

# FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA TERMOSOLAR PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

Antonio Castro

*Universidad Autónoma de Coahuila*

Blanca Barajas

Víctor Moreno

## **Abstract**

The chair of research methodology of the Faculty of Civil Engineering of the Universidad Autónoma de Coahuila, develops the research that aims to establish the feasibility of implementing a thermoelectric solar plant to supply power to industrial parks in the city of Torreon, Coahuila, Mexico; this in order to provide a sustainable alternative to the environment for the generation of clean energy. This quantitative research in its state of the art technical provides conditions, specifications for the construction of the plant. Likewise, the parameters valid for assessment are: climate, temperature, hours of sunshine per day, solar radiation, legislation and storage and networking protocols governed by the Law of the Public Service of Electric Energy. This feasible alternative of power generation contributes to the improvement of the environment by replacing traditional methods. Another benefit will be reviving the economy, to attract investment to the industrial parks by the competitive cost of electricity during peak hours and its privileged geographical location in the north of the country, improving the quality of life of the inhabitants of the region.

**Keywords:** *solar thermal plant; a sustainable alternative; clean energy; solar radiation*

## **Resumen**

La cátedra de metodología de la investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Coahuila, desarrolla la investigación que tiene como objetivo establecer la factibilidad en la implementación de una planta solar termoeléctrica para el suministro de energía a parques industriales en la ciudad de Torreón, Coahuila, México, esto con el fin de proporcionar una alternativa sustentable al medio ambiente para la generación de energía limpia. Esta investigación cuantitativa en su estado del arte establece condiciones técnica, especificaciones para la construcción de la planta. Así mismo los parámetros a validos para la evaluación son: clima, temperatura, horas de sol al día, radiación solar, legislación y protocolos de almacenaje e interconexión regidos por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. Al ser factible esta alternativa para generar energía se contribuye a mejorar el ambiente al sustituir los métodos tradicionales. Otro beneficio será la reactivación de la economía, al atraer inversión a los parques industriales por el costo competitivo de energía eléctrica en horas pico y su privilegiada ubicación geográfica en el norte del país, mejorando la calidad de vida de los habitantes de la región.

**Palabras clave:** *planta solar termoeléctrica; alternativa sustentable; energía limpia; radiación solar*

## 1. Introducción

La crisis energética que se ha vivido en los últimos años y la serie de cambios climáticos que se convirtieron en grandes catástrofes, nos han llevado a buscar alternativas para el suministro de energía sustentable y amigable con el medio ambiente.

Se han desarrollado diversas tecnologías para generar energías alternativas aprovechando las fuentes renovables que nos brinda la naturaleza. Una de esas fuentes es el sol, que constantemente emite grandes cantidades de energía y durante mucho tiempo se ha desaprovechado.

Actualmente existen diferentes formas de aprovechar la radiación solar para producir energía limpia que sustituye a la generada por combustibles fósiles como: carbón, gas, y petróleo; que producen gases dañinos a la sociedad y al medio ambiente.

El aprovechamiento térmico de la energía solar activa se logra mediante la instalación de elementos para la captación y acumulación de la radiación solar que permiten diversos usos que van desde la obtención de agua caliente y sanitaria hasta la generación de energía para la industria. Según el propósito se requiere para estos servicios una infraestructura específica y una determinada temperatura para cada sistema.

En función de esa temperatura se clasifican en:

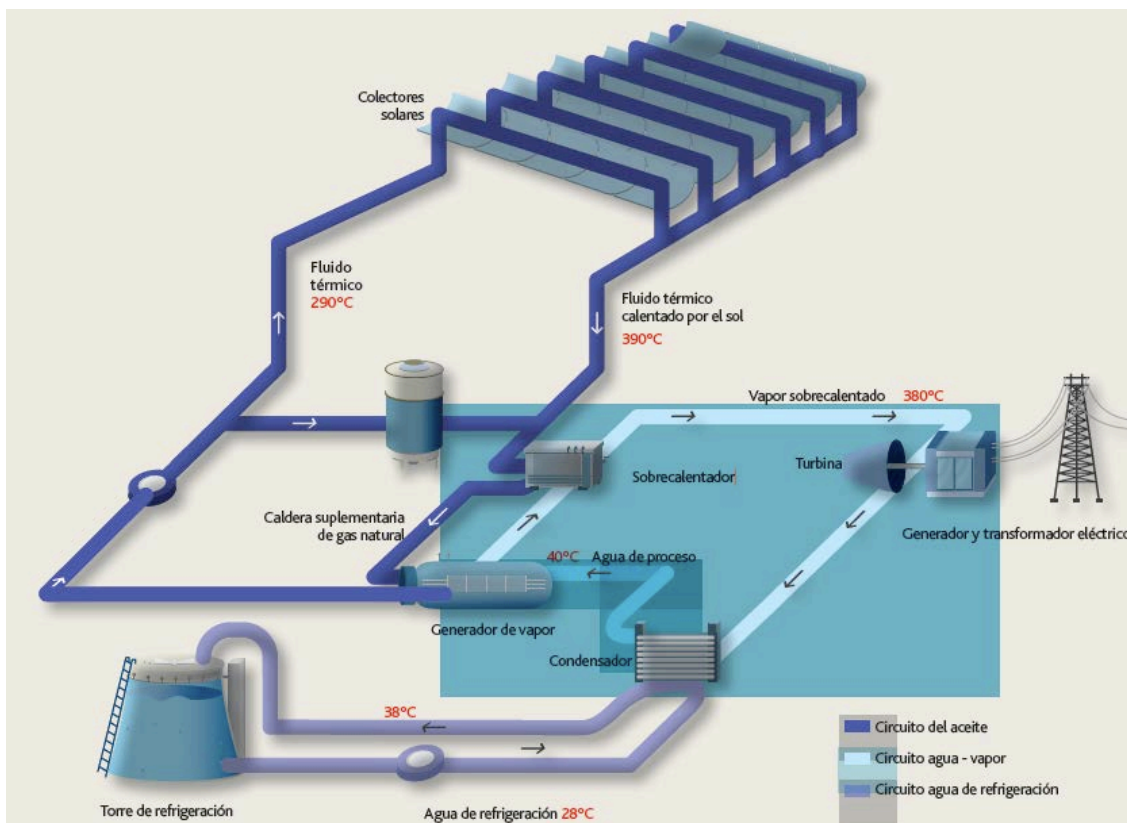
- Sistema de aprovechamiento de baja temperatura.
- Sistema de aprovechamiento de media temperatura.
- Sistema de aprovechamiento de alta temperatura.

En la presente investigación se analizó un sistema de aprovechamiento de media temperatura, los cuales se utilizan para generar vapor a altas temperaturas para producir energía eléctrica. La temperatura de estos sistemas oscila entre 80 y 450 °C.

Las plantas termosolares (Acciona, 2011) de captadores cilíndrico parabólicos, como se muestra en la figura 1, funcionan como a continuación se describe:

1. Captación de la energía solar. Los captadores solares, alineados en kilómetros de hileras de espejos cilindro-parabólicos, giran sobre su eje para seguir la trayectoria del sol y optimizar la captación.
2. Concentración de la luz solar. La forma de los espejos esta diseñada para concentrar la irradiación solar sobre su línea focal, donde se sitúa un tubo absorbedor de acero inoxidable, protegido por una envolvente de vidrio al vacío.
3. Transferencia de la energía a un fluido térmico. Por efecto de la radiación solar concentrada, el fluido térmico (aceite sintético) que circula por el interior de los tubos absorbedores se calienta a temperaturas proximas a 400 °C.
4. Producción de vapor. El fluido cede su energía calorífica al agua que circula en el interior de un intercambiador y la transforma en vapor. A continuación el fluido retorna a los colectores para calentarse de nuevo y reinicie el proceso.
5. Generación de electricidad. El vapor a presión es utilizado para impulsar una turbina que, conectada a un generador, produce electricidad. La electricidad es conducida a una subestación donde se eleva el voltaje para su incorporación a la red.
6. Refrigeración. Tras ceder su energía a la turbina, el vapor retorna a estado líquido en un condensador, conectado a un sistema de refrigeración por agua en un circuito abierto. El agua resultante será de nuevo utilizada para producir vapor.

Figura 1: Planta Termosolar de Captadores Cilíndrico Parabólicos



Modelo desarrollado por Acciona para la captación y generación de energía eléctrica con el método cilindro parabólicos.

La ciudad de Torreón, donde se pretende implementar este sistema de generación de energía eléctrica, tiene una población de 629.639 habitantes. Y se localiza en la parte oeste del sur del estado de Coahuila, México, en las coordenadas 103° 26'33" longitud oeste y 25° 32' 40" latitud norte, a una altura de 1.120 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con los municipios de Francisco I. Madero y San Pedro, al este con el municipio de Matamoros, al sur y al oeste con el estado de Durango principalmente con los municipios de Gómez Palacio y Lerdo.

El clima en Torreón es calido-seco, con una temperatura promedio anual de 24°C (aunque en verano puede superar los 40°C). Muy a menudo soplan corrientes de aire caliente. El régimen de lluvias se registran en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre; siendo escasas en noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo. Los vientos predominantes tienen dirección sur con velocidades de 27 a 44 Km/h. La frecuencia de heladas es de 0 a 20 días, en la plenitud del invierno la temperatura baja hasta de -3°C.

La ciudad de Torreón se encuentra en un punto estratégico entre el norte y el centro del país, como se muestra en la figura 2, se puede arribar por vía aérea, terrestre y ferroviaria.

Figura 2: Ubicación de la ciudad de Torreón



Mapa de la República Mexicana con división política. Disponible en <http://turismo.torreon.gov.mx/torreon.cfm>

## 2. Objetivos

El objetivo de este estudio es comprobar la factibilidad en la implementación de una planta termosolar para el suministro de energía eléctrica a los parques industriales en la ciudad de Torreón.

Los parámetros validos para la evaluación son:

- Radiación
- Nubosidad
- Pendiente
- Superficie
- Recursos Hidráulicos
- Altitud
- Accesibilidad
- Legislación y protocolos de almacenaje e interconexión regidos por la Ley del Servicio Publico de Energía Eléctrica.

## 3. Metodología

Para comprobar la factibilidad de la implementación de esta tecnología en la región primero debemos consultar en bibliografías los parametros técnicos para su realización y los requerimientos mínimos para su funcionamiento.

### 3.1 Radiación

Téllez (2008) en el Centro de Investigaciones energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) plantea que este criterio es el más importante para la localización de las plantas termosolares. Por lo que se consideró como la variable fundamental para determinar las áreas con mayor potencial. La radiación solar directa que se debe considerar, al momento de la búsqueda de áreas potenciales, es de 1.700 Kwh/m<sup>2</sup> al año ó 5 Kwh/m<sup>2</sup> al día.

### **3.2 Nubosidad**

Para que la instalación de una planta termosolar sea factible, se necesita un área que reciba la mayor cantidad de radiación directa, es decir, que exista un alto porcentaje del año con días despejados (García y Lacal, 2008). Daniels (1977) menciona que las mejores zonas de aprovechamiento son las áreas con 3.000 horas de Sol al año, aunque este mismo autor dice que también son favorables las áreas que poseen alrededor de 2.300 horas.

### **3.3 Pendiente**

Este es un aspecto importante al localizar las plantas y se consideró, por ejemplo, en los proyectos de torre y helióstratos PS10 y PS20 ubicadas en Sevilla, España (Garmendia, 2008), ya que tanto el campo de helióstatos como los concentradores necesitan zonas planas. Téllez (2008) considera solo las áreas con pendiente menor a 3%. Esto con el fin de evitar las sombras que se puedan generar.

### **3.4 Superficie**

Se necesitan grandes áreas para la localización de este tipo de plantas y es lo que se plantea en el estudio de emplazamientos de la planta de Almería, la cual excluye del estudio todas las zonas con una superficie menor a los 5 km<sup>2</sup> (Téllez, 2008).

### **3.5 Recursos Hidráulicos**

Para la generación de energía, las plantas termosolares requieren de vapor de agua. Este se consigue con los intercambiadores de calor en un proceso llamado ciclo Rankine, en el cual el fluido calentado evapora una cantidad de agua y el vapor resultante mueve una turbina que genera energía (García 2001).

La disponibilidad de agua puede ser un factor significativo en las regiones áridas donde es más factible instalar las plantas solares, debido a que se requieren de 41 a 54 m<sup>3</sup>/MWh (Mulás, 2005).

### **3.6 Ubicación**

Las mejores zonas de aprovechamiento solar se encuentran entre los paralelos 15° y 35° de latitud Sur y Norte, ya que reciben una radiación mínima de 500 Langley al día (1 Langley = 1 cal/cm<sup>2</sup>) y una variación mensual total menor a 250 Langley día. Estas zonas son regiones ecuatoriales de los desiertos áridos de la Tierra, en las cuales, el Sol incide en esta superficie con un 90% de radiación directa, lo que las hace muy apropiadas para la instalación de plantas solares (Daniels, 1977).

La altitud mencionada por García (2001) como una gran limitante para la generación de electricidad, ya que a mayor altitud la potencia de la turbina se reduce, por lo tanto, una altitud adecuada es menor a 2.800 metros.

### **3.7 Accesibilidad**

La accesibilidad resulta un factor muy importante para el funcionamiento de la planta, tanto a las redes eléctricas como a caminos, por el principio de localización de mínimo costo de Éntremont (1997). La red vial hace posible que los trabajadores e insumos lleguen al emplazamiento de la central, y la cercanía a la red de alta tensión abarata los costos de conexión. Por ello, la búsqueda de las rutas principales y las redes eléctricas de alta tensión, es uno de los desafíos para la localización. Téllez (2008) expone como uno de los criterios para la viabilidad de una planta que esta tenga una buena comunicación y accesibilidad.

### 3.8 Legislación y protocolos de almacenaje e interconexión regidos por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

En la sección séptima en el artículo 103 de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 36, fracción II, de la Ley, define la cogeneración como la producción de energía:

1. Con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambas.
2. Directa o indirectamente a partir de energía térmica no aprovechada en los procesos de que se trate.
3. Directa o indirectamente utilizando combustibles producidos en los procesos de que se trate.

El artículo 104 se refiere a la obtención y aprovechamiento de un permiso de cogeneración.

La electricidad que se genera se destina a la satisfacción de las necesidades de establecimientos que utilizan o producen el vapor, la energía térmica o los combustibles que dan lugar a los procesos base de la cogeneración o sean copropietarios de las instalaciones o socios de la sociedad de que se trate, así mismo el permisionario se obliga a poner sus excedentes de energía eléctrica a disposición de la Comisión Federal de Electricidad quien es el organismo gubernamental encargado de su operación y comercialización.

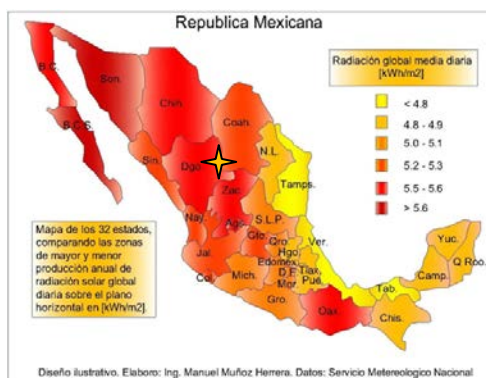
## 4. Resultados

Los resultados que se obtuvieron mediante la presente investigación de acuerdo a las condiciones de la región son los siguientes:

### 4.1 Radiación

La ciudad de Torreón se encuentra localizada, como se muestra en la figura 3, en la zona con radiación global media diaria de 5,0 a 5,1 kWh/m<sup>2</sup>

**Figura 3: Radiación global media diaria en la República Mexicana**



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. Ing. Manuel Muñoz Herrera.

La radiación, como se muestra en la tabla 1, ha sido variable mostrando altas y bajas, pero según las estadísticas en los últimos 4 años ha ido en aumento, por lo que se espera que continúe esa tendencia, lo que hará más eficiente el sistema que se pretende implementar.

**Tabla 1: Estadística de radiación en Torreón 1997 – 2011**

| Año      | Radiación (kWh/m <sup>2</sup> ) |       |        |
|----------|---------------------------------|-------|--------|
|          | Mínima                          | Media | Máxima |
| 1997     | 3,8                             | 5,4   | 7,1    |
| 1998     | 4,1                             | 5,7   | 7,3    |
| 1999     | 3,2                             | 5,4   | 7,5    |
| 2000     | 3,0                             | 4,6   | 5,6    |
| 2001     | 2,5                             | 4,3   | 5,4    |
| 2002     | 2,8                             | 4,2   | 5,3    |
| 2003     | 2,7                             | 4,3   | 5,6    |
| 2004     | 2,6                             | 4,2   | 5,4    |
| 2005     | 3,0                             | 4,9   | 7,1    |
| 2006     | 3,3                             | 5,0   | 6,4    |
| 2007     | 3,4                             | 5,3   | 6,4    |
| 2008     | 2,9                             | 4,6   | 5,9    |
| 2009     | 3,0                             | 5,1   | 6,8    |
| 2010     | 3,2                             | 5,7   | 7,4    |
| 2011     | 3,5                             | 5,8   | 7,6    |
| Promedio | 3,1                             | 5,0   | 6,2    |

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. Observatorio Torreón, Coahuila

#### 4.2 Nubosidad

Esta condición es casi nula en la región, ya que la mayor parte de los días el cielo está despejado y se cuenta con un promedio de 12 horas de sol al día por año, la distribución por mes se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2: Promedio de horas de luz solar al día en Torreón**

| Mes     | Ene   | Feb   | Mar   | Abr   | May   | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct   | Nov   | Dic   |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Hrs/día | 10:44 | 11:18 | 12:02 | 12:46 | 13:24 | 13:42 | 13:32 | 12:59 | 12:16 | 11:32 | 10:53 | 10:34 |

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

### 4.3 Pendiente

La ciudad de Torreón se encuentra en una región plana, como se muestra en la figura 4, por lo que las pendientes no exceden el 3%. Los terrenos pensados para la construcción de la planta son terrenos con pendientes menores al 3%, ya que eran terrenos utilizados para la agricultura, pero debido a la sequía en la región esas tierras dejaron de producir. La única vegetación que podemos encontrar son plantas llamadas mezquites (*Prosopis juliflora*), las cuales crecen de manera silvestre en la región.

**Figura 4: Características del terreno propuesto para la construcción de la planta termosolar**



1. Curvas de nivel de la zona "La Sagra" 2. Imagen del terreno 3. Vegetación silvestre para desmontar

### 4.4 Superficie

Torreón cuenta con grandes superficies, como se muestra en la figura 5, que cumplen con requerimientos para la instalación de una planta termosolar. El lugar donde se puede instalar la planta se encuentra cerca de la planta tratadora de aguas residuales de Torreón lo que nos permite satisfacer la demanda del recurso hidráulico imprescindible para el proceso, donde se encuentran disponibles más de 5 km<sup>2</sup>.

**Figura 5: Terrenos disponibles para la construcción de la planta termosolar**



Fuente: Plan Director de Desarrollo Urbano de Torreón 1999- 2020

### 4.5 Recursos Hidráulicos

En las regiones secas, es difícil contar con este recurso en abundancia, esta región tiene una precipitación anual promedio de 230 mm y en 2011 sólo se contaron con 93,8 mm. Existen pozos de donde se obtiene el agua para el consumo humano y para la ganadería, una de las



principales actividades de la región, pero cada vez va disminuyendo la cantidad extraída y aumenta la profundidad a la que se encuentra.

Una alternativa para obtener el agua para realizar el ciclo de Rankine, es tomar el recurso de la planta tratadora de aguas residuales de Torreón, la cual tiene en promedio un volumen efluente de  $1,165 \text{ m}^3/\text{s}$ , que se divide en  $1,140 \text{ m}^3/\text{s}$  que cumple con la NOM-001-SEMARNAT-1996 (Establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales), utilizados en riego agrícola de uso restringido; y  $0,025 \text{ m}^3/\text{s}$  que cumple con la NOM-003-SEMARNAT-1997 (Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público), que tienen un uso industrial.

Estos últimos podrán cumplir sin problema con la demanda de la planta termosolar de  $54 \text{ m}^3/\text{MWh}$ . En caso de necesitar una mayor cantidad de agua la planta tratadora de aguas residuales, tiene la capacidad de adaptarse según los requerimientos de sus usuarios.

#### 4.6 Ubicación

La ciudad de Torreón se encuentra en las coordenadas  $103^\circ 26'33''$  longitud oeste y  $25^\circ 32' 40''$  latitud norte, a una altura de 1.120 metros sobre el nivel del mar. Lo cual se encuentra dentro de los parámetros antes mencionados.

#### 4.7 Accesibilidad

El terreno disponible para construir la planta termosolar, se ubica en el ejido La Sagra, el cual, cuenta con diversos accesos que se derivan de la carretera a Mieleras, la principal vía de acceso comunica la carretera a Mieleras con la carretera 40 Torreón - Matamoros, ya que se encuentra cerca un desarrollo habitacional llamado Rancho Alegre, como se muestra en la figura 6.

Las líneas de alta tensión están ubicadas a un costado de la carretera a Mieleras hasta llegar a la carretera 40 Torreón-Matamoros, ya que esta zona es uno de los corredores industriales de la región contando con empresas transnacionales como John Deere y Takata, además de los parques industriales Lajat y las Américas.

**Figura 6: Ubicación del terreno y vías de comunicación**



Fuente: Google maps 2012

#### 4.8 Legislación regida por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

Las leyes mexicanas no permiten la producción de energía eléctrica para su comercialización, solo para autoabastecimiento y cogeneración, por lo cual al producirla debe ser entregada a la Comisión Federal de Electricidad.

Para cumplir con las normativas establecidas por la Secretaría de Energía es necesario:

1. Solicitud de permiso de autoabastecimiento de energía eléctrica CRE-DGE-001
2. Solicitud de permiso de cogeneración energía eléctrica CRE-DGE-002
3. Solicitud de permiso de producción independiente de energía eléctrica CRE-DGE-003
4. Solicitud de permiso de pequeña producción de energía eléctrica CRE-DGE-004
5. Solicitud de permiso de importación de energía eléctrica CRE-DGE-005
6. Solicitud de permiso de exportación de energía eléctrica CRE-DGE-006
7. Informe estadístico de operación eléctrica de permisionarios de autoabastecimiento, cogeneración, pequeña producción, exportación o usos propios continuos CRE-DGE-007a
8. Informe estadístico de operación eléctrica de permisionarios de importación CRE-DGE-007b
9. Informe estadístico de operación eléctrica de permisionarios de producción independiente CRE-DGE-007c
10. Solicitud de autorización para modificar las condiciones originales de generación o importación de energía eléctrica CRE-DGE-008
11. Solicitud de autorización para la transferencia de los derechos derivados del permiso CRE-DGE-009
12. Solicitud de renovación de permiso de producción independiente de energía eléctrica CRE-DGE-010

#### 4.9 Comparación.

Se realizó una comparativa de las principales características climatológicas entre Torreón, Badajoz, y Boulder city las dos últimas en la actualidad cuentan con plantas termosolares en operación, como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3: Comparación de condiciones climatológicas entre Badajoz, Boulder City y Torreón**

| Características  | Ciudades con plantas termosolares en operación |                  | Ciudad propuesta | Otra alternativa   |
|------------------|--|------------------|------------------|--------------------|
|                  | Alvarado I                                     | Nevada Solar One |                  |                    |
| Planta           | Alvarado I                                     | Nevada Solar One | -                |                    |
| Ciudad           | Badajoz  | Boulder City     | Torreón          | Desierto de Sonora |
| Estado/provincia | Extremadura                                    | Nevada           | Coahuila         | Sonora             |
| País             | España   | EE.UU.           | México           | México             |

|                                    |           |           |           |           |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Altura (m)                         | 195       | 791       | 1.120     | 40        |
| Latitud                            | 38° 54 N  | 35° 59 N  | 25° 32 N  | 32° 28 N  |
| Longitud                           | 006° 58 W | 114° 58 W | 103° 24 W | 114° 45 W |
| Temperatura promedio (°C)          | 16        | 20        | 21        | 23        |
| Promedio de temperatura alta (°C)  | 22        | 25        | 32        | 32        |
| Promedio de temperatura baja (°C)  | 10        | 14        | 11        | 14        |
| Máxima temperatura registrada (°C) | 45        | 47        | 47        | 59        |
| Mínima temperatura registrada (°C) | -6        | -13       | -9        | -5        |
| Días con temp superior a 32 °C     | 78        | 123       | 212       | --        |
| Días con temperatura bajo 0 °C     | 25        | 12        | 9         | --        |
| Precipitación (mm)                 | 440       | 141       | 230       | 85        |
| Días lluviosos                     | 52        | 30        | 37        | 12        |
| Humedad relativa (%)               | 66        | 19        | 53        | --        |
| Punto de rocío                     | 8         | -2        | 11        | --        |

Fuente: Weatherbase

## 5. Conclusiones

Con los resultados obtenidos se llegó a la conclusión de que el desarrollo de una planta termosolar para el suministro de energía eléctrica para ciudad de Torreón es viable, ya que se cumplió satisfactoriamente con todos los parametros establecidos para su validación. En la zona noroeste de México formada por los estados de Coahuila, Chihuahua, Sonora y la península de Baja California, existen regiones que cumplen con las condiciones climáticas necesarias para el desarrollo de estos proyectos. Un ejemplo de esto es la región del desierto de Sonora que cuenta con una radiación de 5,5 a 5,6 kWh/m<sup>2</sup>, precipitación de 85 mm en un promedio de 12 días lluviosos al año. Las cuales son condiciones similares presentadas en las ciudades Españolas, pioneras en el desarrollo la tecnología termosolar, donde se han construido dichas plantas.

Con la construcción de este sistema de 50 MW de potencia se puede generar en promedio 102 GW/año el equivalente al consumo de un parque industrial conformado por 10 empresas con un consumo promedio de 5 MW o satisfacer la demanda de 30.000 hogares, pero no solo se beneficia a la población sino también al medio ambiente al evitar un aproximado de 98.000 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Por otra parte el desarrollo de un proyecto de esta magnitud tendría como beneficio adicional la reactivación de la economía de esta región, la cual se ha visto desfavorecida en los últimos 2 años. Esta planta puede generar hasta 350 empleos en su construcción y más de 30 para su operación. Pero no solo eso ayudaría a la economía, la oferta de energía eléctrica económica y creada mediante un proceso limpio puede resultar atractiva a las empresas en las cuales este recurso es fundamental en sus procesos, generando así numerosos empleos que ayudarían al desarrollo de la región.

Los inconvenientes para la realización de la construcción de esta planta son de tipo legislativo, ya que la Secretaría de Energía no permite la comercialización de la energía eléctrica a particulares, para eso cuenta con la Comisión Federal de Electricidad que se encarga de administrar este recurso.

## 6. Referencias

1. Abengoa Solar (2011). Nuestras plantas. [en línea] Disponible en: [http://www.abengoasolar.com/corp/web/es/nuestras\\_plantas/plantas\\_en\\_operacion/espaa/PS20\\_la\\_mayor\\_torre\\_comercial\\_del\\_mundo.html](http://www.abengoasolar.com/corp/web/es/nuestras_plantas/plantas_en_operacion/espaa/PS20_la_mayor_torre_comercial_del_mundo.html)
2. Acciona (2011, Abril). Liderando el despegue de la energía termosolar. *Acciona Informa*, 48, 16- 17.
3. Daniels, Farrington. *Uso directo de la energía solar*. Editorial Blume, Madrid, 1977.
4. Desarrollo Urbano de Torreón (2005). Estrategia General de Desarrollo. Torreón, Coahuila. México. Oficina de gobierno.
5. Entremont, Alan. *Geografía económica*. Editorial Cátedra, Madrid, 1997.
6. García- Colín, Leopoldo. (2008). *Introducción a la termodinámica clásica (4a ed.)*. Editorial Trillas.
7. García, Cruz y Lacal, Roberto. *Energía solar termoeléctrica*. [en línea] Disponible en: [www.greenpeace.org/raw/content/espaa/reports/solar-termoelectrica-2020-pas.pdf](http://www.greenpeace.org/raw/content/espaa/reports/solar-termoelectrica-2020-pas.pdf)
8. García, Xavier. *La energía solar térmica de alta temperatura como alternativa a las centrales térmicas convencional y nuclear*. 2001. [en línea]. Disponible en: <http://www.iit.upcomillas.es/docs/IIT-01-1251.pdf>
9. Garmendia, Antonio. *Centrales eléctricas termosolares Genera, parte de Abengoa Solar, Solar power for a sustainable World*. 2008. [en línea]. Disponible en: [http://www.madrimasd.org/informacionidi/agenda/foros-mimasd/2008/documentos/energia/A\\_Esteban\\_Abengoa\\_solar\\_26\\_02\\_08.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/agenda/foros-mimasd/2008/documentos/energia/A_Esteban_Abengoa_solar_26_02_08.pdf)
10. Google INEGI (2012). Mapa Torreón, Coahuila. <http://maps.google.com.mx>
11. Mulás, Pablo. *Visión a largo plazo sobre la utilización de las energías renovables en México: Energía solar*. Centro de Investigación de Energías. Universidad Autónoma de México, 2005. [en línea]. Disponible en: [http://portal.energia.gob.mx/webSener/res/168/A6\\_Solar1.pdf](http://portal.energia.gob.mx/webSener/res/168/A6_Solar1.pdf)
12. Sánchez, Miguel (2010). *Energía solar térmica*. Editorial Limusa, México.
13. SEMARNAT, *Leyes y Normas en materia de aguas residuales (2012)*. [http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Pages/nom\\_aguas\\_residuales.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Pages/nom_aguas_residuales.aspx)
14. Servicio Meteorológico Nacional (2011). *Radiación solar media*. Torreón, Coahuila. México. Oficina de gobierno.
15. Téllez, Félix. *Energía solar termoeléctrica: tipologías y primeros pasos del surgimiento comercial*, 2008. Disponible en: <http://www.upcomillas.es/catedras/crm/descargas/2007-2008/aula%2016.04.2008.pdf>

**Correspondencia:**

Antonio Esaú Castro Chairez  
Universidad Autónoma de Coahuila  
52 871 7137905  
Email: antes9@hotmail.com