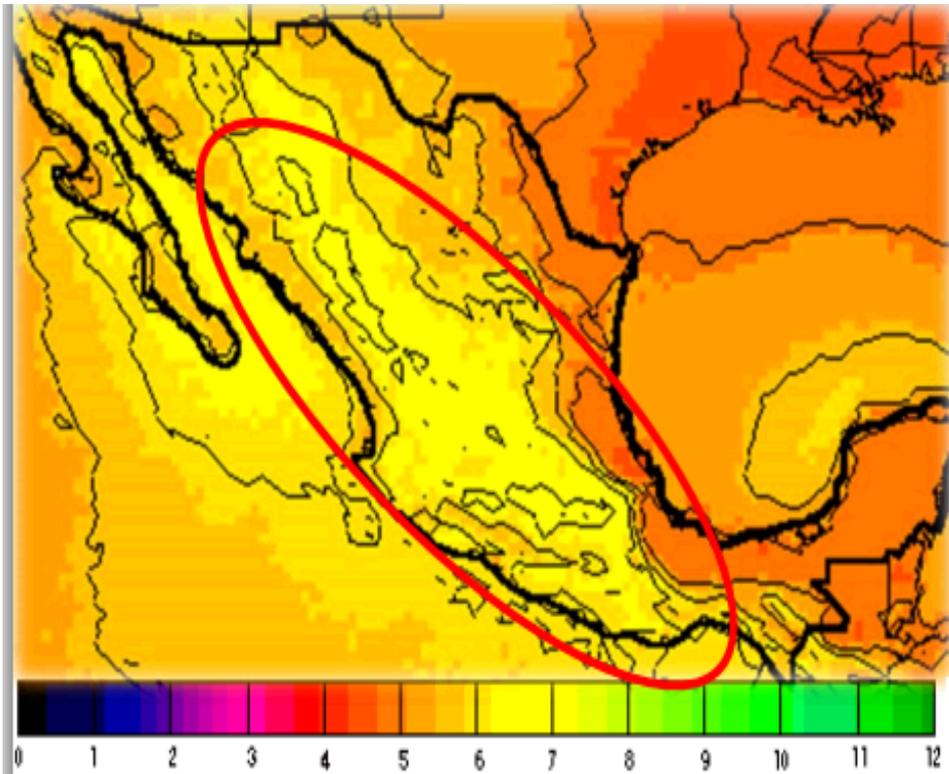
## Degradación natural del PET

Estudios reportan que el calentamiento de botellas de plástico incrementan el contenido de Sb en el agua por efecto de migración del plástico al agua.

La luz **UV** del sol provee energía requerida para **incorporar el oxígeno** en el polímero. Este proceso hace que el plástico se rompa y fragmente en trozos cada vez más pequeños Cabe destacar que este **proceso es muy lento** y puede tardar 50 años o más para que el plástico se degrade completamente.

- **Energía Solar**
- La radiación solar puede dividirse en tres rangos de longitud de onda: **radiación UV, luz visible y radiación infrarroja.**
- La mayor parte de la luz UV-C y UV-B en el rango de 200 a 320 nm es absorbida por la capa de ozono

- Sólo una fracción de la radiación UV-A, (**320 a 400 nm**) llega a la tierra.
- La luz UV-A tiene un efecto letal en los patógenos presentes en el agua, interactúa directamente con el ADN, los ácidos nucleicos y las enzimas de las células vivas, cambia la estructura molecular y **puede producir la muerte de la célula.**

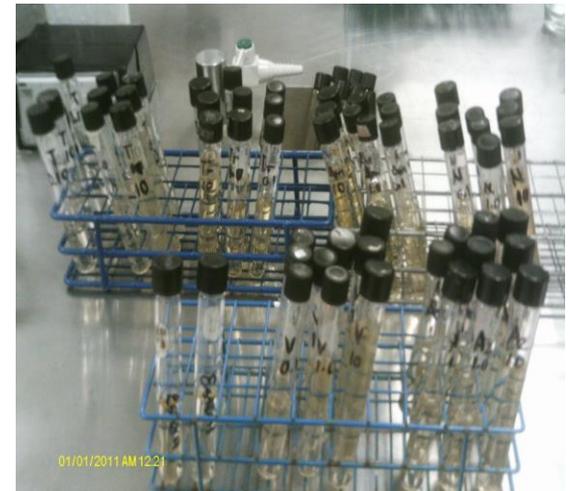


México goza de una situación privilegiada en cuanto a irradiación solar, con un promedio anual de 5.3 kWh/m<sup>2</sup> por día.

## Desarrollo

### **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994**

- **Calidad del agua utilizada para consumo.**
- Como organismo indicador de calidad biológica se utilizan los parámetros de coliformes totales y coliformes fecales. El LMP para estos parámetros es 2 NMP/100 mL y No detectable/100 mL respectivamente.



## **Construcción del colector**

Se desarrollo un prototipo hecha de materiales caseros como periódico, engrudo y papel reflejante, este último proviene de empaques de con envoltura de tipo aluminizado.

Las primeras pruebas que se realizaron se hicieron con dos prototipos de esferas





- Noviembre

Se realizaron mediciones de temperatura, en botellas de colores (transparente, azul, verde, ámbar y negra).

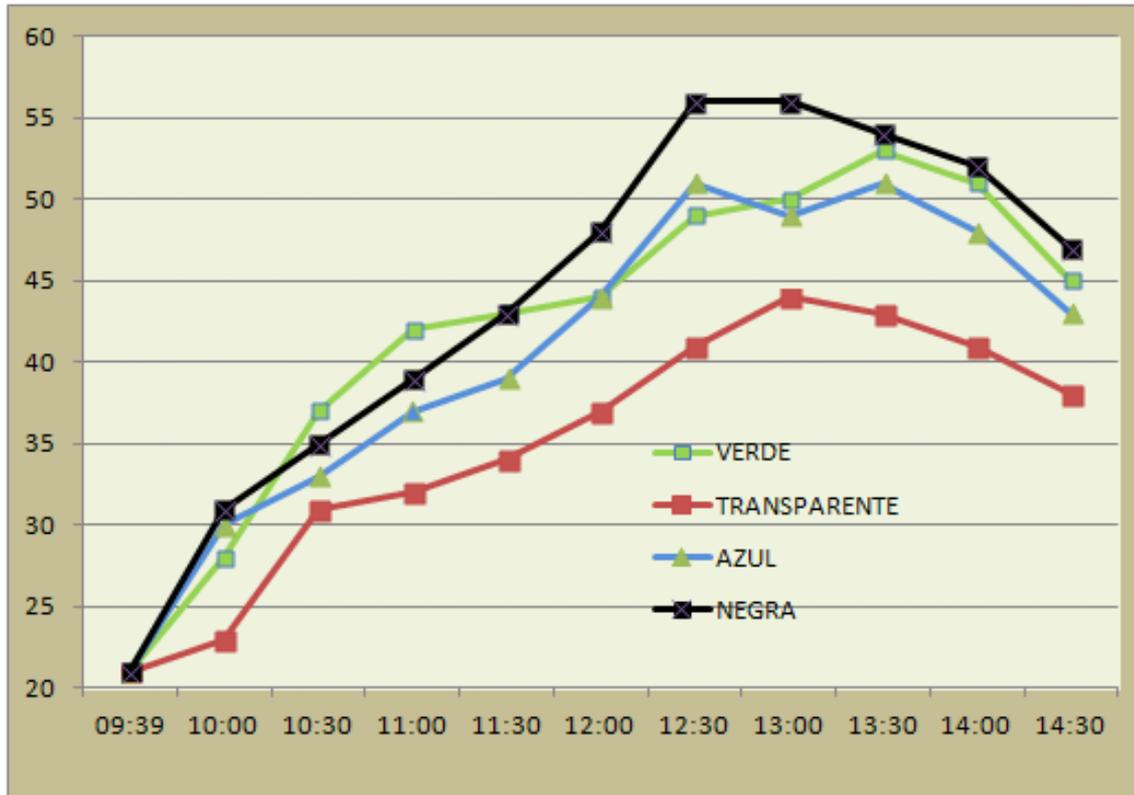
- Enero

Muestreo en la comunidad El Pinalillo, con 3 estaciones de muestreo, cada estación se ubicó en los pozos de agua que la comunidad usa para su consumo.

- Febrero

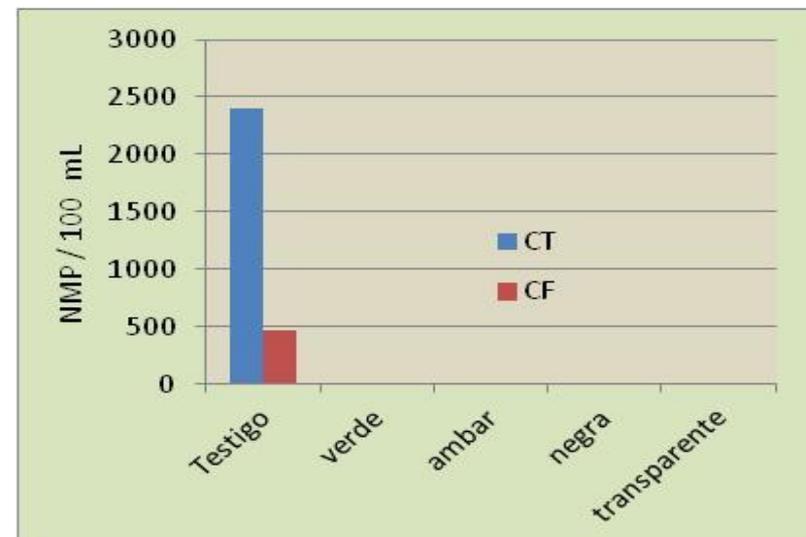
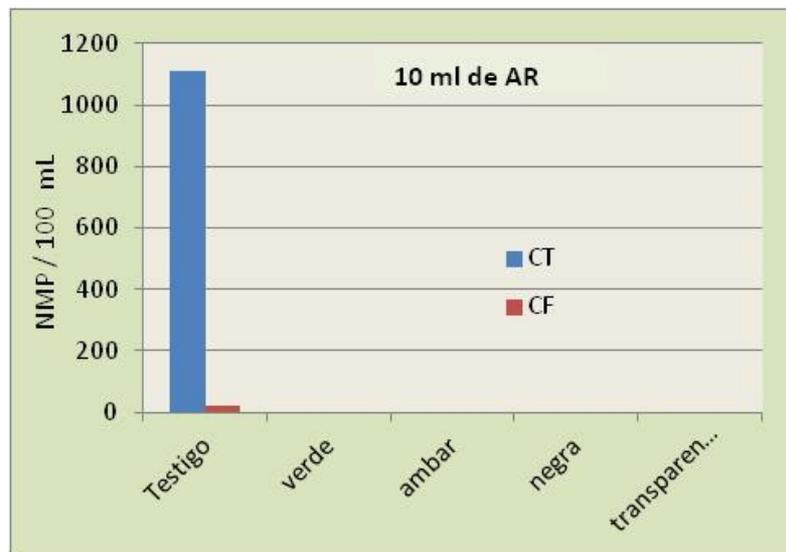
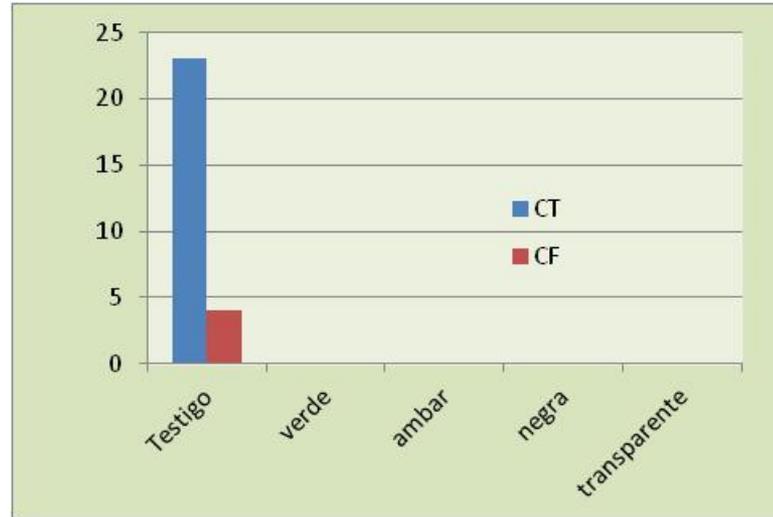
Corridas en las botellas ámbar, variando la concentración del inóculo y los tiempos de exposición

# Resultados: Tipo de contenedor



| 15 de Noviembre 2013                  |     |         |
|---------------------------------------|-----|---------|
| Nombre                                |     |         |
| Botella de vidrio, diferentes colores |     |         |
| Condiciones                           |     |         |
| Cada botella contiene 750 mL          |     |         |
| Concentrador esférico                 |     |         |
| Rad promedio                          | 499 | $W/m^2$ |

# Variación de Inocuo: 5, 10 y 15 ml (agua residual)



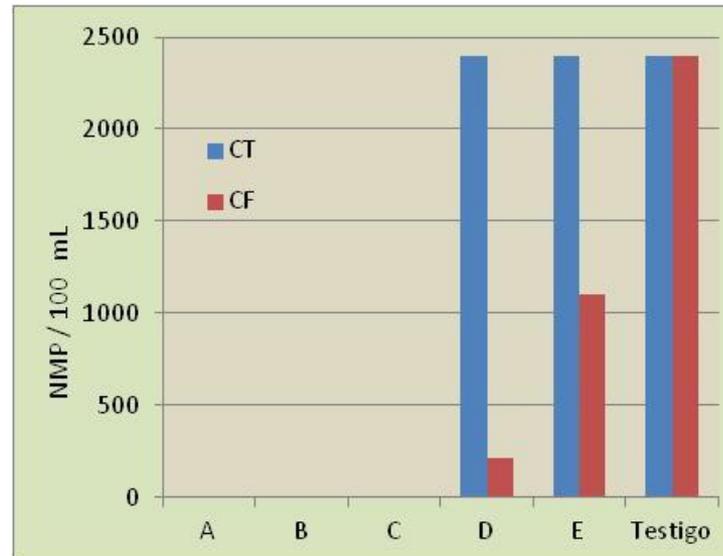
# Resultados: Variación en el tiempo de exposición

|                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>03-Mar-14</b>                                                                          |
| Nombre                                                                                    |
| Variación en tiempo de exposición                                                         |
| Condiciones                                                                               |
| 5 Contenedores <b>AMBAR</b> y testigo con 700 mL de agua de la llave + <b>20 mL</b> de AR |
| Se irradian de las 10 a las 18 hr ,<br>Parcialmente nublado a partir de las 14:00 hr      |

|                      | A    | B    | C    | D    | E   |
|----------------------|------|------|------|------|-----|
| Temp °C              | 53.1 | 56.1 | 48.0 | 29.3 | 23  |
| Rad W/m <sup>2</sup> | 555  | 521  | 449  | 308  | 172 |

|       | A                    | B | C | D | E |
|-------|----------------------|---|---|---|---|
| 10:00 | x                    |   |   |   |   |
| 11:00 | x                    |   |   |   |   |
| 12:00 | x                    | x |   |   |   |
| 13:00 | x                    | x |   |   |   |
| 14:00 | x                    | x | x |   |   |
| 15:00 | x                    | x | x |   |   |
| 16:00 | x                    | x | x | x |   |
| 17:00 | x                    | x | x | x | x |
| 18:00 | Cancelado por lluvia |   |   |   |   |

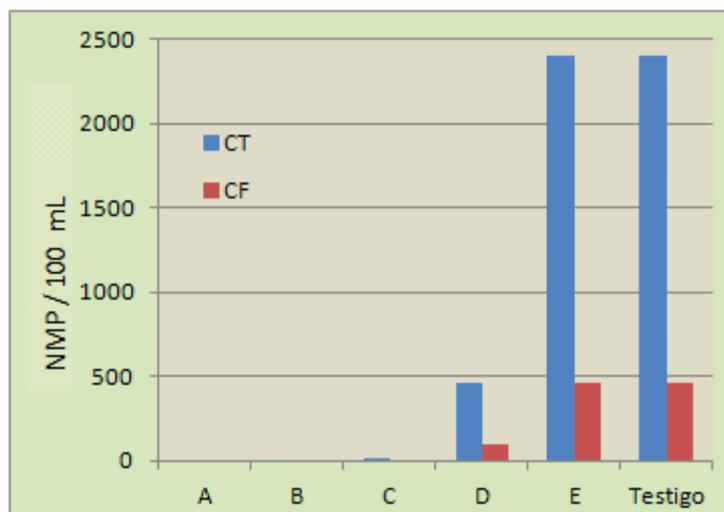
| Contenedor | NMP 100 mL de mtra |      |
|------------|--------------------|------|
|            | CT                 | CF   |
| A          | 0                  | 0    |
| B          | 0                  | 0    |
| C          | 0                  | 0    |
| D          | 2400               | 210  |
| E          | 2400               | 1100 |
| Testigo    | 2400               | 2400 |



|                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>24-Mar-14</b>                                                                           |
| Nombre                                                                                     |
| Variación en tiempo de exposición                                                          |
| Condiciones                                                                                |
| 5 Contenedores <b>AMBAR</b> y testigo con 1000 mL de agua de la llave + <b>40 mL</b> de AR |
| Se irradian de las 10 a las 18 hr                                                          |

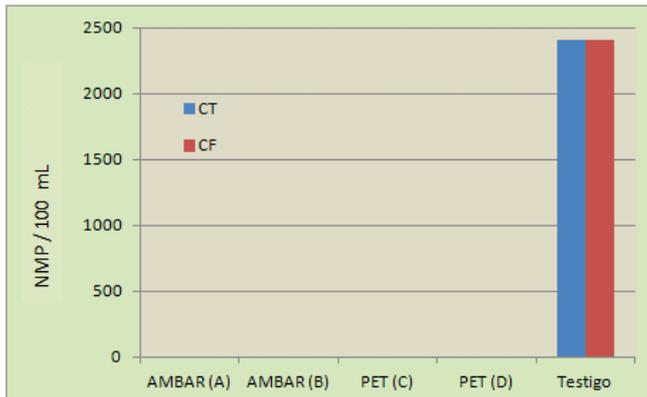
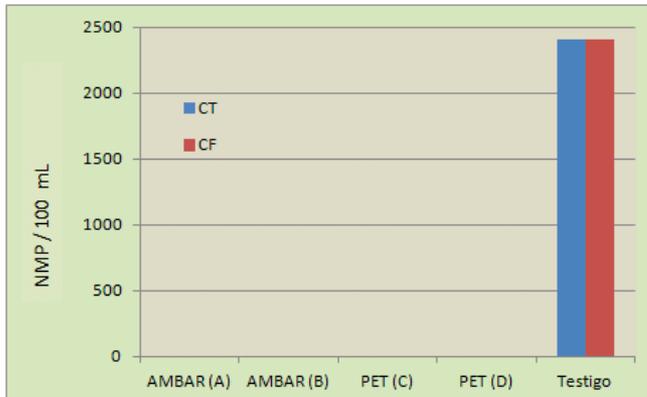
| Contenedor | NMP 100 mL de mtra |     |
|------------|--------------------|-----|
|            | CT                 | CF  |
| A          | 0                  | 0   |
| B          | 0                  | 0   |
| C          | 9                  | 0   |
| D          | 460                | 93  |
| E          | 2400               | 460 |
| Testigo    | 2400               | 460 |

|                      | A    | B    | C    | D    | E   |
|----------------------|------|------|------|------|-----|
| Temp °C              | 58.3 | 58.0 | 55.0 | 48.6 | 38  |
| Rad W/m <sup>2</sup> | 606  | 661  | 679  | 630  | 628 |



|       | A | B | C | D | E |
|-------|---|---|---|---|---|
| 10:00 | x |   |   |   |   |
| 11:00 | x | x |   |   |   |
| 12:00 | x | x | x |   |   |
| 13:00 | x | x | x | x |   |
| 14:00 | x | x | x | x | x |
| 15:00 | x | x | x | x |   |
| 16:00 | x | x | x |   |   |
| 17:00 | x | x |   |   |   |
| 18:00 | x |   |   |   |   |

# Caja solar vs Concentrador



| 06-Junio 14                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------|
| Nombre                                                                  |
| Concentrador esférico                                                   |
| Condiciones                                                             |
| 2 Contenedores <b>AMBAR</b> , con 1000 ml de AR ( <b>SIN DILUCIÓN</b> ) |
| Se irradian de las 9:00 a las 18 hr ,                                   |

| 11-Mar-14                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre                                                                                                              |
| Comparativo VS Caja solar                                                                                           |
| Condiciones                                                                                                         |
| 2 Contenedores <b>AMBAR</b> , 2 botellas de plástico y testigo con 1000 mL de agua de la llave + <b>40 mL</b> de AR |
| Se irradian de las 9:30 a las 18 hr ,                                                                               |

| 09-Juni14                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre                                                                                                   |
| Comparativo VS Caja solar                                                                                |
| Condiciones                                                                                              |
| 2 Contenedores <b>AMBAR</b> , 2 botellas de plástico y testigo con 1000 ml de AR ( <b>SIN DILUCIÓN</b> ) |
| Se irradian de las 9:00 a las 18 hr ,                                                                    |

RESULTADOS

**AMBOS CONTENEDORES**

**< 2 NMP / 100 mL**

# Pruebas de Inocuidad

|                       | Horas después de la insolación | Resultados       |
|-----------------------|--------------------------------|------------------|
| Martes 22 julio       | 24                             | < 2 NMP / 100 mL |
| Miércoles 23 de julio | 48                             | < 2 NMP / 100 mL |
| Jueves 24 de julio    | 72                             | < 2 NMP / 100 mL |
| Viernes 25 de julio   | 96                             | < 2 NMP / 100 mL |
| Sábado 26 de julio    | 120                            | < 2 NMP / 100 mL |

# CONCLUSIONES

- La energía solar térmica es una fuente inagotable de energía y se puede utilizar para mejorar la calidad del agua para consumo humano a muy bajo costo en comunidades marginadas
- El color de cada botella no fue significativo para la eliminación de coliformes.

- La prueba de inocuidad demuestra que las bacterias coliformes se pueden inactivar por más de siete días, por lo que consideramos que están fueron eliminadas por completo.
- Se probó el prototipo bajo diferentes condiciones de exposición para probar su robustez, evaluando períodos de exposición y temperaturas alcanzadas

- Se eliminaron coliformes totales y fecales en muestras de agua residual con concentraciones mayores a 2400 NMP/100mL, con temperaturas mayores a 55°C y un tiempo de exposición mayor a 4 horas.
- Hay puntualizar que las pruebas se realizaron entre el mes de octubre y abril, en donde la cantidad de radiación solar en el estado de Querétaro no es la máxima, por lo que es factible usar esta tecnología todo el año y en zonas con menor índice de radiación

# Bibliografía

- Enkerlin Hoeflich, E. C., Cano Cano, G., Garza Cuevas, R. A., & Vogel Martínez, E. (1997). *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. Mexico: Thomson Editores.
- 
- Madrid Vicente, A. (2009). *Curso de Energía Solar*. Madrid: Mundi Prensa.
- 
- Madrid Vicente, A. (2009). *Energía solar térmica y de concentración . Manual practico de diseño, instalación y mantenimiento*. Madrid: AMV ediciones.
- <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/presentacion1.pdf>
- <http://purewater.com/pages/Doulton/Gravity.html>
- [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/diarrhoea/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/diarrhoea/en/)
- [http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general\\_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=11144](http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=11144)
- <http://bvs.insp.mx/rsp/articulos/articulo.php?id=000276>
- NOM-127-SSA1-1994 Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización
- PROY-NMX-AA-042-SCFI-2011 Análisis de agua - detección y enumeración de organismos coliformes, organismos coliformes termotolerantes y Escherichia Coli Presuntiva – método del número más probable En tubos múltiples



**ECORFAN®**

**© ECORFAN-Mexico, S.C.**

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162, 163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169, 209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)