

CONCLUSIONES

La disponibilidad de energía en el mundo se ha convertido en un problema crucial, dado que la gran mayoría de los países, tanto los en vías de desarrollo como los industrializados, se ven afectados por las crecientes demandas requeridas para satisfacer sus metas económicas y sociales.

A partir de los últimos años, se ha reconocido como inevitable que la oferta de energía eléctrica debe sufrir una evolución desde su actual dependencia de los hidrocarburos hacia aplicaciones energéticas más diversificadas, lo que implica el aprovechamiento de la variedad de fuentes de energía renovables que se disponen.

Como lo estuvimos mencionando a lo largo de todo este trabajo de tesis, el Sol es una fuente inagotable de recursos para el hombre, es limpia, abundante y está disponible en la mayor parte de la superficie terrestre y puede por lo tanto, liberar al planeta de los problemas ambientales generados por los combustibles convencionales como el petróleo y de otras alternativas energéticas como las centrales nucleares. Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos de las últimas décadas el aprovechamiento de esta opción ha sido insignificante, comparándolo con el consumo global de energía en el mundo.

La energía proveniente del Sol tiene una serie de ventajas tanto económicas como ecológicas principalmente. A continuación citaremos las más importantes en el proceso de generación de energía eléctrica:

- Es una energía muy abundante en México.
- La energía proviene de una fuente inagotable.
- Es un sistema de aprovechamiento de energía idóneo para zonas donde el tendido eléctrico no llega (campo, islas), o es dificultoso y costoso su traslado (conviene a mas de 5 Km).
- Se pueden utilizar de forma independiente o integrada en la red eléctrica pública.
- Los sistemas de captación solar son de fácil mantenimiento.
- El costo disminuye a medida que la tecnología va avanzando (el costo de los combustibles aumenta con el paso del tiempo porque cada vez hay menos).
- Reducción de la contaminación atmosférica, del efecto invernadero producido por las emisiones de CO₂ y del cambio climático provocado por el efecto invernadero.
- La utilización de energía solar en zonas rurales o aisladas, permite la creación de pequeñas empresas, lo que fomenta el desarrollo económico de regiones poco favorecidas.

Este tipo de energía también puede presentar ciertas desventajas. A continuación mencionaremos algunos de los problemas que se pueden presentar al tratar de optimizar y potencializar el uso de la energía solar.

- El nivel de radiación fluctúa de una zona a otra y de una estación del año a otra.
- Para recolectar energía solar a gran escala se requieren grandes extensiones de terreno.
- Se debe complementar este método de convertir energía con otros (Sistemas de generación híbridos).
- Los lugares donde hay mayor radiación, son lugares desérticos y alejados.

Con lo mencionado anteriormente podemos darnos cuenta de que son mucho más las ventajas que las desventajas que presenta el uso de la energía solar, por eso es importante desarrollar tecnología que nos permita potencializar este recurso al máximo y dejar un poco de lado el aspecto económico, pensando en un desarrollo sustentable para nuestro país.

Lo que se refiere particularmente al aprovechamiento y a la tecnología, las Centrales Eléctricas Termosolares están predestinadas a jugar un papel relevante en la producción de electricidad a gran escala. Las tres tecnologías más importantes de concentración solar, si bien presentan diferencias de costos en la primera fase de implantación, proyectan posteriormente costos de producción muy similares, dependiendo la selección de la tecnología sobre todo del tipo de aplicación y de despacho de la electricidad generada.

Las medidas de apoyo y ayudas de instituciones vienen motivadas por la reducción de emisiones a la atmósfera de gases que promueven el efecto invernadero y por la creación de empleo local y la mejora de la calidad de vida en los entornos geográficos en donde se implantaran las centrales. Se estima que una central eléctrica termoeléctrica solar puede evitar unas 2,000 toneladas anuales de emisiones de CO₂ por cada MW instalado, o lo que es lo mismo, cada GWh producido con central solar evita la emisión de 700 a 1000 toneladas de CO₂, por lo que resultan idóneas para contribuir a la reducción de emisiones contaminantes de manera considerable.

Los desarrollos tecnológicos deben mejorar las eficiencias de los distintos sistemas termosolares, la búsqueda de esquemas óptimos para el ciclo termodinámico, la reducción de costos y el aumento de su confiabilidad y durabilidad.

En el caso de los colectores Cilíndrico-Parabólicos existe una importante limitación tecnológica asociada a la máxima temperatura de trabajo que se sitúa en los 400 °C. A esto se añaden las ineficiencias y costos asociados al uso de un aceite térmico como fluido de transferencia entre el receptor solar y el generador de vapor. Por este motivo los esfuerzos de desarrollo tecnológico se centran en la búsqueda de mejores medios de transferencia de calor que sustituyen al aceite. Un segundo problema es la inexistencia de soluciones eficientes y de bajo costo para el almacenamiento térmico de la energía, por lo que los factores de capacidad se ven seriamente limitados. A esto se añaden las mejoras necesarias en la durabilidad de los tubos absorbedores.

Para las centrales de torre el primer gran objetivo es demostrar en las primeras plantas comerciales los factores de capacidad y eficiencias previstas a partir de las experiencias en plantas piloto. Asimismo se deben verificar los objetivos de costos marcados por los componentes solares, y sobre todo para los helióstatos, al no existir hasta ahora experiencias de producción en serie. Para los receptores solares se han

de demostrar además las eficiencias previstas en pequeños prototipos y la durabilidad del absorbedor. Las centrales de torre presentan todavía niveles relativamente bajos de automatización y de integración de los sistemas de control, lo que penaliza la operación de la planta, siendo éste otro aspecto que requiere mejoras en la tecnología.

Por último los sistemas disco parabólico, sin lugar a dudas, es la tecnología con un mayor potencial a largo plazo, por sus altas eficiencias la hacen extraordinariamente atractivos desde el punto de vista de la planificación de la inversión. La limitación en cuanto a su potencia unitaria (por debajo de 25 kW) puede ser un pequeño para muchas aplicaciones en que se pretenda la producción eléctrica a gran escala. Las experiencias de operación se restringen a unas pocas unidades por lo que el riesgo tecnológico es alto. La tecnología de disco-parabólicas brindan la oportunidad de alcanzar mayores eficiencias y bajos costos que las plantas con colectores Cilíndrico-Parabólicos, pero quedan ciertas dudas de cuando estas tecnologías podrán lograr una reducción en sus costos de inversión y además pueda presentar algunas mejoras en su funcionamiento. De los tres tipos de Centrales Eléctricas Termosolares, La tecnología de Disco Parabólico es el sistema que ha alcanzado la mayor eficiencia pico de conversión con un 29.4% de radiación solar en energía térmica.

Los colectores Cilíndrico-Parabólicos son actualmente una tecnología probada esperando una oportunidad para desarrollarse. En el caso particular de las centrales de torre requieren que se demuestre la operatividad y condiciones de mantenimiento de la tecnología de sales fundidas y el desarrollo de heliostatos a bajo costo.

Una vez que se decidió el tema a tratar para esta tesis, se presentaron varios panoramas con respecto al tipo de central que se decidió analizar, ya que como lo mencionamos anteriormente existen diversas configuraciones de plantas solares termoelectricas, por tal motivo fue necesario realizar una investigación sobre cuáles eran las características de cada tipo, para poder decidir sobre cual configuración se buscaría información para este proyecto.

México se encuentra en un lugar privilegiado por sus altos niveles de radiación solar y es por ello que es necesario el desarrollo de tecnologías probadas que utilicen el recurso solar como fuente de energía alterna a los combustibles fósiles para el abastecimiento de energía eléctrica.

En esta propuesta de proyecto se ha usado la tecnología de Colectores Cilíndricos Parabólicos debido a que es la más probada para generar potencias superiores a los 20 MW, ya que la tecnología de receptor central no ha superado a un ese umbral de potencia, además de ser la más madura de las dos, ya que tiene más de veinte años de experiencia.

La tecnología utilizada para generar energía en este tipo de centrales es la misma que se utiliza en las plantas termoelectricas convencionales. La principal diferencia con otro tipo de central térmica es el foco caliente de la planta, que pasa de ser generado por combustión, a generarse partir de la energía solar, que si bien hace que la generación de vapor se realice de una manera más barata, también provoca que la temperatura del ciclo Rankine no alcance temperaturas tan altas como podría alcanzar con otro tipo de generación de vapor, disminuyendo el rendimiento total.

El rendimiento de la turbina se podría mejorar elevando la temperatura del foco caliente de la planta, esto se puede mejorar utilizando otro tipo de aceite que llegue a temperaturas superiores a los 400 °C

(actualmente no existe), o incluso generando vapor en el campo solar directamente. Esta tecnología está en fase de pruebas, pero por el momento únicamente se han conseguido temperaturas de vapor próximas a los 300 °C.

Haciendo uso del combustible auxiliar, y poniendo en práctica sistemas de almacenamiento térmico, como las sales fundidas, las plantas termosolares serán las únicas instalaciones renovables que podrían satisfacer la demanda necesaria en cada momento y asegurar la capacidad de potencia.

La tendencia actual en invertir en este tipo de tecnologías se prevé que haga reducir los costos y que se incrementen los rendimientos esperados, hasta llegar a rendimientos totales de más de un 20 %. Según los estudios realizados por asociaciones importantes en el ámbito de la energía solar térmica, un 5% de las necesidades energéticas mundiales en el año 2040 serán cubiertas con energía termosolar.

Sin embargo para que se produzca esta reducción en los costos se tiene que ampliar el mercado de productores tanto de tubos absorbedores, únicamente dos en el mundo, como de colectores.

Los principales aspectos negativos que tienen este tipo de proyectos son:

- La elevada inversión inicial a la que hay que hacer frente, sin embargo se ha comprobado en el estudio económico que la inversión puede llegar a ser rentable bajo ciertas condiciones.
- El gran impacto que tiene este tipo de plantas sobre el entorno, ya que necesita una superficie mucho más extensa que otro tipo de centrales para funcionar,. Como ya se ha visto esta superficie estará alrededor de las 150 hectáreas. Este aspecto no se podrá mejorar en un futuro cercano, ya que el calentamiento HTF depende únicamente de la superficie de reflexión con la que contamos, por lo tanto este tipo de centrales producirá un descenso de emisiones de CO₂, a cambio de ocupar una gran superficie para su funcionamiento.

Si se compara la generación de energía eléctrica termosolar de concentración con los sistemas solares fotovoltaicos, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

Ventajas de las centrales termosolares:

- Tienen garantía de potencia y son gestionables, es decir, hoy se puede saber exactamente cuánto se podrá generar en un futuro.
- Son una alternativa para trabajar simultáneamente con un ciclo combinado.
- Tienen un rendimiento eléctrico final respecto a la radiación solar recibida por unidad de superficie del 17 % frente a un 8 % de los sistemas fotovoltaicos.
- Vida útil superior a veinte años con eficacia constante, en los sistemas fotovoltaicos aun está por ver su periodo de vida útil.

Inconvenientes de las centrales solares:

- Instalaciones más costosas, complicada y largo periodo de construcción.

- Se requiere de un equipo de treinta personas fijas aproximadamente para su explotación como en cualquier otra central térmica.
- Cualquier terreno y tamaño sirven para las instalaciones fotovoltaica, el asentamiento en el terreno y su extensión es básico para las centrales termosolares

Además de los aspectos técnicos se analizaron los parámetros económicos que nos dan como resultado la viabilidad económica de una planta solar termoeléctrica de colectores Cilíndricos-Parabólicos instalada en la República Mexicana, tomando en cuenta las ventajas y desventajas de usar o no el almacenamiento térmico.

Una vez que se tuvo claro el tipo de tecnología a analizar, se procedió a realizar un modelo matemático que permitiera realizar el análisis económico del proyecto. Dicho modelo brindó la posibilidad de obtener los indicadores económicos de interés para obtener la viabilidad el proyecto, como lo son el Beneficio/Costo, el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno.

El modelo matemático diseñado en la hoja de cálculo de Excel también permitió hacer un análisis de sensibilidad sobre el proyecto, esto para tener un mejor estudio del comportamiento de nuestras variables de rentabilidad al momento que se presentaba algún cambio en los valores económicos y así poder conocer las repercusiones que tendrían las modificaciones realizadas en la rentabilidad del proyecto.

A lo que se refiere al caso específico de análisis en el último capítulo, se ha podido comprobar que la puesta en marcha de una planta termoeléctrica solar el lugar elegido es una opción viable y recomendable bajo ciertas condiciones, tanto del punto de vista técnico como del económico.

Para el caso de "Hermosillo Solar I" en donde no se cuenta con almacenamiento y solo se tiene el sistema de caldera auxiliar se pudo corroborar que este proyecto resulta poco viable debido a sus pocas horas de funcionamiento y a los pocos ingresos que se obtienen por la venta de la electricidad. Con ayuda de la hoja de cálculo realizada para el análisis, se pudo llegar a la conclusión de que para esta propuesta el precio del [kWh] tendría que ser muy elevado, además de estar fuera de proporción para poder competir en el mercado mexicano; resultando una opción poco conveniente económicamente.

La central de "Hermosillo Solar II" con almacenamiento resultó un proyecto bastante viable, el primer factor que ayudo a esta propuesta fue las horas de funcionamiento que proporciono el sistema de almacenamiento térmico, gracias a esto se puede generar mucho más energía a lo largo del día, a comparación de "Hermosillo Solar I", obteniendo más ingresos por la venta de la electricidad a una tarifa aceptable y competitiva para las condiciones y necesidades del mercado mexicano. Los valores de los índices de rentabilidad resultaron aceptables bajo las condiciones en las que CFE podría hacer frente al pago de la inversión inicial, teniendo flujos positivos desde el primer año de operación a diferencia de lo que paso con el primer caso de análisis, en donde se presentaban flujos negativos durante los primeros años de operación haciendo que el proyecto sea rechazado. La generación de electricidad con energía totalmente renovable resultó un factor muy favorable para la viabilidad del proyecto, obteniendo ingresos por la venta de bonos de carbono.

En resumen se pudo observar que la caso de "Hermosillo Solar I" no resultó nada aceptable bajo las condiciones y necesidades actuales de nuestro país. En cambio el caso de "Hermosillo Solar II" resulto un caso bastante rentable el cual cubre las condiciones de rentabilidad de un proyecto renovable, el cual sería muy interesante trabajar como una opción más para satisfacer las necesidades energéticas del país a futuro.

Después de la elaboración de este trabajo podemos concluir que la energía solar es una posible solución a muchos problemas que se tienen en la generación de energía eléctrica. El inconveniente con la energía solar es su alto costo de implantación, pero como lo pudimos comprobar, este costo se compensa con el tiempo de vida y los bajos costos de mantenimiento.

Actualmente continúan las investigaciones sobre la energía termosolar, es probable que una planta termosolar cueste el doble de construcción que una planta térmica contaminante, pero a la larga serán la única alternativa pues estamos acabando con el planeta y tenemos que actuar rápido para revertir el efecto invernadero.

No sería racional no intentar aprovechar, por todo los medios técnicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, que puede liberarnos definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras o, simplemente, contaminantes.

Existen algunos problemas que se deben superar primero, hay que tener en cuenta que esta energía está sometida a continuas fluctuaciones y a variaciones más o menos bruscas. Así, por ejemplo, la radiación solar es menor en invierno, cuando más se necesita. Es de vital importancia seguir con el desarrollo de la primitiva tecnología de captación, acumulación y distribución de la energía solar, para conseguir las condiciones que la hagan definitivamente competitiva, a escala mundial.

Ya por último podemos decir que la principal expectativa de la investigación y el análisis de viabilidad realizado para una planta eléctrica termosolar está en que para un futuro no muy lejano pueda servir como plataforma de despegue para la realización de proyectos de centrales solares en México, con el objetivo de satisfacer las necesidades futuras de energía eléctrica en beneficio de nuestra sociedad y del medio ambiente. Los sistemas termosolares se encuentra en pleno desarrollo y las limitantes económicas como tecnológicas son todavía considerables. Si se pudiera dejar a un lado el aspecto económico y se centraran las investigaciones en optimizar la eficiencia de estos sistemas de generación de energía eléctrica, podríamos estar hablando de una importante fuente de energía para generaciones presentes y futuras.