

GRADO EN COMERCIO

TRABAJO FIN DE GRADO

“Estudio del mercado fotovoltaico mundial y chino”

LI, YILI

FACULTAD DE COMERCIO VALLADOLID, enero de 2022



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN COMERCIO

CURSO ACADÉMICO

TRABAJO FIN DE GRADO

“Estudio del mercado fotovoltaico mundial y chino”

Trabajo presentado por: LI, YILI

Tutor: CANOVAS SANCHEZ, VICTORIA

FACULTAD DE COMERCIO

Valladolid, enero de 2022

Resumen

Debido a la subida del coste de la electricidad en España este año, me sentí atraído por el campo de las nuevas energías. De las muchas nuevas fuentes de energía, la solar es la que más me interesa. En primer lugar, en la parte teórica, presentaré la situación general de la industria fotovoltaica mundial, las tendencias futuras, los riesgos y cómo los científicos y economistas de todo el mundo están trabajando juntos para reducir el coste de la energía solar, aumentar la eficiencia de la generación de energía y, en última instancia, reducir el coste de compra para los consumidores con el fin de ampliar el mercado. En la parte práctica, presentaré la industria fotovoltaica en China, las tendencias futuras y los riesgos.

Abstract

Due to the soaring cost of electricity in Spain this year, I was attracted to the field of new energy. Of the many new energy sources, solar power is the one that interests me most. Firstly, in the theoretical part, I will present the overall situation of the world PV industry, future trends, risks and how scientists and economists around the world are working together to reduce the cost of solar power, increase the efficiency of power generation and ultimately reduce the purchase cost for consumers in order to expand the market. In the practical part, I will present the PV industry in China, future trends and risks.

ÍNDICE

1. Introducción	11
2. Marco Teórico	13
2.1 Sistemas solares fotovoltaicos	13
2.2 Cadena de la industria fotovoltaica en el mundo.....	16
2.3 La historia de la industria solar en el mundo	17
2.3.1 Desarrollo histórico de la industria solar.....	17
2.3.2 La destrucción de Silicon Valley.....	18
2.3.3 La problemática de una industria con exceso de oferta	20
2.4 Estado actual del sector	22
2.5 Tendencias generales del sector en el mundo	25
2.5.1 Superred.....	25
2.5.2 Tecnologías del futuro.....	28
2.6 La problemática actual de la inversión en el sector.....	30
3. Estudio de caso: Sector en China.....	36
3.1 El desarrollo de la industria fotovoltaica en China.....	36
Fuente:.....	39
3.2 Cadena de la industria fotovoltaica en China	39
3.3 Estado actual del sector	41
3.3.1 Disminución de los beneficios en la cadena industrial	41
3.3.2 Exceso de capacidad masivo.....	42
3.4 Tendencias generales en China.....	44
3.5 Riesgo del sector en China: La revolución de los materiales perovskita	46
4. Conclusiones	50
Bibliografía.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: La tendencia de la LOCE	13
Figura 2: La distribución global de los recursos lumínicos	14
Figura 3: Estructura de generación de energía global	15
Figura 4: Principales hitos alcanzados por la industria solar	18
Figura 5: Producción de energía solar fotovoltaica en el mundo entre 2010 y 2018	19
Figura 6: El precio de los sistemas solares en California, Texas y Alemania sin la protección de contratos a largo plazo ni subvenciones	21
Figura 7: Producción de energía eólica o solar como porcentaje del suministro de electricidad en el año de despegue	22
Figura 8: Nuevas inversiones mundiales en energías renovables entre 2006 y 2021	31
Figura 9: Número de proyectos de energías renovables en los que participaron inversores institucionales, por tecnología entre 2009 y 2019	34
Figura 10: La evolución del rendimiento de las tecnologías de células solares en los últimos 25 años.....	37
Figura 11: Crecimiento anual de la producción de paneles solares.....	38
Figura 12: Ventas chinas de células solares fotovoltaicas: exportaciones y mercado interno (megavatios).....	39
Figura 13: Esquema de instalación fotovoltaica.....	41
Figura 14: Precio medio del sistema fotovoltaico.....	43
Figura 15: La capacidad instalada acumulada de sistema fotovoltaica de China y del mundo entre 2005 y 2012	43
Figura 16: Producción anual de paneles solares fotovoltaicos en china entre 2007 y 2016.....	44
Figura 17: Previsión de producción de células solares en China (10,000 kilovatios) entre 2021 - 2026	45
Figura 18: Margen bruto de las obleas de silicio monocristalino de la empresa LONGi (china) entre 2016 y 2020.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 19: Previsión de la oferta y la demanda del mercado 2019-2021	¡Error! Marcador no definido.

Figura 20: Capacidad por segmento por trimestre 2021; **Error! Marcador no definido.**

GLOSARIO

Términos científicos	
Términos	Definición
Corriente alterna (CA)	Corriente eléctrica que cambia de dirección varias veces por segundo y que se utiliza habitualmente en las redes eléctricas modernas. Los paneles solares fotovoltaicos suelen conectarse a la red mediante un inversor, que convierte la corriente continua en alterna.
Corriente	El flujo de carga eléctrica. La corriente de una célula solar fotovoltaica está relacionada con el número de electrones que salen de la célula. Corriente continua (DC) Corriente que fluye en una dirección. La corriente continua es más eficaz que la corriente alterna, pero en la actualidad sólo es económico transmitir la corriente continua a largas distancias (cientos de kilómetros o más). Los paneles solares fotovoltaicos pueden generar corriente continua.
Semiconductor	Material que se convierte entre un aislante y un conductor. En una célula solar fotovoltaica, la luz del sol transfiere energía a los electrones del semiconductor, que salen de la célula en forma de corriente eléctrica. El silicio es el semiconductor más utilizado en las células solares y otros dispositivos electrónicos, como los chips de ordenador.
Vatio (W)	Unidad de electricidad. Como referencia, una bombilla incandescente convencional consume 60 vatios de electricidad en funcionamiento continuo, mientras que un panel solar típico puede producir hasta 300 vatios de energía al mediodía. Otras unidades de potencia comúnmente utilizadas son el kilovatio (1.000 vatios), el megavatio (1 millón de vatios) y el gigavatio (1.000 millones de vatios). Las mayores centrales solares pueden producir cientos de megavatios de electricidad.
Términos de la industria y la tecnología solar	
Silicio amorfo	Material solar fotovoltaico con el que se pueden fabricar células solares flexibles, finas y baratas, aunque estas células son menos eficientes que las de silicio cristalino.
Teluro de cadmio (CdTe)	Material solar fotovoltaico que puede utilizarse para la deposición de películas finas. Aunque más del 90% de los paneles solares se basan en la tecnología del silicio, la mayor parte del resto se fabrica con teluro de cadmio. First Solar USA es el mayor fabricante de paneles solares de CdTe.
Energía solar concentrada (CSP)	Una tecnología solar que utiliza espejos para concentrar la luz solar y producir calor que luego puede utilizarse para impulsar turbinas para generar electricidad. Aunque hay una gran variedad de instalaciones solares concentradas en el mercado, el diseño de torre de energía parece ser el más popular, con un conjunto de espejos reflectantes (heliostatos) alrededor de la torre central, que concentran la luz solar en la parte superior de la misma. Este diseño es compatible con el almacenamiento de energía térmica y permite que la central de energía solar concentrada genere electricidad por la noche.

Energía solar distribuida	La energía solar distribuida utiliza paneles solares fotovoltaicos instalados en el tejado o en una superficie menor que la de un proyecto a escala comercial. Los proyectos solares distribuidos pueden situarse cerca de los lugares donde se utiliza la electricidad.
Arseniuro de galio (GaAs)	Material solar fotovoltaico que puede utilizarse para crear células solares más eficaces que las de silicio. Aunque los paneles solares fabricados con arseniuro de galio y otros semiconductores son preferibles a los de silicio para aplicaciones espaciales, son demasiado costosos para su despliegue económico en tierra.
Ondulador	Dispositivo electrónico que convierte la corriente continua en corriente alterna. Los paneles solares fotovoltaicos se conectan a la red mediante un ondulador.
Fuera de la red	La cuota más pequeña del segmento de mercado de sistemas solares fotovoltaicos. Los sistemas solares sin conexión a la red pueden ser tan pequeños como un solo panel solar y suelen instalarse en países en desarrollo con una conexión limitada o nula a la red principal.
Perovskita	Un material solar fotovoltaico que ha alcanzado un 22% de eficiencia para las células solares a partir de 2017. Esta tecnología podría hacer posibles células solares de bajo coste, flexibles y eficientes, pero la vía más probable para su comercialización en un futuro próximo es cubrir las células solares de silicio existentes con un recubrimiento de perovskita para aumentar su eficiencia.
Fotovoltaica (FV)	Tecnología que convierte la energía de la luz solar en electricidad mediante células solares fotovoltaicas fabricadas con semiconductores que generan tensión y corriente al entrar en contacto con la luz solar. Una serie de células solares fotovoltaicas se conectan entre sí para formar un panel solar fotovoltaico, que es el bloque de construcción de un sistema solar fotovoltaico.
Acuerdo de compra de energía (PPA)	Contrato de venta de electricidad. La mayoría de los proyectos solares a escala de servicios públicos se contratan con la empresa de servicios públicos a través de un acuerdo de compra de energía, que vende electricidad a la empresa de servicios públicos durante 15 años o más, garantizando la seguridad de los ingresos futuros para el promotor que asume el riesgo de financiar y construir el proyecto solar.
Silicio	El silicio es un semiconductor con el que se fabrican casi todos los dispositivos electrónicos, como las células solares y los microchips. Tras su extracción, el silicio se purifica en poli silicio, se funde en lingotes cilíndricos, se corta en obleas y se transforma en células solares. Costes blandos Los costes no relacionados con los hardware asociados al despliegue de la energía solar. Estos costes incluyen la obtención de permisos, la financiación y la instalación, así como la adquisición de nuevos clientes y los pagos a los proveedores. Estos costes equivalen a más de la mitad del coste de instalación de la energía solar residencial.
Panel solar	También conocido como módulo solar, un panel solar fotovoltaico es el bloque básico de un sistema de energía solar y consiste en un número de células solares interconectadas.
Célula solar	Célula fotovoltaica formada por al menos dos capas semiconductoras, una de las cuales absorbe la luz de alta frecuencia y la otra la de baja frecuencia. En términos sencillos, una célula solar multijunción puede utilizar dos o más capas y puede convertir la luz solar en electricidad con más eficacia que una sola capa de semiconductores.
Película fina	Tecnología solar fotovoltaica que incluye los compuestos de seleniuro de cobre, indio y galio, el telurio de cadmio y el silicio amorfo, y que se basa en la deposición de materiales de unas pocas micras de espesor.

A escala comercial	El mayor segmento de mercado de los sistemas solares fotovoltaicos. Los proyectos a escala de servicios públicos oscilan entre unos pocos megavatios y varios cientos de megavatios de capacidad de generación. Los propietarios suelen firmar contratos para vender su energía solar a la compañía eléctrica por un precio y un plazo fijos.
Deflación del valor	A medida que se conectan más paneles solares fotovoltaicos a la red y proporcionan más electricidad de la que se necesita al mediodía, el valor de la generación de los paneles solares fotovoltaicos disminuye.
Términos generales de energía	
Batería	Dispositivo electroquímico que almacena y libera energía eléctrica mediante una reacción química. Las baterías de iones de litio, que funcionan moviendo iones de litio de un lado a otro entre dos electrodos, son cada vez más populares para usos estacionarios, como la alimentación de vehículos eléctricos y la estabilización de redes eléctricas. Hay muchos otros diseños de baterías disponibles o en fase de desarrollo, desde la consolidada batería de plomo hasta la prometedora batería de flujo, por ejemplo.
Capacidad	La cantidad de electricidad que puede generar una central eléctrica, normalmente medida en megavatios. Las centrales eléctricas convencionales (como las que utilizan combustibles fósiles) pueden producir electricidad cerca de su capacidad final de forma continua, mientras que las fuentes intermitentes (como la solar y la eólica) sólo producirán a su capacidad nominal cuando el tiempo lo permita.
Descarbonización	La eliminación de las emisiones de gases de efecto invernadero (de los cuales el dióxido de carbono es el más frecuente) producidas por la economía mundial.
Recursos energéticos distribuidos	Equipos locales descentralizados utilizados para generar, almacenar o utilizar la electricidad, incluidos los generadores diésel, los paneles solares en los tejados, las pilas de combustible, las baterías y los aparatos inteligentes.
Combustible fósil	Combustible formado por organismos antiguos en descomposición que contienen grandes cantidades de carbono elemental. Los combustibles fósiles (incluidos el carbón, el gas natural y el petróleo) son un componente central del uso humano de la energía, y las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la quema de combustibles fósiles son las que más contribuyen al cambio climático global.
Pila de combustible	Dispositivo que convierte la energía química de un combustible (por ejemplo, el hidrógeno) en energía eléctrica mediante una reacción electroquímica (muy diferente a la de un motor de combustión interna). Las aplicaciones de las pilas de combustible incluyen la alimentación de vehículos eléctricos y el suministro de electricidad a la red o directamente a los usuarios finales.
Corriente continua de alta tensión (HVDC)	Tecnología para transmitir electricidad a largas distancias (cientos de kilómetros o más) para minimizar la pérdida de energía durante la transmisión y reducir los costes. Corriente continua de ultra alta tensión (EHVDC) para líneas con una tensión de 1 millón de voltios o más.
Energía renovable	Fuentes de energía que no se agotan cuando se utilizan. Entre ellas están la energía solar, la eólica, la geotérmica, la de las olas, la de las mareas y la hidroeléctrica. Algunas fuentes de energía son intermitentes (como la solar y la eólica), mientras que otras son más estables (como la geotérmica). La biomasa también es una fuente de energía renovable, pero a diferencia de otras fuentes de energía renovables, produce importantes emisiones netas de gases de efecto

	invernadero y otros contaminantes, dependiendo de cómo se cultive, coseche, utilice y sustituya la biomasa.
Red inteligente	Una red equipada con tecnología digital que permite la comunicación bidireccional entre las empresas de servicios públicos y sus clientes, sensores, componentes de la red de transmisión y distribución con capacidad de respuesta, y software y protocolos que permiten la gestión dinámica de la red. Medidor inteligente: Dispositivo eléctrico que registra el consumo de electricidad de un cliente cada hora o menos y transmite esta información a la compañía eléctrica para su control y facturación.
Subestación	Conjunto de dispositivos eléctricos que convierten la tensión. La alta tensión es mejor para la transmisión a larga distancia, mientras que la baja tensión es mejor para el uso seguro de la electricidad. Una subestación puede aumentar la tensión, transmitir la energía de un generador a lo largo de una línea de transmisión, conectar varias líneas de transmisión o reducir la tensión para transmitir la energía entre los sistemas de transmisión y distribución.
Transmisión	En alta tensión, el movimiento de grandes cantidades de electricidad a través de largas distancias, comenzando en un generador y terminando en una subestación, donde la tensión se reduce para su transmisión al sistema de distribución.
Utilidad	En la industria eléctrica, una empresa de servicios públicos que proporciona electricidad principalmente para el uso público. Los servicios públicos pueden ser de propiedad pública o privada. En Estados Unidos, en muchos lugares conocidos como mercados regulados, las empresas de servicios públicos tienen garantizado el monopolio en áreas de servicio definidas para generar, transmitir, distribuir y vender electricidad a los clientes, mientras que los reguladores gubernamentales se encargan de regular el precio de la electricidad a los clientes. En otros lugares, la empresa regulada sólo posee la red de transporte y distribución, mientras que la empresa privada genera y vende electricidad a la empresa (y, en algunos casos, también vende electricidad al por menor a los clientes). A menudo, estas empresas privadas son sucursales no reguladas de un holding, que también es propietario de la empresa de servicios públicos regulada.
Energía eólica	Fuente de energía renovable que utiliza las corrientes de aire de los aerogeneradores para generar electricidad. Al igual que la energía solar, la eólica es intermitente y depende de la velocidad del viento. Los aerogeneradores pueden instalarse en tierra o en el mar. Las turbinas eólicas marinas son cada vez más económicas.
La insolación	La cantidad de energía en forma de radiación que llega a un lugar de la tierra procedente del sol
Términos de negocios y finanzas	
Activo respaldado por activos	Activo financiero negociable cuyo flujo de ingresos se deriva de un conjunto de activos subyacentes.
Capital	Riqueza de capital en forma de dinero u otros activos. Los inversores aportan capital social para financiar una empresa a cambio de una participación en la misma. El capital de la deuda lo aportan los inversores que esperan recuperarlo con intereses.
Coste del capital	El rendimiento (tasa) exigido por los inversores que aportan deuda y/o capital social a una empresa. Si un proyecto solar se considera una inversión arriesgada, requerirá un capital más caro.

<p>Economías de escala</p>	<p>La ventaja de costes obtenida al aumentar la escala de las operaciones. Por ejemplo, al aumentar la producción de paneles solares, una planta puede repartir sus costes fijos entre un mayor número de unidades, reduciendo así el coste por panel solar. Las economías de escala también se aplican al despliegue posterior de los proyectos solares. Los proyectos solares de mayor envergadura pueden repartir los gastos generales entre una mayor capacidad, reduciendo así el coste por vatio del proyecto.</p>
<p>Inversor institucional</p>	<p>Entidad que centra su capital en la compra de activos. Los inversores institucionales incluyen bancos, compañías de seguros, fondos de pensiones, fondos de cobertura, fondos soberanos y dotaciones. En conjunto, gestionan más de 100 billones de dólares de capital, lo que es esencial para ampliar la energía solar.</p>
<p>Titulización</p>	<p>Práctica financiera que consiste en agrupar varios tipos de deuda, como hipotecas de viviendas, préstamos para automóviles o deudas de tarjetas de crédito, y vender los flujos de caja de la cartera como valores negociables a terceros inversores. La titulización es una forma cada vez más popular de obtener capital de deuda para proyectos solares distribuidos.</p>
<p>Capital riesgo</p>	<p>Forma de financiación ofrecida por una empresa o fondo a una pequeña empresa a cambio de la propiedad. Este tipo de inversión se basa en la idea de que el valor de una empresa puede crecer significativamente, a menudo mediante el desarrollo de nuevas tecnologías y productos.</p>

1. Introducción

La subida de la factura de la luz en España marca máximos históricos. Nunca antes se había pagado en el mercado mayorista un precio medio, de 340€ por megavatio hora. (MATEOS, 2021)

La energía fotovoltaica se presentó como una alternativa en España en 1984, y en 2020 se instalaron 596 MW (megavatios) de potencia fotovoltaica para autoconsumo, un 30% más que en 2019. La llegada del coronavirus no ha sido detonante de nada, pero ha coincidido con un crecimiento respecto al uso de la energía fotovoltaica. La bajada generalizada del precio de los módulos fotovoltaicos, el aumento de los precios de la luz y la presión europea son algunos de los factores que han provocado este cambio. También, según la empresa Elektrosol, en España se está buscando “salvaguardar el medioambiente y generar energía propia para no depender tanto de fuera”. (E3, 2021)

La normativa también ha cambiado y ahora es todo mucho más sencillo que hace unos años. La derogación del Impuesto del Sol a finales de 2018 supuso un impulso importante para asentar el crecimiento del sector. En el pasado, esta tasa obligaba a las personas que poseían una instalación solar a pagar un impuesto por la cantidad de luz generada y consumida en su propia instalación.

De las nuevas energías solares instaladas en 2020, un 19% corresponden al autoconsumo doméstico, un crecimiento sin precedentes. Los paneles se han unido al tirón del aumento del gasto de los consumidores en equipamiento para hogar, impulsado por los confinamientos y la llegada forzada del teletrabajo. Las empresas también han puesto la mirada en soluciones más sostenibles, pues la ecología es algo que preocupa cada vez más a las compañías.

Dado el panorama actual, el objetivo principal de mi Trabajo de Fin de Grado (TFG) es realizar un estudio en profundidad del sector fotovoltaico a nivel mundial y, en China, en particular. Para ello, se establecen los siguientes objetivos específicos:

- análisis del estado y problemática actual del sector, junto con el estudio de las tendencias futuras.

- estudiar los principales riesgos a los que se enfrenta la industria fotovoltaica en todo el mundo y, en particular, en China

En cuanto a la metodología, el TFG está dividido en dos partes: un marco teórico donde se analiza la evolución, situación actual, tendencias y riesgos del sector y, en una segunda parte, se analiza el estudio del caso del sector en China. Sintetizando los puntos clave en nuestras conclusiones.

Gracias a nuestros profesores de la Facultad de Comercio de la Universidad de Valladolid por su duro trabajo.

Mi familia, mi motivación para seguir adelante.

2. Marco Teórico

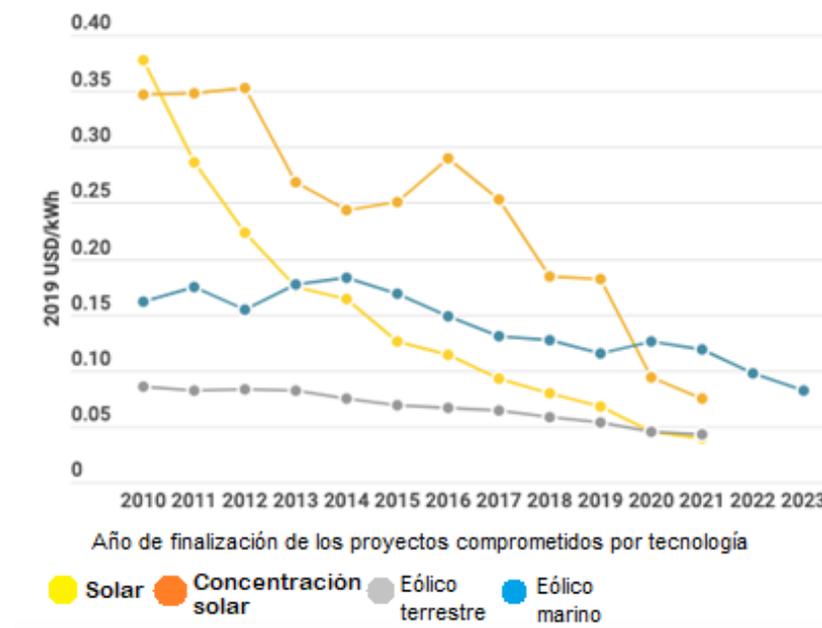
2.1 Sistemas solares fotovoltaicos

Los sistemas solares fotovoltaicos son instalaciones que convierten parte de la energía solar en energía eléctrica de corriente continua, utilizando células fotoeléctricas de material semiconductor.

La demanda de energía limpia y barata por parte de la sociedad es el motor fundamental del desarrollo de la generación de energía fotovoltaica.

La siguiente figura muestra la tendencia global del coste nivelado de la energía (LOCE). El coste de la energía eólica es bajo, básicamente inferior al del carbón, pero los costes en la energía eólica parecen estar estabilizados, mientras que los de la fotovoltaica, siguen reduciéndose suponiendo una ventaja competitiva. El coste de la energía fotovoltaica es mucho más barato que el de la energía eólica marina, y ya es inferior al de la energía eólica terrestre.

Figura 1: La tendencia de la LOCE

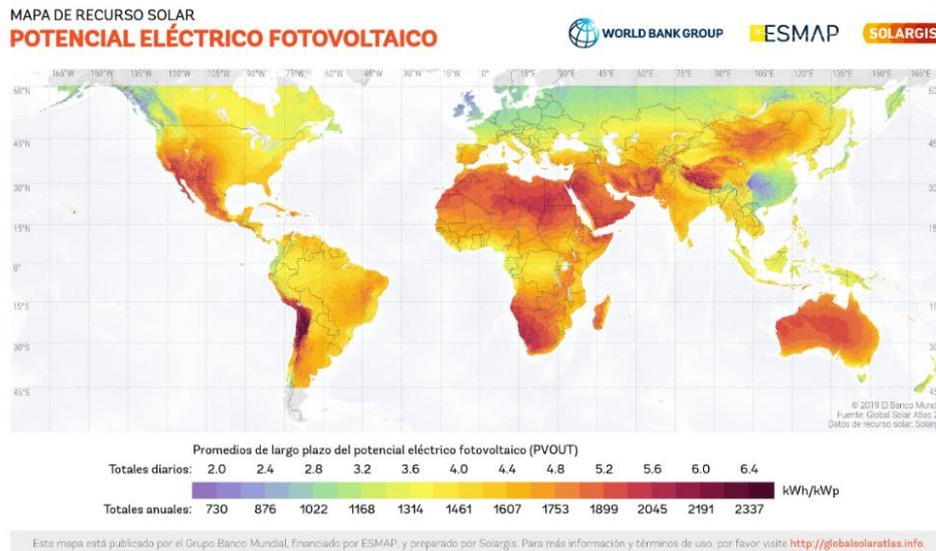


Fuente: IRENA (2020)

El siguiente gráfico muestra la distribución global de los recursos lumínicos y el coste por kWh de la electricidad generada, que depende de tres factores

principales: la insolación, la ubicación y el coste del sistema fotovoltaico (incluido el coste de los paneles solares y de los inversores).

Figura 2: La distribución global de los recursos lumínicos

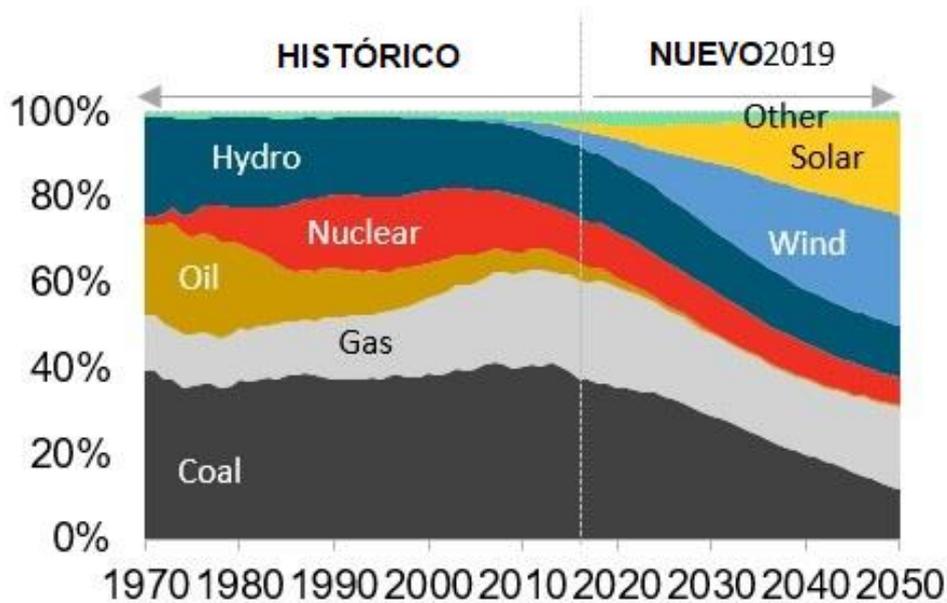


Fuente: SOLARGIS (2019)

El coste de los sistemas fotovoltaicos está disminuyendo constantemente, pero el coste de la generación de electricidad en cada región sólo se puede calcular teniendo en cuenta sus recursos lumínicos. La región roja es la mejor, con más de 2500 horas. Las zonas rojas están básicamente en paridad, y el sur de Europa también es muy bueno. Las zonas amarillas son las segundas, y la mayoría de ellas ya están en paridad; las zonas verdes son las últimas, donde los recursos de luz y calor son relativamente pobres.

El siguiente gráfico muestra la estructura de generación de energía global de la Agencia de la Energía, con el carbón en la zona negra inferior y el gas en la superior.

Figura 3: Estructura de generación de energía global



Fuente: BloombergNEF (2019)

El carbón sigue bajando, y la línea de puntos del centro es básicamente donde estará en 2020. La cuota del carbón sigue disminuyendo; el gas natural se reducirá hasta cierto punto, pero se mantendrá; se puede ver que el volumen de petróleo se ha reducido más; la energía nuclear se retirará gradualmente; por dos razones: una es el riesgo, y otra es que su coste es relativamente rígido y sigue subiendo; la energía hidroeléctrica es limitada debido a los recursos hídricos y a las condiciones topográficas, y la energía hidroeléctrica ha llegado a una posición en la que es difícil que siga aumentando; lo que seguirá aumentando en el futuro es la fotovoltaica y la eólica.

La zona amarilla representa la fotovoltaica que, en mi opinión, debería representar una proporción mayor que la eólica en el futuro: la energía eólica está limitada por los recursos eólicos, pero los recursos de la insolación son muchos y están disponibles prácticamente en todo el mundo. Básicamente la mayoría de las áreas son adecuadas para la fotovoltaica.

2.2 Cadena de la industria fotovoltaica en el mundo

La cadena de valor de la energía fotovoltaica se puede dividir en varios tipos específicos de organizaciones (proveedores, operadores y empresas consultoras) que realmente operan los diversos procesos involucrados en la cadena de valor.

Primero, hay toda una serie de productos que se requieren para construir un sistema solar fotovoltaico. Por lo tanto, los siguientes jugadores deben estar activos en el mercado:

- Proveedores del equipo de fabricación
- Proveedores de materias primas para la producción de obleas, células y paneles solares.
- Productores de silicio cristalino
- Productores de obleas y lingotes de silicio
- Productores de células y paneles solares
- Productores de estructuras de montaje y seguidores
- Productores de componentes eléctricos
- Proveedores de software para el sistema de monitorización y operación de plantas solares fotovoltaicas

En cuanto a los servicios, existen servicios financieros, legales, de consultoría y test que recorren toda la cadena de valor, ya que estos servicios pueden ser requeridos en cada etapa. También se pueden incluir diferentes actividades como la formación y capacitación del personal, publicidad y esfuerzos de relaciones públicas para promover la energía solar, así como servicios de relaciones gubernamentales para obtener aprobaciones, subsidios y subvenciones de apoyo. Cuando se trata de las fases reales de la cadena de valor, también existen varios servicios necesarios:

- Distribución al por mayor
- Planificación y desarrollo de proyectos
- Diseño, ingeniería y construcción
- Servicios de operaciones y mantenimiento

En un entorno de mercado ideal, todas estas actividades pueden ser realizadas por diferentes organizaciones que establecen relaciones contractuales

entre sí. En realidad, sin embargo, las empresas tienden a optimizar sus estructuras de costos reduciendo los costos de transacción. Hay varias formas de hacerlo: pueden formar un clúster, concentrando actividades relacionadas e interdependientes en una región (por ejemplo, producción de silicio, obleas y paneles solares), integrarse verticalmente, al incluir diferentes etapas de fabricación o actividades posteriores en la empresa. estructurar o diversificar sus procesos, es decir, por ejemplo, ser distribuidor y realizar algunas actividades en negocios no relacionados.

1. Principales fabricantes de módulos de silicio cristalino: JinkoSolar, Trina Solar, CanadianSolar, Hanwha Q CELLS y JA Solar. JinkoSolar mantuvo el primer puesto como mayor fabricante de módulos. (HUTCHINS, 2018) Se puede ver que a excepción de la empresa CanadianSolar, la mayoría de ellos se concentran en China.

2. Principales productores de obleas: LANCO (India) que es un fabricante de polisilicio de alta calidad, lingotes / obleas y módulos de silicio; Bhaskar Solar (India); Elkem (Noruega) y Okmetic (Finlandia). (DAS, 2021) Podemos ver que en este campo India lidera, y al mismo tiempo hay muchas buenas empresas en el norte de Europa.

3. Principales productores de células: Trina Solar, Canadian Solar, JinkoSolar, JA Solar y Hanwha Q CELLS. (technology, 2020)

4. Principales productores de paneles solares: JA Solar; SunPower; FuturaSun, que nació en Italia en 2008 y el rápido crecimiento que experimentó hizo que hoy en día tengan clientes en 70 países del mundo; LONGi Solar.

2.3 La historia de la industria solar en el mundo

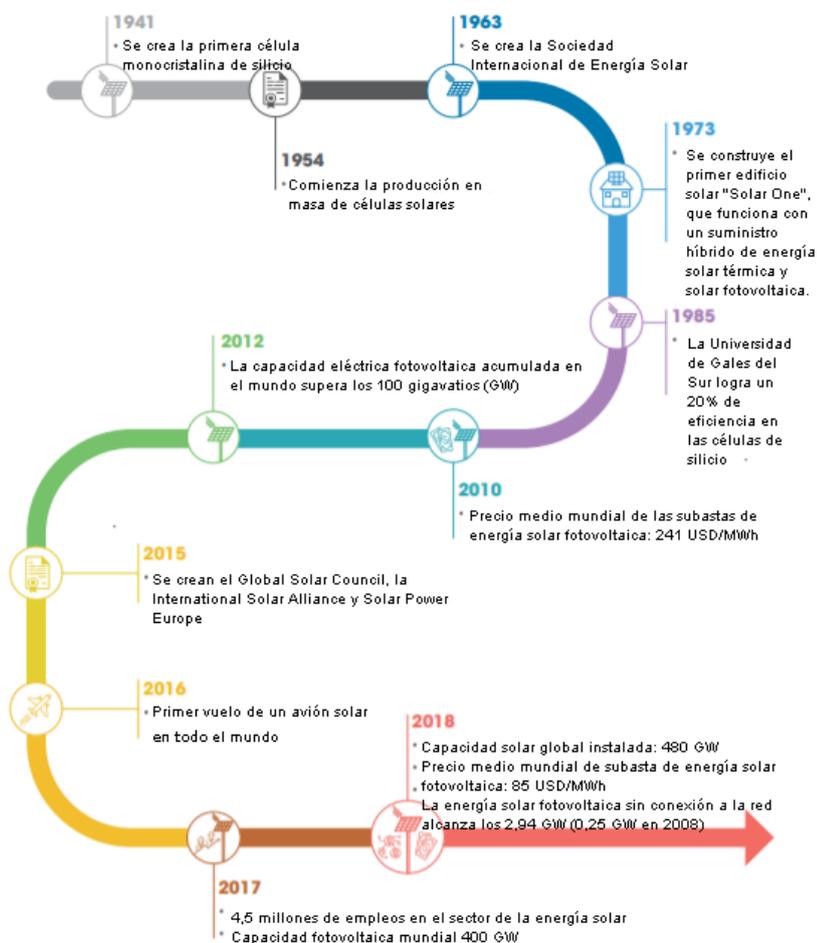
2.3.1 Desarrollo histórico de la industria solar

La siguiente figura muestra los principales hitos en la industria solar desde 1940 hasta ahora.

En las últimas décadas, la creciente preocupación por el cambio climático, la contaminación atmosférica, la seguridad energética y el acceso a la energía, junto

con la volatilidad de los precios del petróleo, han llevado a la necesidad de producir y utilizar tecnologías alternativas con bajas emisiones de carbono. En los últimos años se han producido una serie de hitos en términos de volumen de instalaciones (incluidas las no conectadas a la red), reducción de costes y avances tecnológicos.

Figura 4: Principales hitos alcanzados por la industria solar



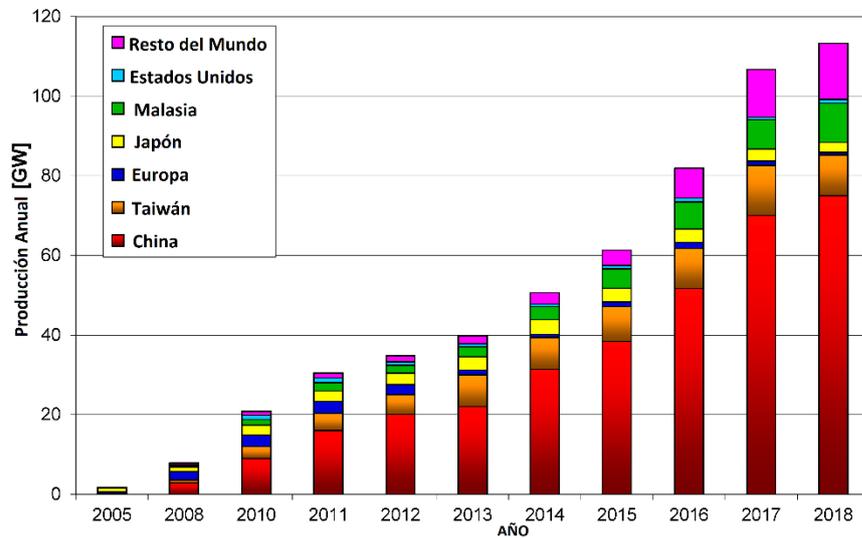
Fuente: irena (2019)

2.3.2 La destrucción de Silicon Valley

La drástica caída de los precios de los paneles solares puso patas arriba la industria solar mundial, destruyendo no sólo a las nuevas empresas de Silicon Valley, sino también a los productores de energía solar establecidos en el mundo desarrollado. En 2007 se produjo una distribución algo uniforme de la producción de energía solar fotovoltaica entre China, Japón, Alemania y otros países, mientras que 10 años después más del 80% de la energía solar se concentra en Asia, con

la mayor parte de esa concentración en China. Esta situación la podemos ver en la siguiente figura.

Figura 5: Producción de energía solar fotovoltaica en el mundo entre 2010 y 2018



Fuente: Jäger-Waldau (2019)

En particular, la crisis de 2011 provocó la quiebra de varios productores de energía solar tanto en Estados Unidos como en Europa. Más tarde, EE.UU. y la UE demandaron a China por vender paneles solares en el mercado mundial por debajo de su coste, violando la legislación comercial internacional, pero esto simplemente no pudo salvar el ya de por sí malogrado mercado solar. (Dlouhy, 2021)

Las empresas chinas también se vieron afectadas, y en 2010-2011 el Banco de Desarrollo de China proporcionó una línea de crédito de 47.000 millones de dólares para ayudar a muchos fabricantes chinos. Sin embargo, el gobierno chino se ha centrado más en la implantación de la energía solar que en la producción de paneles solares, lo que ha llevado a los principales productores a la quiebra o a la fusión. Por ejemplo, Shangde Solar Power Ltd, que fue el mayor productor solar del mundo, quebró en 2013. En la actualidad, China es el mayor productor y consumidor de energía solar fotovoltaica del mundo y su dominio no podrá ser cuestionado en un futuro próximo. (S.Blakewell, 2011)

2.3.3 La problemática de una industria con exceso de oferta

Chile, en 2013, apareció como una opción ideal para la energía solar. La economía del país creció rápidamente con la industria minera, que proporcionaba el 33% del cobre del mundo, pero al ser la minería una industria que requería mucha electricidad, Chile no tenía la energía necesaria para generarla.

Los promotores de energía solar en Chile hicieron inversiones audaces y pusieron la energía solar en el mercado sin garantías de precios a largo plazo. Los promotores pudieron conseguir fondos a pesar de la negativa de las mineras a firmar acuerdos de compra de energía a largo plazo.

Pero pronto, los precios de la electricidad cayeron en picado. El precio de las materias primas en todo el mundo comenzó a reducirse. Entre 2013 y 2016 los precios del cobre se redujeron a la mitad y el mercado de la electricidad estaba en exceso de oferta. Y la energía solar se disparó, proporcionando más oferta frente a un mercado en retroceso.

Como resultado, Chile realmente comenzó a ofrecer electricidad de forma gratuita, y durante la mayor parte de 2015-2016 el precio de la electricidad era casi cero por la tarde. En agosto de 2016, un promotor español acordó un contrato a largo plazo a un precio entonces récord mundial de 2,9 céntimos por kWh. (Quiroga, 2016)

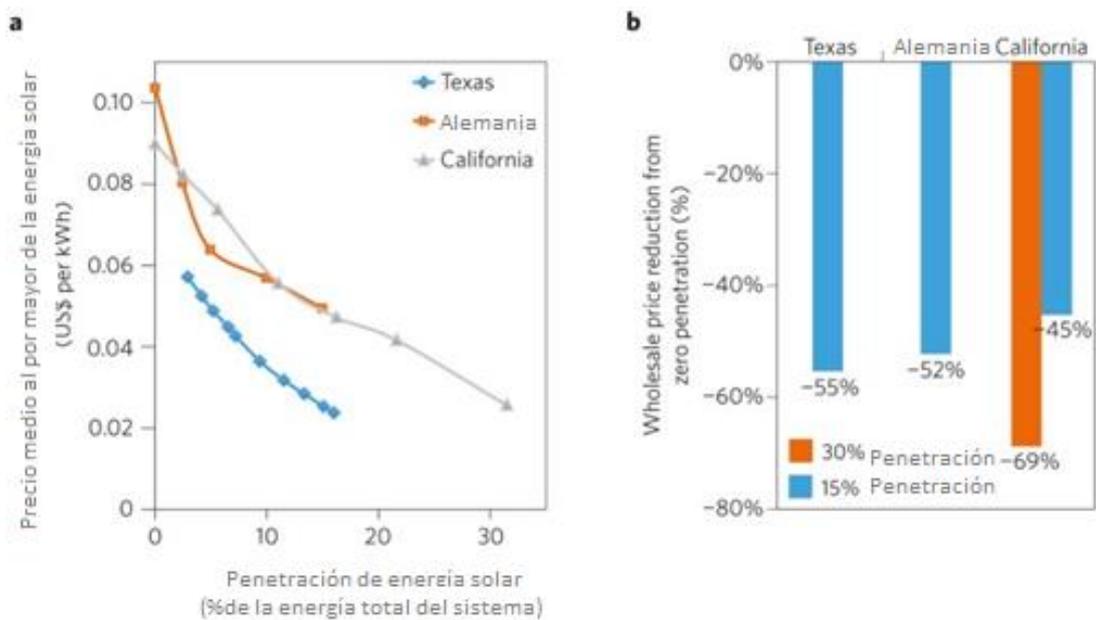
Como la producción de los paneles solares no puede controlarse, todos los paneles solares de una misma zona producen electricidad que inunda el mercado eléctrico. En Chile, el exceso de oferta de recursos solares combinado con la recesión económica redujo el precio de la energía solar a cero. Sin embargo, con una penetración mucho mayor de la energía solar, el exceso de oferta puede hacer que la energía solar no tenga valor. Este problema de deflación del valor podría obstaculizar el crecimiento de la energía solar.

A largo plazo, esta deflación del valor reducirá la competitividad económica de la energía solar. Si los contratos de compra de energía siguen siendo la principal forma de financiación de la energía solar, el precio a largo plazo que pueden recibir los nuevos proyectos solares disminuirá. Si no hay contratos a largo plazo, como

ocurre en Chile, los beneficios de la energía solar podrían evaporarse muy rápidamente. Ahora que el mercado ha asumido esta tendencia, las empresas de servicios públicos de Estados Unidos están trabajando para acortar los acuerdos de compra de energía.

En la figura 6 se muestran los precios de los sistemas de energía solar en California, Texas y Alemania si no estuvieran protegidos por contratos a largo plazo o subvenciones. Podemos ver que el valor de la energía solar se reduce a más de la mitad cuando el 15% de la demanda energética de una red depende de la energía solar. En California, el valor se reduce en más de un 60% cuando la energía solar representa el 30%.

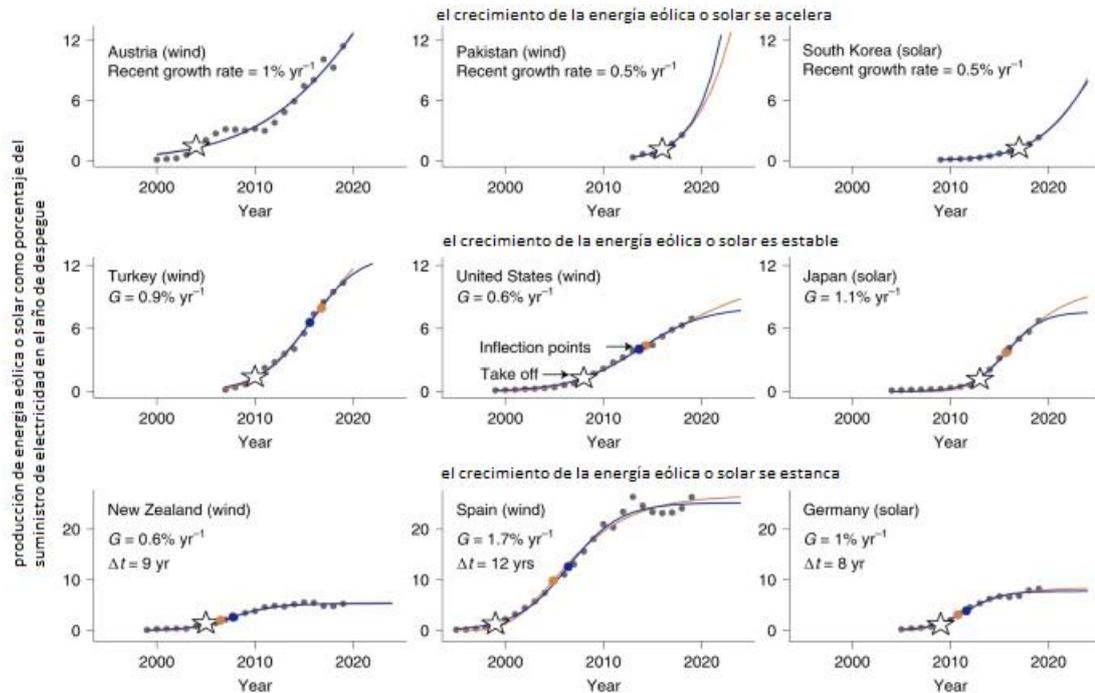
Figura 6: El precio de los sistemas solares en California, Texas y Alemania sin la protección de contratos a largo plazo ni subvenciones



Fuente: Sivaram, Doma el sol (2020)

Sin embargo, la mayor parte del mundo no experimentará deflación en lo que respecta al valor de la energía solar en los próximos años. Este retraso es aún más peligroso porque estamos sembrando involuntariamente la semilla de la deflación, cuyos efectos se agravarán después. Así pues, aunque la energía solar está creciendo exponencialmente en la actualidad, el crecimiento exponencial de la energía solar desaparecerá en pocas décadas.

Figura 7: Producción de energía eólica o solar como porcentaje del suministro de electricidad en el año de despegue



Fuente: Energy (2021)

Podemos ver en la figura 7, de los cinco países con mayor cuota de energía solar fotovoltaica, cuatro (Estados Unidos, Japón, Alemania y España) han dejado de aumentar después de que su cuota de energía solar fotovoltaica alcanzara el 5-10%. Si el crecimiento de la energía solar en los países de todo el mundo, especialmente en los países en vías de desarrollo, empieza a ralentizarse como ha ocurrido en Europa, la descarbonización de la electricidad mundial será difícil de conseguir.

2.4 Estado actual del sector

El objetivo de la descarbonización sólo puede alcanzarse aumentando significativamente la capacidad solar fotovoltaica en las próximas tres décadas. Esto requerirá multiplicar casi por seis la capacidad solar fotovoltaica total durante la próxima década, pasando de un total mundial de 480 GW en 2018 a 2.840 GW en 2030 y 8.519 GW en 2050. La fotovoltaica es una tecnología clave para lograr el acceso total a la energía y cumplir los objetivos de desarrollo sostenible.

A nivel regional, se espera que Asia impulse la ola de instalaciones de capacidad solar fotovoltaica. Como líder mundial en energía solar fotovoltaica, Asia (principalmente China) seguirá dominando en términos de capacidad solar fotovoltaica total instalada, con una cuota superior al 50% en 2050, seguida de Norteamérica (20%) y Europa (10%).

El aumento de la inversión en energía solar fotovoltaica es esencial para acelerar el crecimiento de las instalaciones en las próximas décadas. Esta inversión está muy influenciada por el descenso del coste de la tecnología. Ha aumentado de forma constante desde los 120.000 millones de dólares de 2013 hasta alcanzar un máximo histórico de 179.000 millones de dólares en 2015, ya que el despliegue ha sido más rápido que el descenso de los costes. Desde entonces, el equilibrio entre estos dos factores ha ido oscilando. (Irena, 2019)

La inversión mundial en energía repuntará casi un 10% hasta alcanzar los 1,9 billones de dólares en 2021, invirtiendo gran parte del descenso del año pasado provocado por la pandemia de Covid-19, pero el gasto en la transición hacia las energías limpias deberá acelerarse aún más para cumplir los objetivos climáticos, según un nuevo informe de la Agencia Internacional de la Energía. La previsión de 750.000 millones de dólares para tecnologías de energía limpia y eficiencia en 2021 es alentadora, pero sigue estando muy por debajo de lo necesario para situar el sistema energético en una senda sostenible. La inversión en energías limpias tendría que triplicarse en 2020 para que el mundo alcance las emisiones netas cero en 2050, dejando la puerta abierta a que el aumento de la temperatura global se estabilice en 1,5°C. (IEA, 2021)

El despliegue de energía renovable aumentó un 45% en 2020, principalmente debido a las instalaciones récord de energía eólica, mientras que la energía solar fotovoltaica también se expandió en casi una cuarta parte hasta alcanzar casi 135 GW. Muchos países de la EMEA, designación geográfica que hace referencia a Europa, Medio Oriente y África, se han visto afectados negativamente por las inversiones en energías renovables, pero ha habido algunas excepciones. Vietnam, por ejemplo, ha manejado bien la crisis. Al tiempo que se sigue atrayendo capital al sector de las energías renovables, se han conseguido muy buenos resultados: se han eliminado las tarifas de alimentación para las energías renovables. La

eliminación progresiva de las tarifas de alimentación para los proyectos solares fotovoltaicos ha provocado un descenso de las inversiones a escala comercial. Pero la energía fotovoltaica distribuida está impulsando un auge continuo desde 2020, con más de 9 gigavatios de instalaciones solares en tejados.

La inversión en renovables seguirá creciendo en 2022, consolidando el crecimiento récord registrado en 2020, aunque a un ritmo modesto. Las tecnologías siguen mejorando en términos de coste y factores de capacidad, especialmente la solar fotovoltaica, que alcanzó nuevos récords en varias licitaciones y subastas. La energía solar fotovoltaica alcanzó nuevos mínimos históricos en varias licitaciones y subastas mundiales en 2020 y principios de 2021. En agosto de 2020 se subastaron 700 megavatios (MW) en Portugal a unos 13 dólares por MW. (Magazine, 2020) A principios de 2021, Arabia Saudí anunció un precio para un proyecto de 600 MW a poco más de 10 dólares/MWh. (Taiyang, 2021). Además, las acciones de las empresas de energía renovable también se están comportando bien, gracias a las políticas monetarias acomodaticias y al sentimiento generalmente positivo del mercado hacia los activos de baja emisión de carbono.

En algunos mercados, las políticas han hecho que la generación fotovoltaica sea más atractiva desde el punto de vista económico que la compra de electricidad a la red. La competitividad de la energía solar distribuida es evidente en grandes mercados como Brasil, China, Alemania y México. Sin embargo, sigue habiendo diferencias significativas entre los países, lo que pone de manifiesto el potencial de nuevas mejoras. Con un buen apoyo político, este cambio podría aportar beneficios socioeconómicos. En 2050, la industria solar fotovoltaica empleará a más de 18 millones de personas, cinco veces más que los 3,6 millones de personas empleadas en 2018. Sin embargo, para maximizar los resultados de la transición energética, es necesario un marco político integral.

En el marco de las políticas de apoyo, hay que prestar especial atención a las políticas industriales, financieras, formativas y de cualificación para maximizar los beneficios de la transición. Las políticas de formación y cualificación pueden contribuir a dotar a la mano de obra de las competencias adecuadas y a aumentar las oportunidades de empleo locales. Del mismo modo, las políticas industriales sólidas que se basan en las cadenas de suministro nacionales pueden generar un

crecimiento de los ingresos y el empleo, al aprovechar la actividad económica existente.

Aprovechar el enorme potencial de la energía solar fotovoltaica es crucial para alcanzar los objetivos climáticos. Esto sólo puede lograrse reduciendo las barreras actuales (políticas, económicas y de mercado, técnicas, reglamentarias y sociales) a diferentes escalas. La integración y la flexibilidad de la red, las economías de escala, el apoyo financiero, la falta de normas y de calidad, y la concienciación de los consumidores son algunos de los principales obstáculos que podrían dificultar el despliegue de la energía solar fotovoltaica.

2.5 Tendencias generales del sector en el mundo

2.5.1 Superred

En julio de 2015, State Grid de China tuvo éxito en su oferta para invertir de forma independiente en la construcción de un gran proyecto en Brasil, el proyecto de transmisión de corriente continua de ultra alta tensión Mirador II. El proyecto de 2,538 kilómetros de longitud, con un periodo de concesión de 30 años, que utiliza el "modelo de inversión + contratación general + operación" y se puso en funcionamiento comercial en octubre de 2019.

El 20 de abril de 2021, la Autoridad Reguladora de la Electricidad de Brasil anunció oficialmente que había adjudicado el Proyecto de Concesión de Transmisión Green Field 1 2020, Sección 1, al holding brasileño de Statu Red de China.

Statu Red ha invertido y operado redes troncales de energía en nueve países y regiones, incluyendo Brasil, Filipinas, Portugal, Australia, Italia, Grecia, Omán, Chile y Hong Kong. En China, también, mantiene inversiones de aproximadamente 23.000 millones de dólares y activos en el extranjero bajo gestión de aproximadamente 65.000 millones de dólares. (Xi, 2021)

El presidente de Statu Red cree que son necesarias tres etapas para lograr una superred global. La primera etapa consiste en que los países tienen que construir sus propias redes de transmisión, que China prevé completar para 2025. Lo siguiente es la conexión de países dentro de la región. Un ejemplo es una red

que conecte el norte de África, rica en energía solar, con Europa, rica en energía eólica. La tercera etapa consiste en reunir las redes regionales para formar una superred mundial.

Una superred es una forma de hacer frente a la intermitencia de las fuentes de energía renovables. Una gran red puede conectar las fuentes de energía renovables remotas con los centros urbanos donde se necesita energía, y cuanto más grande sea la red, más fácil será equilibrar la oferta y la demanda. Sin embargo, una superred también puede presentar muchos retos.

En primer lugar, conseguir que los países contribuyan con 50 billones de dólares es una tarea de enormes proporciones. En segundo lugar, los países no son necesariamente amigos entre sí siempre y la importación de electricidad de otros países siempre es inquietante. Además, los diferentes países tienen normas y reglamentos diferentes para los mercados de la electricidad, y armonizarlos a través de las fronteras es difícil, y los países también pueden discutir sobre cómo compartir los costes de los proyectos.

Conseguir una superred mundial es, por tanto, muy poco realista y requerirá más confianza internacional, más financiación y el desarrollo de nuevas tecnologías, como los cables submarinos. Pero el hecho es que una red a mayor escala es esencial para desarrollar la mejor energía solar del mundo.

Pero también hay oposición a la construcción de redes más grandes porque las redes más pequeñas y descentralizadas son más resistentes frente a las catástrofes naturales o provocadas por el hombre. En 2003, un tendido eléctrico de Ohio chocó con la rama de un árbol muy alto, lo que desencadenó una cadena de fallos que provocaron apagones en gran parte del este de Estados Unidos y Canadá, afectando a 50 millones de personas. Por ello, el gobernador de Nueva York trató de dotar a la red de Nueva York de resiliencia desde el principio, haciéndola más dependiente de las fuentes de energía distribuidas.

Los hospitales, por ejemplo, podrían conectarse a la red principal, o se podrían utilizar paneles solares, pilas de combustible y baterías para generar y almacenar electricidad. Si una catástrofe natural destruyera la red central, aún sería posible hacer funcionar otros equipos.

En lugar de proyectos solares a gran escala en los lugares más soleados, una red descentralizada instalaría paneles solares a nivel local para suministrar energía a las comunidades cercanas. Pero cuanto más pequeño sea el proyecto solar, mayor será el coste. Por tanto, una red descentralizada reduciría la competitividad económica de la energía solar.

Una forma eficaz de utilizar la energía solar distribuida es buscar las zonas entre las instalaciones más pequeñas y las más grandes. Las instalaciones solares en los tejados son muy caras, la energía solar a escala de servicios públicos cuesta mucho menos, pero a menudo están situadas en zonas remotas y requieren costosas líneas de transmisión para transmitir la energía. La instalación de pequeñas instalaciones solares alrededor de las subestaciones de la red, donde son lo suficientemente grandes como para disfrutar de economías de escala, puede reducir los costes. Al mismo tiempo, estas instalaciones, equipadas con convertidores inteligentes, pueden hacer frente con mayor facilidad a la falta de fiabilidad de las instalaciones solares y regular la demanda del cliente para adaptarla a la fluctuación de la producción solar.

En primer lugar, los consumidores compran cada vez más aparatos conectados a Internet que pueden controlarse a distancia. También es el caso de los dispositivos de gran potencia. En segundo lugar, las empresas de servicios públicos han introducido contadores inteligentes que pueden gestionar de forma inteligente el flujo de electricidad en la red de distribución para satisfacer la demanda de los clientes. En tercer lugar, las empresas de servicios públicos centralizan el control de todos los componentes de la red mediante el uso de redes de comunicación bidireccionales.

Así, la red descentralizada puede absorber más fácilmente grandes cantidades de energía solar intermitente. Al combinar las ventajas de las redes centralizadas y distribuidas, se puede integrar más energía solar, ampliando la red centralizada y, en última instancia, creando una superred.

2.5.2 Tecnologías del futuro

La tecnología solar actual es claramente diferente de los paneles solares fotovoltaicos de silicio producidos en China en las primeras décadas del siglo XXI. Pero para 2030, las impresoras industriales empezarán a producir revestimientos solares fotovoltaicos en una amplia gama de colores y transparencia, y dentro de 10 años será tan barato pintar tu casa con revestimiento solar como pintarla. A mediados del siglo XXI, la mayoría de los edificios urbanos estarán recubiertos de una capa de materiales que funcionan con energía solar y que darán un toque de color a las ventanas, además de reducir las emisiones de carbono. Los materiales fotovoltaicos son ahora lo suficientemente ligeros como para soportar incluso los frágiles tejados de los barrios marginales de los países en desarrollo. Incluso los más pobres de entre los pobres pueden permitirse el lujo de recurrir a la energía solar.

Pero una vez que el sol se pone, la energía solar fotovoltaica sigue sin poder suministrar electricidad. Afortunadamente, esta necesidad ha sido satisfecha por un tipo de tecnología solar completamente diferente. Las plantas de energía solar de concentración utilizan un gran número de espejos para recoger la luz del sol con el fin de generar el calor que sustenta el funcionamiento continuo de la planta. Como resultado, los revestimientos fotovoltaicos y las plantas de energía solar concentrada se complementan y pueden generar electricidad de forma continua durante 24 horas a una fracción del coste de funcionamiento de una planta de energía fósil.

Para lograr el objetivo de situar la energía solar en el centro del futuro, es necesario innovar. La industria solar necesitará nuevas formas de atraer inversiones importantes para financiar el desarrollo continuo de la energía solar. Los países tendrán que rediseñar sus sistemas energéticos, empezando por sus redes eléctricas, para dar cabida a la generación solar fotovoltaica intermitente. Los científicos tendrán que desarrollar la próxima generación de tecnologías solares para que sean más fáciles de aprovechar.

Los inversores privados también están invirtiendo importantes cantidades de dinero en los revestimientos solares fotovoltaicos. Bill Gates, por ejemplo, ha

lanzado un fondo de inversión de 1.000 millones de dólares y está dispuesto a realizar los avances más importantes en dos tecnologías de energía limpia, los "recubrimientos solares" y los "combustibles solares". (Gates, 2019)

2.6 La problemática actual de la inversión en el sector

Los mayores inversores del mundo ya no ven la industria solar como una gran oportunidad de inversión. Esta tendencia es preocupante porque los costes de los proyectos solares se pagan esencialmente por adelantado, mientras que los ingresos se generan a través de la venta de electricidad. Es poco probable que la energía solar se convierta en una fuente de energía mayoritaria y pase de su nivel actual del 2% de la electricidad mundial sin recurrir a un importante capital privado para financiar sus costes iniciales.

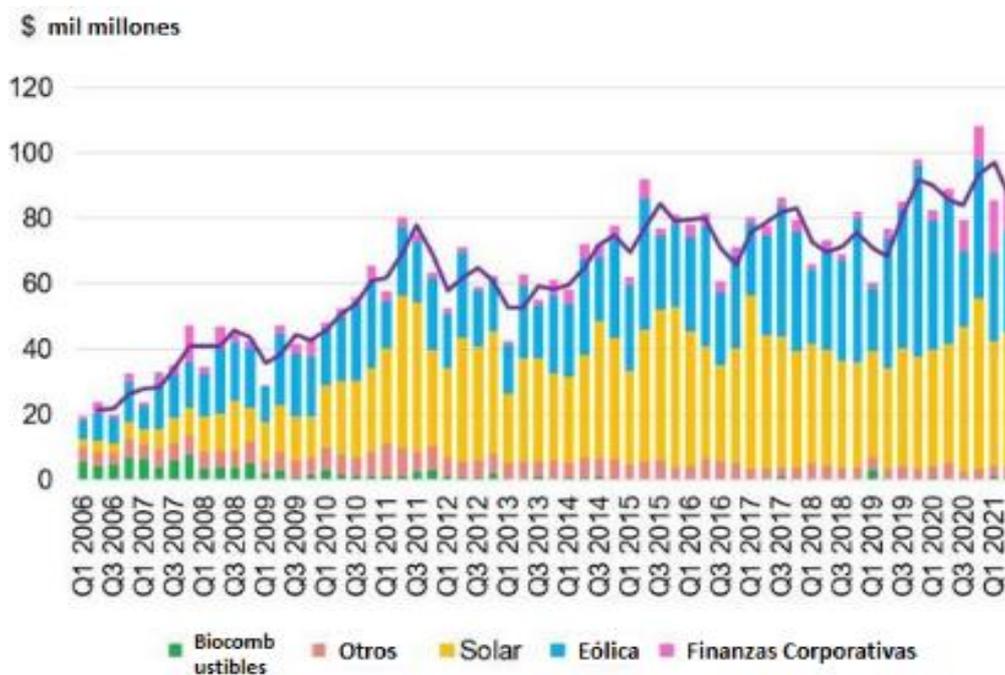
En los países desarrollados, la inversión privada es importante. Por ejemplo, el modelo de transición energética de Alemania, impulsado por las subvenciones, incubó con éxito la industria solar, pero ahora que más del 25% de la factura media de electricidad de los hogares alemanes se destina a un recargo para subvencionar las energías renovables, es poco probable que los consumidores acepten precios más altos. Y el gobierno ha recortado drásticamente las subvenciones a los proyectos solares. En los países en desarrollo, las ayudas públicas han sido escasas desde el principio, por lo que la inversión privada ha sido crucial para estos mercados desde el principio. (Thalman, 2016)

Las nuevas inversiones en proyectos y empresas de energías renovables alcanzaron un total de 174.000 millones de dólares en el primer semestre de 2021, apoyadas por una financiación récord en el mercado público y niveles sin precedentes de capital riesgo y compromisos de capital privado, según el último estudio de BloombergNEF. Se trata del total más alto jamás registrado en el primer semestre de cualquier año, y un 1,8% más que durante el mismo periodo del año anterior, aunque está un 7% por debajo de la marca de agua máxima establecida en el segundo semestre de 2020. Al mismo tiempo, la inversión en proyectos solares aumentó un 9%. La financiación de activos eólicos, sin embargo, descendió, ya que contrasta con el primer semestre de 2020, que fue un periodo de gran financiación de grandes parques eólicos marinos.

La inversión en proyectos solares aumentó hasta un récord de 78.900 millones de dólares en el primer semestre de 2021. Los proyectos solares en China obtuvieron 4.900 millones de dólares en el segundo trimestre de 2021, frente a los

2.800 millones del primer trimestre. El aumento se debió en gran medida a la financiación de proyectos a gran escala "sin subvenciones" desarrollados por empresas estatales. Al mismo tiempo, la inversión en proyectos solares a gran escala en EE.UU. aumentó a 6.400 millones de dólares en el segundo trimestre de 2021, frente a los 5.300 millones del primer trimestre, impulsada por el cierre de varios grandes proyectos. La inversión en proyectos solares suele acelerarse en la segunda mitad del año para cumplir con los plazos de fin de año.

Figura 8: Nuevas inversiones mundiales en energías renovables entre 2006 y 2021



Fuente: BloombergNEF (2021)

Este déficit de capital no es evidente en las estadísticas sobre el crecimiento de la financiación de la energía solar. Como podemos ver en la figura 8, la energía solar es la que más inversión recibe de todas las tecnologías de generación de energía. La energía solar también atrajo mucha más inversión, con 160.800 millones de dólares (un 18% más que el año anterior), que cualquier otra tecnología energética en 2017. Representó el 57% de la inversión total en todas las energías renovables (excluidas las grandes hidroeléctricas) de 279,8 mil millones de dólares, y superó las nuevas inversiones en capacidad de generación de carbón y gas (estimadas en USD 103 mil millones).

Esta inversión impulsó la capacidad instalada de energía solar, que superó los 98 GW ese año, ya que el coste de la energía solar sigue bajando, lo que la convierte en la fuente de generación de electricidad más barata en las economías emergentes, incluidas China e India, después de la eólica, el carbón y el gas natural. A la vista de estas estadísticas, las perspectivas de inversión en energía solar parecen ser muy buenas.

Sin embargo, la escala de financiación es algo pequeña en comparación con las necesidades de inversión de la energía solar en las próximas décadas. Según Bloomberg New Energy Finance, si queremos limitar el calentamiento global a 2 grados, en 2040 se necesitará casi el doble de inversión que la que se está realizando en la actualidad.

Sin embargo, para 2040, las fuentes de capital existentes sólo podrán satisfacer el 33% de las necesidades de financiación de la energía solar. Esto se debe a que la mayoría de los proyectos solares en EE.UU. se financian con fondos fiscales. Como el gobierno federal ofrece un crédito fiscal del 30% para la implantación de la energía solar, los grandes bancos y otras empresas están dispuestos a invertir en proyectos solares y a aprovechar los incentivos del gobierno para reducir sus propias facturas fiscales. En 2020 el crédito fiscal empezó a disminuir, por lo que este hecho, puede repercutir en los inversores a la hora de seguir financiando la energía solar. Los inversores institucionales en infraestructuras podrían aportar hasta el 15% de la financiación total de la deuda, a medida que los fondos de pensiones y otros se interesen más. La financiación dentro del balance también está preparada para aumentar sustancialmente a medida que las empresas de servicios públicos desarrollen más proyectos. Por último, podría aumentar la oportunidad de refinanciar las carteras mediante valores respaldados por activos. (CERES, 2016)

Lo mismo sucede en Europa, donde se están reduciendo los incentivos públicos, a pesar de que los países pretenden aumentar su capacidad en energía solar.

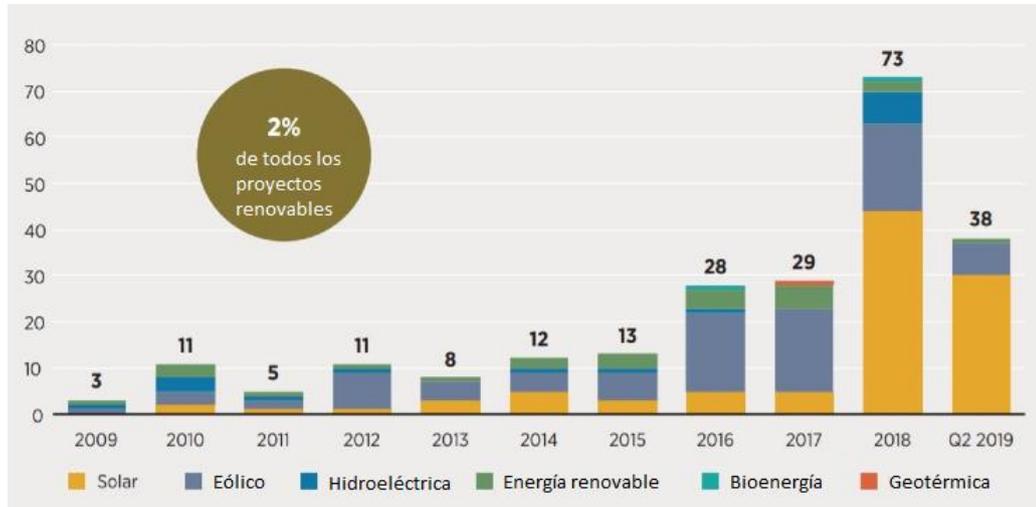
En los países en desarrollo, los bancos nacionales de desarrollo y los bancos internacionales de desarrollo han desempeñado un papel importante en la puesta

en marcha de la energía solar. Pero a futuro, se necesita una gran afluencia de dinero para los países en desarrollo, y los bancos de desarrollo no pueden hacerlo. Por ejemplo, en 2016, el Banco Asiático de Desarrollo acordó destinar 500 millones de dólares para ayudar a la India a financiar su proyecto de energía solar en los tejados. Sin embargo, India tiene el objetivo de lograr 40 GW de energía verde del sector solar en azoteas para 2022, pero hasta ahora no ha podido lograr ni el 20%. Sin nuevas fuentes de financiación, los objetivos de la India serán difíciles de alcanzar.

Los únicos inversores con suficiente poder para financiar la siguiente fase del desarrollo solar son los inversores institucionales. Entre ellos se encuentran los fondos de pensiones, los fondos de seguros y los fondos soberanos, que en conjunto gestionan más de 100 billones de dólares.

El documento informativo de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) Renewable Energy Finance: Institucional Capital resume el estado actual de la inversión institucional en energías renovables y las posibles recomendaciones para ampliarla. La inversión institucional en fondos de energías renovables se estima en unos 6.000 millones de dólares al año. Aunque el número de proyectos directos de energías renovables en los que participan inversores institucionales ha aumentado, solo representaron alrededor del 2% de la inversión total en proyectos de energías renovables en 2021. Esto significa que el potencial del capital institucional en el sector de las energías renovables sigue siendo poco relevante.

Figura 9: Número de proyectos de energías renovables en los que participaron inversores institucionales, por tecnología entre 2009 y 2019



Fuente: IRENA (2019)

Los activos institucionales suelen gestionarse de forma muy conservadora, especialmente en los mercados emergentes y en desarrollo. Los activos de energía renovable ofrecen a los inversores institucionales unos rendimientos relativamente fuertes, estables y a largo plazo, similares a los de los bonos, que se ajustan a las obligaciones a largo plazo de dichos inversores, al tiempo que minimizan el riesgo de los activos varados. El gráfico anterior muestra que los inversores institucionales tienen una fuerte preferencia por los proyectos de energía solar fotovoltaica y eólica a gran escala, debido a la tecnología probada y al gran tamaño de las operaciones.

El problema es que los inversores institucionales tienen dificultades para invertir directamente en proyectos solares. En cambio, acaban teniendo que invertir a través de intermediarios como los fondos de capital riesgo. Pero estos fondos están creados para realizar inversiones más arriesgadas. Esto limita a los fondos de capital privado a invertir en proyectos solares, y también limita a los inversores institucionales a invertir.

Estos grandes inversores tienen dos normativas para configurar sus carteras, y la solar es actualmente incompatible con ambas. El primero es la liquidez, es decir, la capacidad de comprar y vender inversiones rápidamente en el mercado. La liquidez permite a los inversores comprar inversiones a precios que no están significativamente por encima del mercado y venderlas a precios que no están

significativamente por debajo del mercado. El segundo es el deseo de los inversores institucionales de invertir grandes cantidades de dinero de una sola vez, en lugar de hacer múltiples inversiones pequeñas. Esto se hace porque tienen un número limitado de personal y sólo pueden revisar un pequeño número de inversiones.

La forma más fácil de cumplir ambos requisitos es invertir en valores cotizados. Para evitar tener que investigar individualmente las tenencias de acciones o bonos de un inversor, éste puede invertir en fondos indexados, una colección de valores cotizados con un gran número de acciones o bonos individuales. Ahora más que nunca, el capital institucional debe movilizarse para proyectos de energías renovables con el fin de acelerar la transición energética. Al dirigir el capital hacia las energías renovables, los inversores institucionales pueden contribuir de forma significativa al cambio global del capital hacia soluciones de baja emisión de carbono, generando al mismo tiempo mayores rendimientos a largo plazo.

A pesar de los numerosos retos, esto no significa que los inversores institucionales no estén interesados en las energías renovables. Muchas instituciones siguen invirtiendo cada año en empresas de energía limpia. Sin embargo, la realidad es que estas inversiones están muy lejos de los billones de dólares necesarios para aumentar este tipo de energía.

3. Estudio de caso: Sector en China

3.1 El desarrollo de la industria fotovoltaica en China

La industria solar tiene su origen en el científico australiano Martin Green. En la década de 1970, mientras Estados Unidos invertía mucho en investigación fotovoltaica, Green estaba en Australia recuperando equipos de los montones de chatarra para el procesamiento de semiconductores y desarrollando células solares de silicio de alta eficiencia.

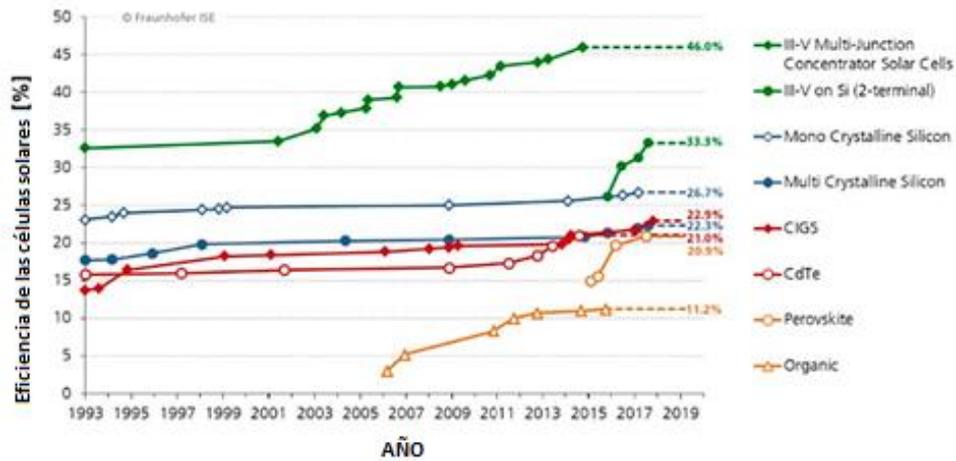
Bajo el mandato del presidente Reagan, los fondos para la energía solar disminuyeron y el laboratorio de Green se convirtió en el mejor del mundo. Más tarde, en la década de 1980, el laboratorio de Green sentó las bases para el desarrollo de los modernos paneles solares de silicio. Era una época en la que pocos estaban de acuerdo con él, otras personas buscaban nuevos materiales para reemplazar el silicio, pero él seguía creyendo que los paneles solares de silicio eran el camino del futuro.

Las ventajas del silicio residen en el mercado actualmente establecido, en la mejora continua de la tecnología y la expansión sostenible de la tecnología basada en el silicio.

En la década de 1970, COMSAT desarrolló un método para tallar pirámides en miniatura en la superficie de las células solares de silicio para garantizar que la luz incidente siga rebotando y acabe siendo absorbida, en lugar de ser reflejada directamente hacia fuera. Estas células absorben toda la luz visible, lo que se traduce en una eficiencia superior al 17%.

Inmediatamente después, el profesor Green se hizo cargo del proyecto. Entre los años 80 y principios del siglo XXI, la eficiencia de las células solares de silicio aumentó hasta superar el 25%.

Figura 10: La evolución del rendimiento de las tecnologías de células solares en los últimos 25 años



Fuente: MÁRFIL (2019)

En el último medio siglo, los científicos han mejorado progresivamente la eficiencia de las células solares.

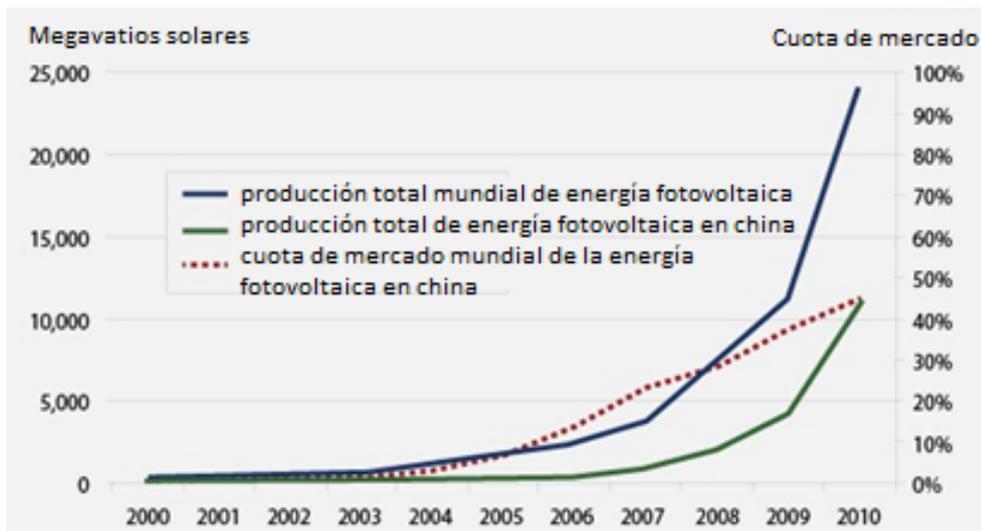
Al mismo tiempo, las empresas privadas han realizado importantes avances. En 1982, la empresa estadounidense Atlantic Richfield anunció una garantía de cinco años para sus paneles solares. En los años 90, BP anunció una garantía de 20 años. La vida útil de los paneles solares se triplicó, compensando así el coste inicial de los mismos. (Green, 2005)

Con las mejoras en la tecnología de las células solares de silicio de laboratorio y la acumulación de conocimientos y equipos en la industria solar mundial, las empresas chinas entraron en este campo. Los estudiantes del profesor Green trabajaban activamente en China, creando y uniendo empresas solares de silicio. Además de aportar conocimientos técnicos, las empresas chinas instalaron fábricas con equipos extranjeros. Los fabricantes chinos también invirtieron mucho para hacer que sus fábricas fueran más eficientes que las del extranjero.

En 2005, China todavía representaba una pequeña parte en la industria solar, con un 11% de la producción mundial. En aquella época, el gobierno chino consideraba que la energía solar era demasiado cara. Pero en los cinco años siguientes, China apoyó activamente la expansión de su nueva industria

manufacturera. Los gobiernos concedieron subvenciones para controlar el coste de las materias primas, la energía, los espacios y los componentes. Las empresas chinas disfrutaron de grandes cantidades de préstamos a bajo coste para ampliar la producción.

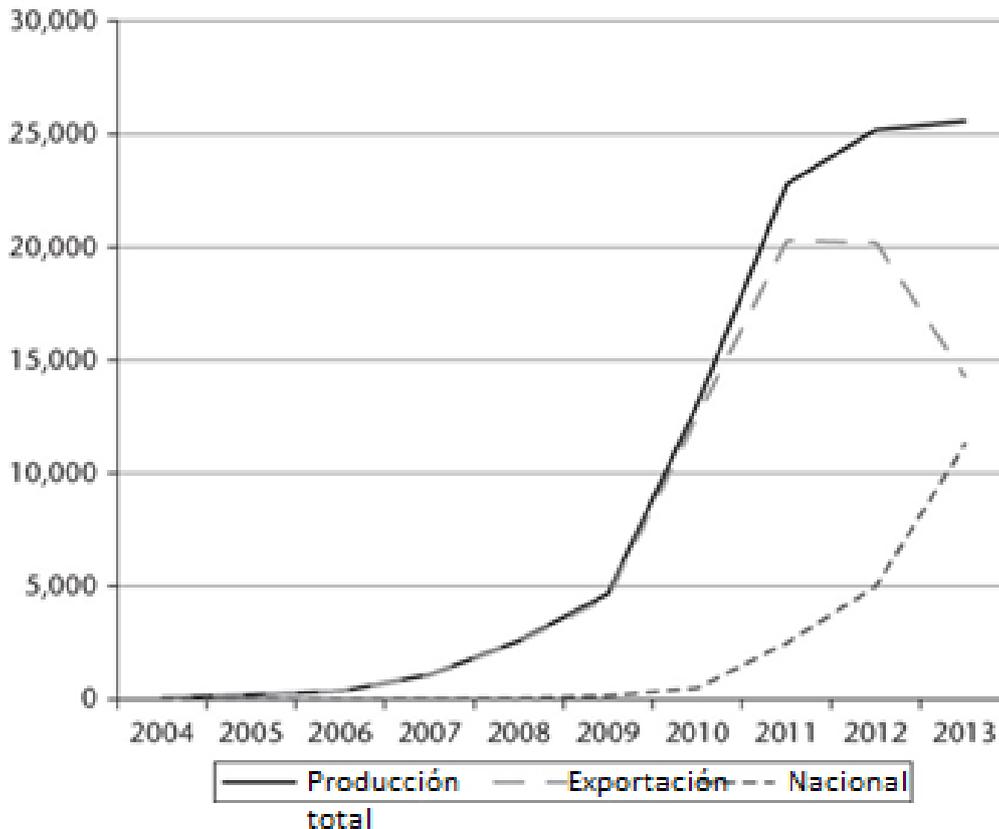
Figura 11: Crecimiento anual de la producción de paneles solares



Fuente: Institute (2012)

China también recibió muchos beneficios de los incentivos de los países desarrollados a la industria. Con el aumento de la producción nacional de paneles solares, la proporción de paneles exportados superó el 90% entre 2005 y 2010. La mayoría se exportaba a países europeos, que ofrecían grandes incentivos para el uso de paneles solares. En España, el gobierno pagaba la mitad de los costes de instalación de los equipos solares. En 2010, China producía casi la mitad de los paneles solares del mundo, mientras que sólo el 6% se utilizaba en el mercado nacional. (Steinfeld, 2013)

Figura 12: Ventas chinas de células solares fotovoltaicas: exportaciones y mercado interno (megavatios)



Fuente: Lema, 2015

3.2 Cadena de la industria fotovoltaica en China

La industria solar puede dividirse en la fabricación previa de paneles solares y su correspondiente distribución en cuatro mercados: mercado del material de poli silicio, de las obleas de silicio monocristalino, de las células y de los paneles de vidrio.

La fabricación de paneles solares comienza con la extracción y el refinado del polisilicio, que se funde en largos lingotes cilíndricos y se corta en finas láminas. Estas obleas de silicio de gran pureza se convierten en células solares. Finalmente, las células solares se disponen en filas y se sellan en un panel solar.

Podemos distinguir los siguientes eslabones en la cadena de distribución

1. El material de poli silicio es el más utilizado ahora: cinco empresas chinas ya han acaparado el 70% de la cuota de mercado, o incluso más. Estas cinco

empresas son Tongwei, Xinjiang Daquan, GCL-Poly, Xinte Energy y Dongfang Hope. (QIFENG YUYUN, 2020)

2. La cuota del mercado de las obleas de silicio monocristalino está ahora más concentrada, los principales fabricantes son Longi y Zhonghuan, el doble oligopolio puede alcanzar el 80% de la cuota de mercado.

3. Las células, los principales fabricantes son Tongwei y Aixu.

4. Los paneles de vidrio de los paneles solares son cada vez más finos gracias a los avances tecnológicos, y en la actualidad se reducen a 2,0 mm.

5. La estación de energía fotovoltaica, donde podemos distinguir entre:

- Industria dedicada a la producción de energía eléctrica

Ondulador: Sunshine Power, Jinlang Technology, Sunshine Power y Huawei. Transforma CC en CA y la adapta para su inyección en la red de distribución eléctrica. Considerando, también, diferentes procedimientos para el almacenamiento de la energía.

- Usuario final, hay varias opciones:

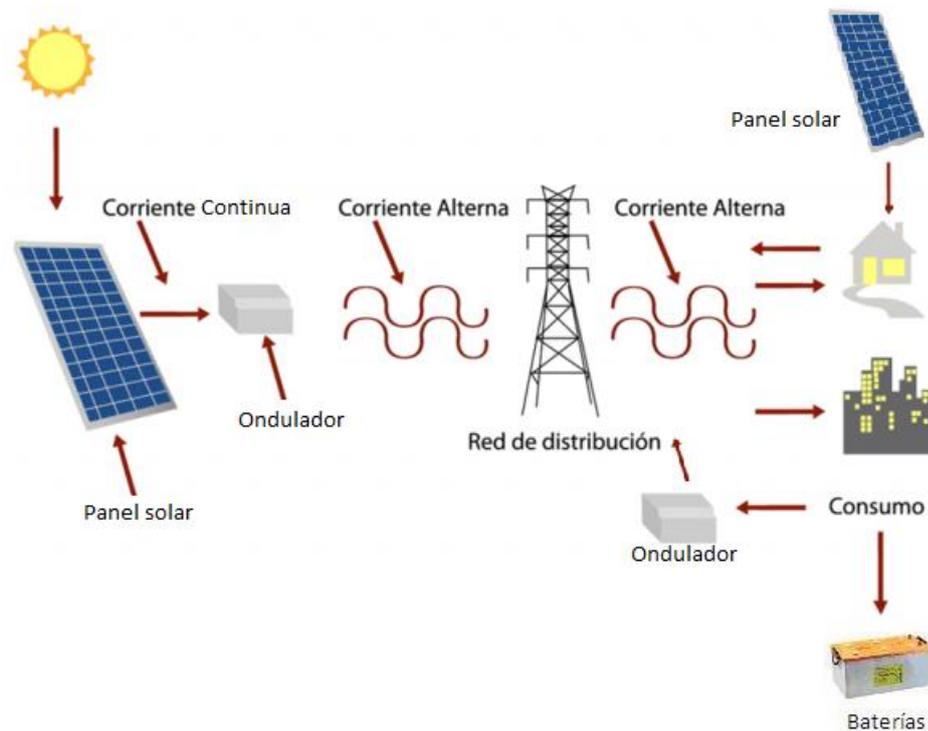
1. Una que esté aislada de la red, la estación suministra la energía al usuario y resto la almacena (en baterías) para su posterior consumo en horas sin luz.

2. Si está conectada a la red, el usuario inyecta en la red el exceso de su consumo, no necesitando almacenamiento porque cuando no hay luz consume energía eléctrica de la red.

6.- Siendo el último eslabón, el consumidor de la energía.

La siguiente figura puede ayudar a entender mejor la cadena fotovoltaica.

Figura 13: Esquema de instalación fotovoltaica



Fuente: Sureste (2016)

3.3 Estado actual del sector

3.3.1 Disminución de los beneficios en la cadena industrial

La falta de beneficios y las recientes turbulencias del sector han inculcado en la empresa una orientación de futuro conservadora y de bajo riesgo. De hecho, hoy en día apenas se invierte en "materiales solares futuros del silicio", ya que la estructura industrial existente del silicio está ya muy especializada. Así, los fabricantes de obleas pueden asegurarse de que no se desperdicie ninguna chatarra que pueda ser utilizada. Los fabricantes de células y paneles están comprometidos con la mejora de la eficiencia de los productos y la reducción de los costes de material y de desarrollo.

Los productores de energía solar centrados en la reducción de costes sólo creen en la tecnología del silicio. Las asociaciones de energía solar promueven firmemente el aumento constante de la eficiencia de los paneles solares. Durante la próxima década, se espera que la eficiencia de los paneles solares de silicio aumente año tras año.

Y, por supuesto, los onduladores que conectan los paneles solares a la red serán más inteligentes y baratos. Los investigadores crearán mejores diseños para reducir los costes de cableado y las pérdidas de energía. Las empresas ya utilizan drones para supervisar las plantas de energía solar y reducir los costes laborales.

En 2017, investigadores de la Universidad de Stanford afirmaron que las empresas solares chinas habían comenzado a aumentar su colaboración con investigadores occidentales, pero que la mayor parte de su gasto en I+D seguía estando destinado a mejorar las tecnologías de silicio existentes

Ahora que China y el silicio han ganado la partida, la industria solar planea alejarse de las innovaciones disruptivas. Esta industria ha madurado. Pero esta falta de innovación también puede ser un problema.

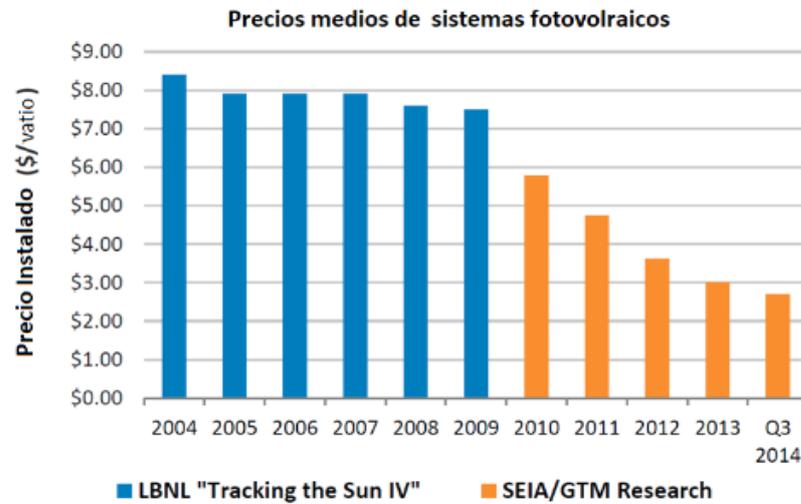
3.3.2 Exceso de capacidad masivo

Debido al gobierno, China está experimentando un exceso de capacidad masiva en toda la cadena de suministro solar, desde la materia prima poli silicio hasta los paneles solares acabados. Además, algunos países europeos han eliminado los incentivos a la energía solar como consecuencia de la crisis económica y España los ha reducido casi a la mitad.

La combinación de exceso de capacidad y recortes de subvenciones y/o incentivos ha obligado a los productores de energía solar de China y otros países a hacer una guerra de precios. Como resultado, el precio de los paneles solares cayó un 30% en sólo un año, de 2009 a 2010. En 2013, los precios habían caído otra mitad.

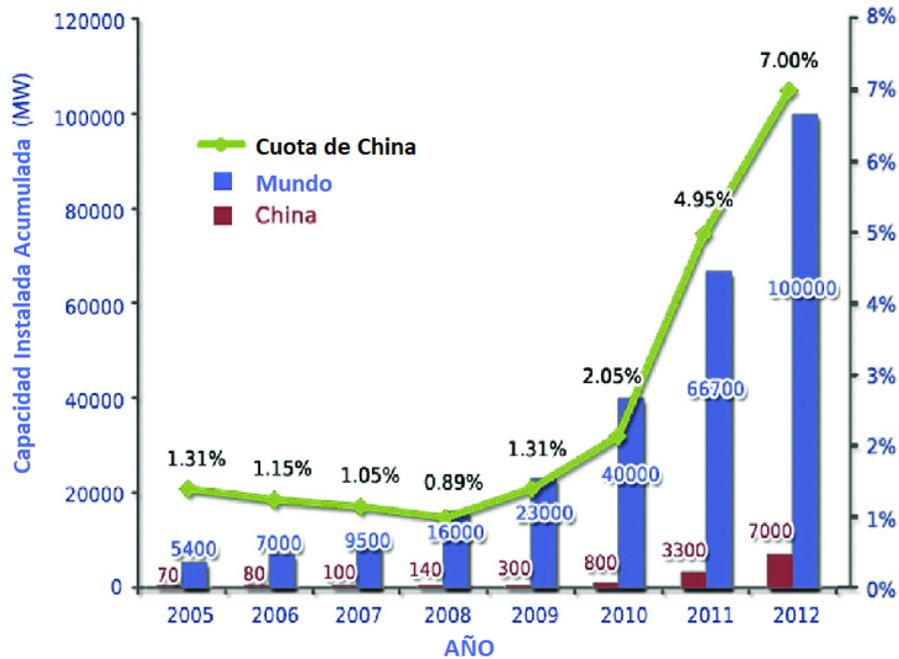
En respuesta, el gobierno chino, se ha esforzado por crear un nuevo mercado para los productos.

Figura 14: Precio medio del sistema fotovoltaico



Fuente: SEIA (2015)

Figura 15: La capacidad instalada acumulada de sistema fotovoltaica de China y del mundo entre 2005 y 2012

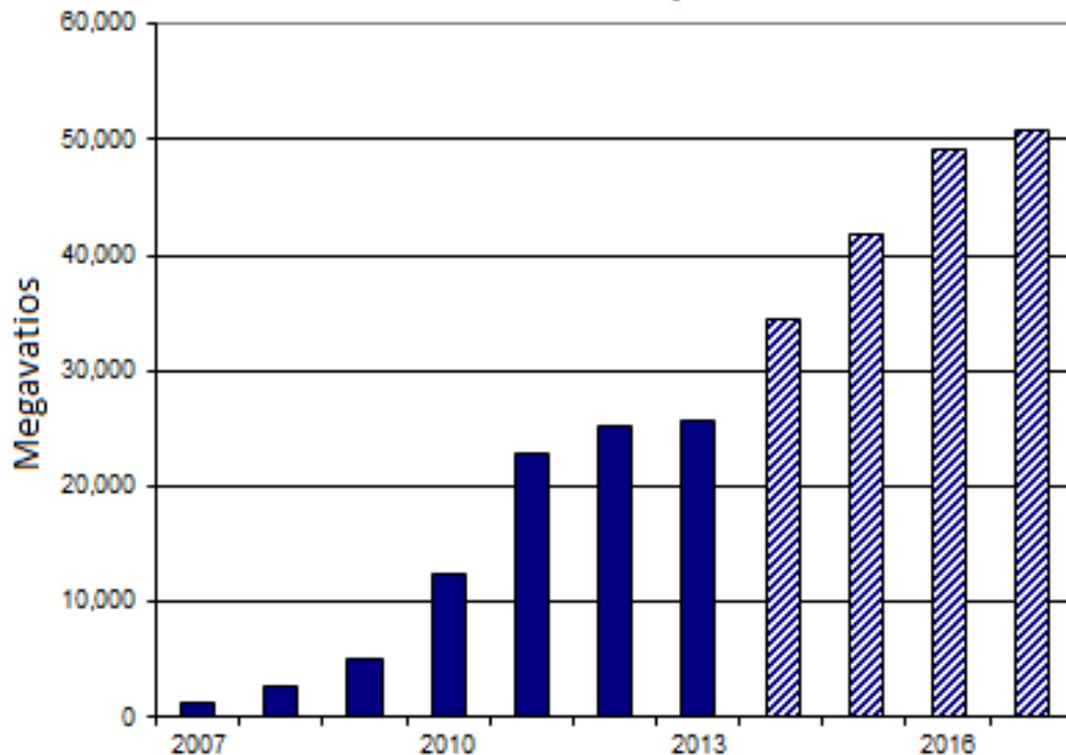


Fuente: SEMI, IEA, & REN21 (2013)

Por supuesto, también existe la expectativa de reducir la contaminación urbana, y China ha pasado de subvencionar la producción de paneles solares a financiar su despliegue. En 2013, China superó a Alemania como el mayor mercado

mundial de paneles solares, y en 2016, China representó la mitad de todas las ventas mundiales de paneles solares. (Liu, 2016)

Figura 16: Producción anual de paneles solares fotovoltaicos en china entre 2007 y 2016



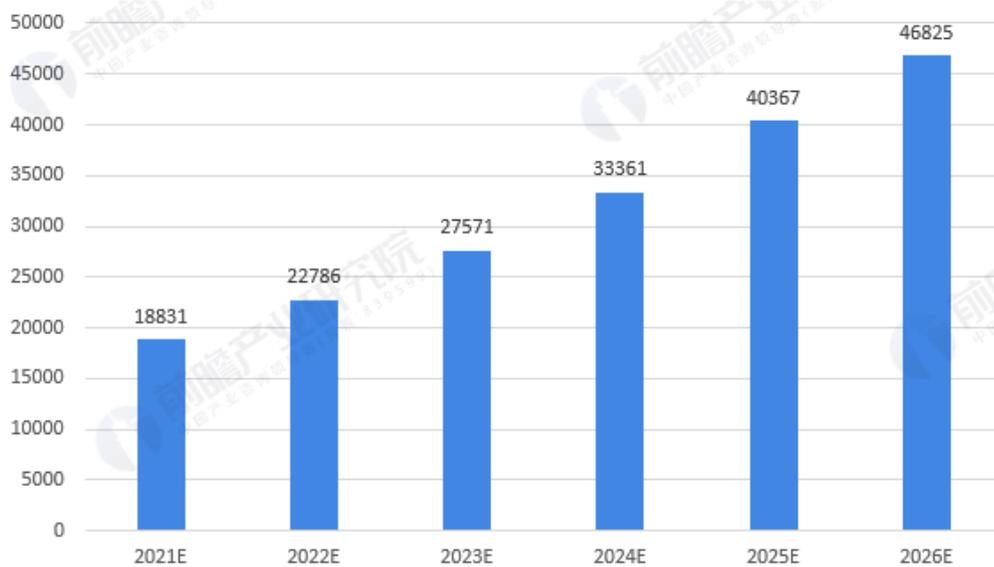
Fuente: reve (2014)

3.4 Tendencias generales en China

Una vez que los precios de la energía solar se estabilicen, cuestión que habrá que ver si se consigue o no, la competencia de precios entre las empresas del sector caerá ya que su mayor enemigo son otras fuentes de energía, no la fotovoltaica.

En cuanto al modelo de beneficios, la reducción de precios, puede ampliar la cuota de mercado de la fotovoltaica. La expansión de la escala de utilización de la energía solar impulsará el crecimiento de la demanda de células solares. La previsión es que en 2026 la producción de células solares en China alcanzará los 468,25 millones de kilovatios.

Figura 17: Previsión de producción de células solares en China (10,000 kilovatios) entre 2021 - 2026



Fuente: Lu (2021)

Por último, la integración vertical de la cadena industrial, la mejora de la tecnología y la generación de energía solar sustituirá gradualmente a la generación de energía tradicional.

Las grandes empresas nacionales de obleas de silicio y de generación de energía solar se están desarrollando en la dirección de la integración vertical. Tomando a Longi como ejemplo, en 2014, Longi compró LeYe Photovoltaic Technology para expandirse hacia abajo (explorar el mercado de células monocristalinos y paneles solares), basándose en su avanzada tecnología de obleas de silicio monocristalino para comenzar a expandirse en células monocristalinas, y luego expandirse gradualmente en estaciones eléctricas y el concepto recientemente propuesto de energía integrada, como la energía fotovoltaica más el hidrógeno. La posición de LONGi en el mercado de las obleas de silicio y los paneles solares ha aumentado considerablemente.

Lograr una reducción de costes y un aumento de la eficiencia mediante avances tecnológicos se convertirá en la principal estrategia para competir en la industria de las células solares, y las empresas solares y las instituciones aumentarán su inversión en investigación y desarrollo tecnológico y acelerarán la

actualización tecnológica de la industria. El mercado de la industria, frente a la innovación de la tecnología de células solares, si las empresas tienen suficiente preparación es la clave para garantizar su desarrollo sostenible.

En 2021, la industria solar nacional entró oficialmente en la fase de precios al público, y la escala de la industria seguirá creciendo. Se espera en 2025, la eficiencia de conversión de las células de capa fina de China alcance el 25%, la eficiencia de conversión de los módulos llegue al 20,3%, y la inversión inicial en las plantas de energía fotovoltaica baje a 3.360 RMB/kW, lo que demuestra que China está preparada para ampliar gradualmente la escala de generación de energía solar y sustituir gradualmente el modo de generación de energía tradicional por la generación de energía solar.

En el futuro, bajo la influencia de múltiples políticas favorables, la industria china de células solares se desarrollará de forma constante, se mejorará aún más la cadena industrial y se ampliará gradualmente la escala de inversión. (Lu, 2021)

3.5 Riesgo del sector en China: La revolución de los materiales perovskita

Investigadores de todo el mundo intentan escapar de las limitaciones del silicio. La naturaleza frágil de las obleas de silicio ha dado lugar a paneles de silicio rígidos y poco atractivos. Algunos científicos creen que, con los materiales adecuados, una impresora barata podría producir varios rollos de revestimientos solares fotovoltaicos flexibles y eficientes. El revestimiento flexible permitiría colocar materiales fotovoltaicos en edificios que no pueden soportar paneles solares, a la vez que más estético.

Un investigador del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología de Ulsan (Corea del Sur) ha anunciado que su panel solar de perovskita ha establecido un récord mundial de eficiencia del 25,6%.

En abril de 2021, la empresa UtmoLight technology de China anunció que sus paneles solares de perovskita de gran superficie desarrollados por ella misma han batido otro récord en términos de eficiencia, alcanzando una eficiencia para generar electricidad del 20,5% y una eficiencia en estado estacionario del 20,1% en un

panel solar de perovskita de 63,98 cm². Este resultado ha superado con éxito las rigurosas pruebas y la certificación del instituto de pruebas más importante del mundo, el JET (Instituto de Investigación de Seguridad Eléctrica y Medio Ambiente de Japón). Esta eficiencia es también el mayor récord de eficiencia para un panel solar de perovskita de gran superficie. (Cao, 2021)

De hecho, muchas empresas fotovoltaicas chinas están trabajando intensamente en la tecnología de perovskita. Además de JD Solar y Fibrina Solar, GCL, Longi, Trina y Tongwei también se han unido a la "batalla". En marzo de 2021, GCL Photoelectric anunció la realización de una nueva ronda de financiación de más de 12 millones euros para construir la primera línea de producción de 100MW en el mundo de paneles solares de perovskita y continuar promoviendo el progreso de la comercialización de perovskita.

A diferencia de los materiales de silicio, los paneles solares de perovskita son muy fáciles de fabricar. Y también tiene muchos usos, ya que permite variantes flexibles, coloreadas, translúcidas y ligeras. Y su eficiencia es mejor que los paneles solares de capa fina.

En el caso de la energía solar fotovoltaica, los sistemas basados en el silicio siguen dominando el mercado, a pesar de la disponibilidad de alternativas comerciales. Sin embargo, se espera que los paneles solares de silicio alcancen un límite de eficiencia práctica de alrededor del 26%.

Para lograr una mayor penetración en el mercado, el coste del sistema fotovoltaico debe ser menor para compensar el coste adicional del almacenamiento o el transporte. Afortunadamente, los resultados de la investigación muestran el potencial para mejorar el rendimiento de la energía solar fotovoltaica y abaratarla. El desarrollo tecnológico futuro es un proceso que va de la evolución a la revolución, y las innovaciones que tienen éxito son las que se introducen en el mercado, y la mejor opción en este momento es utilizar directamente los paneles solares de silicio existentes con perovskita u otros materiales. En gran medida, mantendría el proceso de producción y el producto final existentes, maximizando así la aceptación y el reconocimiento del mercado.

En un estudio reciente, los investigadores de Oxford fotovoltaicas, en el Reino Unido, han adoptado un enfoque diferente, sugiriendo que el siguiente paso viable para la industria fotovoltaica son los paneles solares en tándem. En particular, destacaron el éxito de la empresa en la creación de un dispositivo comercial en tándem de perovskita/silicio con una eficiencia de conversión de energía del 29,52%, superando el límite superior teórico de los paneles solares de silicio cristalino (29,5%). (Network, 2020)

La combinación de perovskita y silicio puede dar buenos resultados. El equipo de la planta necesario para depositar la capa de perovskita es una fracción del coste de una célula solar de silicio, y los beneficios superan con creces esa fracción del coste. Los paneles solares más eficientes costarán menos por vatio. Y lo más importante es que, el producto final no se distinguirá de un panel solar de silicio, y será un producto que satisfaga tanto a los inversores como a los clientes.

La versatilidad de la nueva tecnología permite combinar la energía solar y los materiales de construcción de diversas maneras.

En las zonas urbanas densamente pobladas, el espacio en los tejados de los edificios para la instalación de paneles solares es limitado. Pero las ventanas de los rascacielos y las fachadas de los edificios pueden recibir mucha luz solar directa a lo largo del día. Si una parte de la luz solar puede convertirse en electricidad, esto puede compensar parte del consumo energético de los edificios. De lo contrario, el interior del edificio puede calentarse y la demanda de electricidad para hacer funcionar el aire acondicionado aumentará.

Científicos estadounidenses han fabricado una célula solar de perovskita translúcida con una eficiencia del 19,8% y una célula en tándem apilada sobre un dispositivo de hetero unión de silicio con una eficiencia del 28,3%. Al mismo tiempo, se puede bloquear el 85% del calor que pasa por la ventana. Como el nuevo material puede fabricarse en una gama de colores y transparencias, no limita la imaginación del arquitecto. En esta línea, el director de tecnología de Polar Light and Power declaró al 21st Century Business Herald: "construiremos una línea piloto este año y tendremos un producto el año que viene, nuestro producto de primera

generación es un módulo semitransparente destinado a BIPV para la integración de edificios fotovoltaicos y utilizado en muros cortina fotovoltaicos".

4. Conclusiones

Tras el estudio y análisis realizado en este Trabajo de Fin de Grado, hemos llegado a varias conclusiones, en base a los objetivos que se plantearon al inicio del mismo, y que pasamos a exponer a continuación:

- El objetivo de la descarbonización sólo puede alcanzarse aumentando significativamente la capacidad solar fotovoltaica en las próximas tres décadas.

Si el crecimiento de la energía solar en los países de todo el mundo, especialmente en los países en vías de desarrollo, empieza a ralentizarse como ha ocurrido en Europa, la descarbonización de la energía mundial será difícil de conseguir.

- La fotovoltaica es una tecnología clave para lograr el acceso total a la energía y cumplir los objetivos de desarrollo sostenible.

- El aumento de la inversión en energía solar fotovoltaica es esencial para acelerar el crecimiento de las instalaciones en las próximas décadas. Esta inversión estará muy influenciada por el descenso del coste de la tecnología.

- Gasto en la transición hacia las energías limpias deberá acelerarse aún más para cumplir los objetivos climáticos

- Para lograr el objetivo de situar la energía solar en el centro del futuro, es necesario innovar. La industria solar necesitará nuevas formas de atraer inversiones importantes para financiar el desarrollo continuo de la energía solar. Los países tendrán que rediseñar sus sistemas energéticos, empezando por sus redes eléctricas, para dar cabida a la generación solar fotovoltaica intermitente. Los científicos tendrán que desarrollar la próxima generación de tecnologías solares para que sean más fáciles de aprovechar

- Lograr una reducción de costes y un aumento de la eficiencia mediante avances tecnológicos se convertirá en la principal estrategia para competir en la industria de las células solares, y las empresas solares y las instituciones deberían aumentar su inversión en investigación y desarrollo tecnológico y acelerar la actualización tecnológica de la industria.

Bibliografía

- BloombergNEF. (2019, 6 18). *PV with cost-learning curve of 28 percent*. Retrieved from <https://bit.ly/30JN8HH>
- BloombergNEF. (2021). *PUBLIC MARKET FINANCING LIFTS RENEWABLE ENERGY INVESTMENT TO NEW FIRST-HALF YEAR RECORD IN 2021*. Retrieved from <https://bit.ly/3JbR4IO>
- Cao, E. (2021, 5 15). *La eficiencia de la conversión del óxido de calcio y titanio se acelera: ¿quién puede ganar en la carrera hacia el fondo?* Retrieved 10 2021, from <https://bit.ly/3IW6ScD>
- CERES. (2016, 01 27). *Mapping the Gap: The Road From Paris*. Retrieved from <https://bit.ly/3GCkuYO>
- DAS, S. (2021, 07 17). *Principales empresas de fabricación de obleas de silicio del mundo*. Retrieved from <https://bit.ly/3spX8kR>
- Dlouhy, J. A. (2021, 06 04). *How China Beat the U.S. to Become World's Undisputed Solar Champion*. Retrieved from <https://bloom.bg/33EFpMb>
- Donghao, V. d. (2020). Estrategia de inversión para la industria fotovoltaica. *Snowball*, 424.
- E3, R. (2021, 4 19). *El uso de energía solar crece en España un 30% respecto a 2019*. Retrieved from <https://bit.ly/3shOJQx>
- energía, R. d. (2020, 07 22). *Situación de la cadena de la industria fotovoltaica y previsión de análisis de precios*. Retrieved from <https://bit.ly/3J4CEUN>
- Energy, N. (2021, 07 19). *National growth dynamics of wind and solar power compared to the growth required for global climate targets*. Retrieved from <https://go.nature.com/3Jb57s0>
- Gates, B. (2019, 12 6). *Energy Innovation: Why We Need It and How to Get It*. Retrieved from <https://bit.ly/3mjOoJl>
- Gelonghui. (2021). Retrieved from www.gogudata.com

- GELONGHUI. (2021, 3 17). *Fotovoltaica, ¿nos vemos en la segunda mitad del año?*
Retrieved from <https://bit.ly/3mIDyST>
- Green, M. (2005). *Progress in photovoltaic research and applications*.
- HUTCHINS, M. (2018, 07 24). *El ranking de los 10 principales fabricantes de paneles fotovoltaicos*. Retrieved from <https://bit.ly/3Je1iCc>
- IEA. (2021, 06 02). *Global energy investments set to recover in 2021 but remain far from a net zero pathway*. Retrieved from <https://bit.ly/3H6iyrl>
- Institute, E. P. (2012, 04 05). *EPC Providers for East Europe*. Retrieved from <https://bit.ly/3J9a6JF>
- irena. (2019, 11). *Future of Solar Photovoltaic*. Retrieved from <https://bit.ly/3JeCV7C>
- Irena. (2019, 11). *FUTURE OF SOLAR PHOTOVOLTAIC* . Retrieved from <https://bit.ly/3pnfZLp>
- IRENA. (2019). *Institutional Capital: Closing the Energy Transformation Investment Gap*. Retrieved from <https://bit.ly/3pgjV0v>
- Jäger-Waldau, A. (2019, 02 26). *Snapshot of Photovoltaics—February 2019* . Retrieved from <https://bit.ly/3yPLAZb>
- Lema, R. (2015, 10). *4. Chinese sales of solar-PV cells: exports and domestic market (megawatt)* . Retrieved from <https://bit.ly/3EjqVhg>
- Liu, Y. (2016, 3 10). *Developing Trends in China's Solar PV Industry for 2016*. Retrieved from <https://bit.ly/3mlcaVc>
- Lu, Z. (2021, 09 16). *Panorama de la industria china de células solares en 2021*. Retrieved from <https://bit.ly/3qzj7o7>
- Magazine, P. (2020). *PV Magazine*.
- MÁRTIL, I. (2019, 11 25). *Rendimiento-tecnologías-de-células-solares*. Retrieved from <https://bit.ly/3yMKkGo>

- MATEOS, N. (2021, 9 29). *El precio de la luz imparable: marcará este jueves un nuevo máximo histórico diario de 221 €/MWh*. Retrieved from <https://bit.ly/3GY47FF>
- Network, R. p. (2020, 12 22). *Oxford PV anuncia una eficiencia del 29,52% para las células en tándem de calcogenuro/silicio*. Retrieved from <https://bit.ly/3EbWzh>
- QIFENGTUUYUN. (2020). *El gran ganador de la revolución energética: el ritmo de inversión de la fotovoltaica*. *Revista Snowball*, 113.
- Quiroga, V. D. (2016, 6 1). *Chile Has So Much Solar Energy It's Giving It Away for Free*. Retrieved from <https://bloom.bg/3sjwJVl>
- reve. (2014, 07 08). *China's Photovoltaic Production to Double by 2017*. Retrieved from <https://bit.ly/3piLt5C>
- reve. (2014, 07 08). *China's Photovoltaic Production to Double by 2017*. Retrieved from <https://bit.ly/3piLt5C>
- reve. (2020, 7 29). *The cost of Concentrated Solar Power fell by 47% between 2010 and 2019*. Retrieved from <https://bit.ly/3EcVEwC>
- S.Blakewell. (2011, 11 16). *Chinese Renewable Companies Slow to Tap\$47 Billion Credit*. Retrieved from <https://bloom.bg/3Fgl3Wj>
- SEIA. (2015, 04 27). *Cost Trends in the US*. Retrieved from <https://bit.ly/3edy4oR>
- SEMI, IEA, & REN21. (2013). *Chinas cumulative installed capacity of solar PV as percentage of the world's total during 2005–2012*. Retrieved from <https://bit.ly/3yVuYj2>
- Sivaram, V. (2020). *Doma el sol*.
- Sivaram, V. (2020). *Taming the sun: Innovations to Harness solar energy and power the planet*.
- SOLARGIS. (2019). *Mapas de recursos solares de World*. Retrieved from <https://bit.ly/3FgcrA3>

SOLVAY. (2021, 7 22). *Despliegue temprano de energía limpia para crear un futuro más verde con la industria*. Retrieved from <https://bit.ly/3e9suUz>

Steinfeld, J. D. (2013). *A Duel in the Sun: The Solar Photovoltaics Technology Conflict Between China and the United States*. Retrieved from <https://bit.ly/3spKu5k>

Sureste, E.-S. d. (2016, 09 09). *Diferencias entre instalación solar fotovoltaica aislada y de autoconsumo*. Retrieved from <https://bit.ly/3mkdAPN>

Taiyang. (2021).

technology, P. (2020, 02 06). *The world's biggest solar photovoltaic cell manufacturers*. Retrieved from <https://bit.ly/3J4OJcB>

Thalman, E. (2016, 12 21). *What German Households Pay for Power*. Retrieved from <https://bit.ly/33AcBV2>

Tostado, G. (2021, 9 17). *Cómo España está cerrando su industria del carbón para cambiar a las energías renovables*. Retrieved from <https://bit.ly/33E313v>

Xi, J. (2021, 4 22). *Una vez retrasada en la licitación de campo, State Grid gana finalmente este proyecto de transmisión brasileño*. Retrieved from <https://bit.ly/3mjGP5j>