



Mesa de Reglamento de Potencia



22 Octubre 2020

Contenidos



1. Asociación ACSP.
2. Estado de Situación del SEN.
3. Atributos y Prestaciones de la Tecnología CSP.
4. Proyecto CSP (Sener) – Tecnología de Torre.
5. Proyecto CSP (Abengoa) – Tecnología de Cilindro Parabólico.
6. Resumen y Comentarios.

Nuestra Asociación



La **Asociación de Concentración Solar de Potencia (ACSP)**, nace el 18 de octubre de 2018, con 4 socios fundadores.



El objetivo principal de nuestra Asociación es promover el desarrollo de la industria de Concentración Solar de Potencia (CSP) y Concentración Solar Térmica (CST), para impulsar una matriz energética flexible, limpia, gestionable, económica y segura para Chile.

Socios Actuales ACSP → Cadena de Valor de Industria CSP



USA / CHILE



ESPAÑA / CHINA



ESPAÑA / CHILE



ALEMANIA / CHILE



ESPAÑA/CHILE



BÉLGICA



CHILE



ESPAÑA/CHILE



ALEMANIA



BÉLGICA / CHILE



ESPAÑA



CHINA



USA

Estado de Situación del SEN

- La creciente implementación de ERV ha permitido tornar más sustentable nuestra matriz eléctrica.
- Sin embargo, con el incremento de generación variable y asíncrona, se hace necesaria la complementación de generación estable y síncrona, para mantener la estabilidad en el SEN.
- Esta necesidad de estabilidad y sincronismo en la matriz eléctrica se intensifica cada vez más, debido especialmente a:
 - El plan de descarbonización actualmente en curso.
 - La tendencia hacia hidrologías más secas.
- Dada esta compleja situación, para la expansión del SEN en el mediano y largo plazo deben establecerse las señales regulatorias y económicas que permitan dotar a la matriz de tecnologías que proporcionen:
 - Disponibilidad de despacho durante el día.
 - Disponibilidad de despacho durante las horas peak.
 - Disponibilidad de despacho durante la noche.
 - Despacho económico (bajo costo variable).
 - Disponibilidad de almacenamiento energético.
 - Contribución en la reducción de GEI y gases contaminantes locales.
 - Eficiente arranque a plena capacidad.
 - Suficiencia y continuidad de suministro.
 - Contribución de inercia.
 - Contribución de reserva en giro.
 - Contribución en control de frecuencia.
 - Contribución en control de tensión.

¿Que es la Concentración Solar de Potencia (CSP)?



- Es una tecnología que concentra y almacena energía solar en forma de calor, para posteriormente generar electricidad cuando sea requerido a partir de dicho calor.
- Principales características de la CSP:
 - Es una tecnología de **generación síncrona**, y a su vez también es una tecnología de **almacenamiento energético** → **CSP proporciona estabilidad y flexibilidad a la matriz eléctrica.**
 - La capacidad de almacenamiento puede ser de **larga duración, de reposición diaria, e independiente del precio spot de la red** → **CSP puede arbitrar energía más eficientemente.**
 - Genera electricidad desde un ciclo de potencia con vapor, a partir del almacenamiento solar térmico → **CSP es una tecnología termoeléctrica que no utiliza combustibles fósiles.**
 - La generación eléctrica es estable, dependiente de su diseño, e independiente de la variabilidad del recurso solar → **CSP es Energía Renovable Continua.**
 - Es un excelente **complemento a las Energías Renovables Variables** (fotovoltaica y eólica) para un suministro eléctrico estable, seguro, sustentable y económico.
 - En el Desierto de Atacama se cuenta con el **mayor recurso solar del mundo** para la tecnología CSP/CST.

¿Que No es la CSP?

- No es ERV, pero sí se complementa con estas tecnologías.
- Su almacenamiento no sigue la lógica de un embalse:
 - El almacenamiento térmico es de reposición diaria.
 - En términos generales, la idea es consumir todo el almacenamiento térmico para dejar disponible la capacidad de almacenamiento en el día siguiente.
 - La variabilidad del recurso solar es mucho más predecible que el recurso hídrico.
- El almacenamiento térmico de CSP no compite con el almacenamiento electroquímico (BESS):
 - Las BESS tienen aplicaciones fundamentalmente para periodos cortos, ejerciendo por ejemplo una buena labor en el control de frecuencia.
 - El almacenamiento térmico tiene su nicho principal en aplicaciones de larga duración, sobre 2 horas, y hasta 24 horas, aunque también puede utilizarse en periodos más cortos.

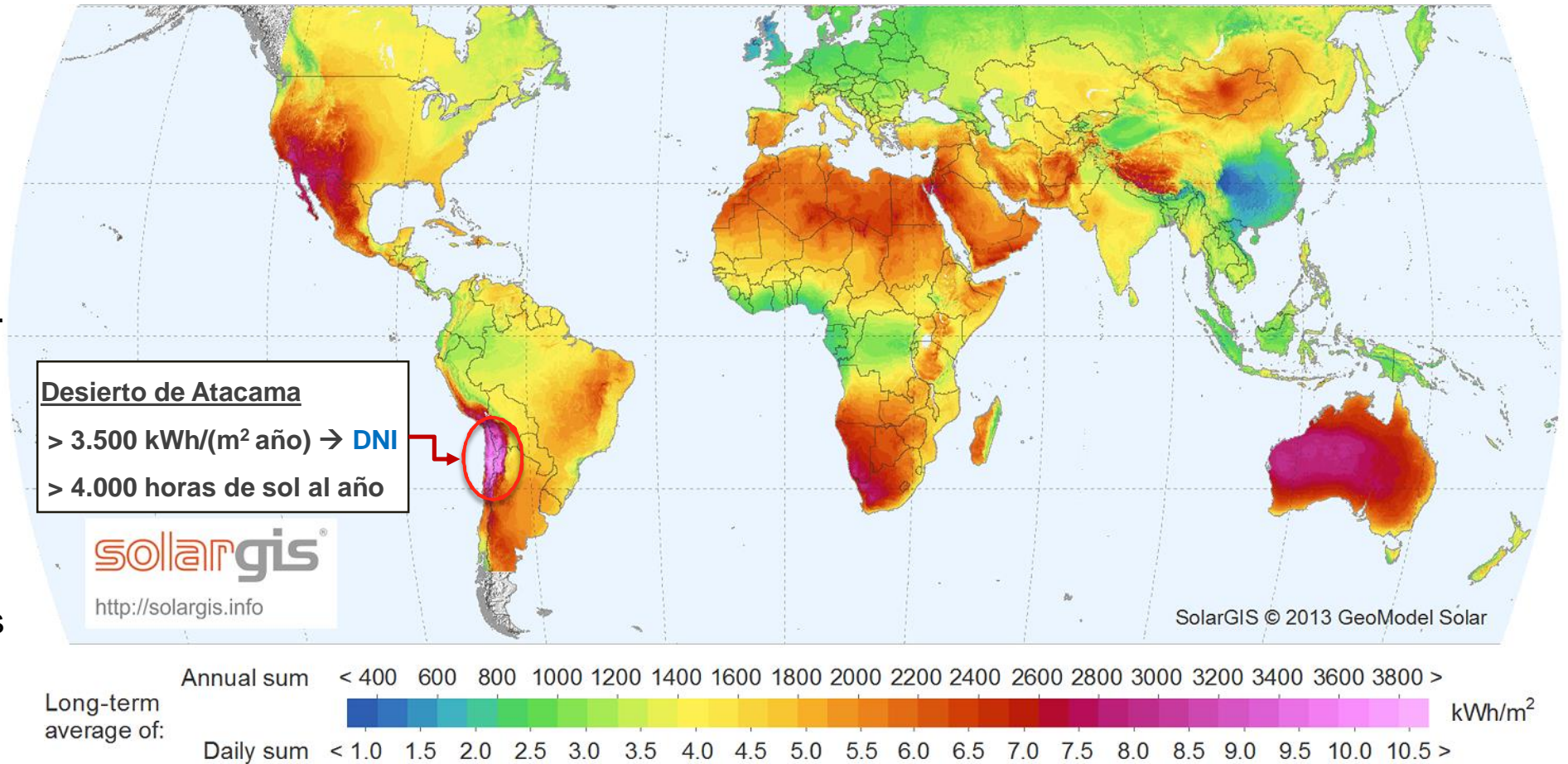
- Con el fin de representar y reconocer adecuadamente las prestaciones y atributos de la tecnología CSP, ésta no debe conceptuarse bajo una lógica hidrotérmica, ni bajo el concepto de ERV. Asimismo, el almacenamiento térmico no opera bajo el esquema que hay que retirar energía de la red eléctrica para almacenar.
- Se requieren establecer criterios y esquemas de reconocimiento para la tecnología CSP.

Potencial de CSP en el Mundo

Chile posee condiciones privilegiadas

Mapa de Irradiancia Normal Directa (DNI)

- **DNI** es la componente del recurso solar que utiliza la tecnología CSP.
- Chile posee el mayor **DNI** del mundo en el Desierto de Atacama.
- Como orden de magnitud, en Chile el **DNI** es entre 15% y 75% mayor que en las restantes zonas del mundo donde se desarrollan proyectos CSP.

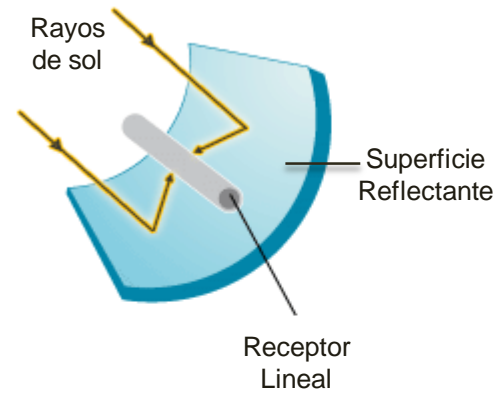


Procesos de Concentración Solar

Tecnologías de Concentración Lineal

Cilindro Parabólico

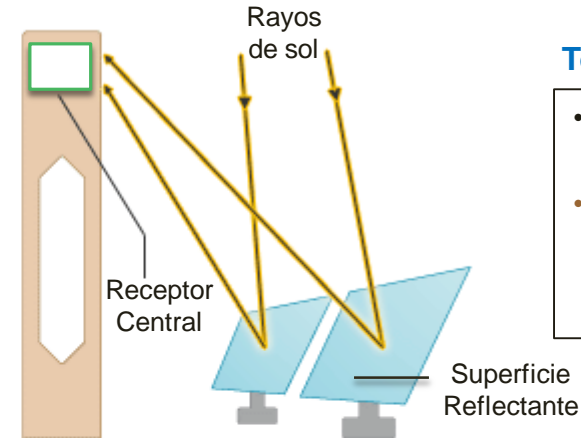
- En operación comercial.
- Actualmente con la mayor capacidad instalada en el mundo.



Tecnologías de Concentración Puntual

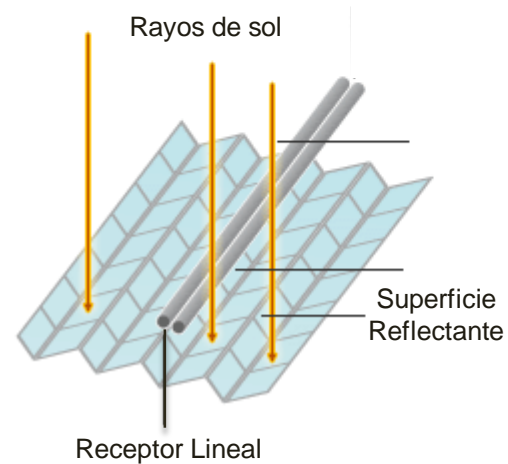
Torre

- En operación comercial.
- **Mayor tasa de crecimiento de capacidad instalada.**



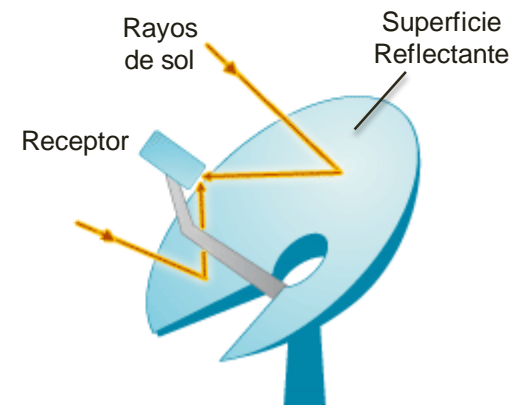
Colectores Lineales Fresnel

- En operación comercial.
- Existe escasa capacidad instalada.



Disco Stirling

- Tecnología aún en desarrollo.
- Actualmente existen sólo prototipos.



Principales Componentes de Plantas CSP

➤ Campo Heliostático & Torre & Receptor.

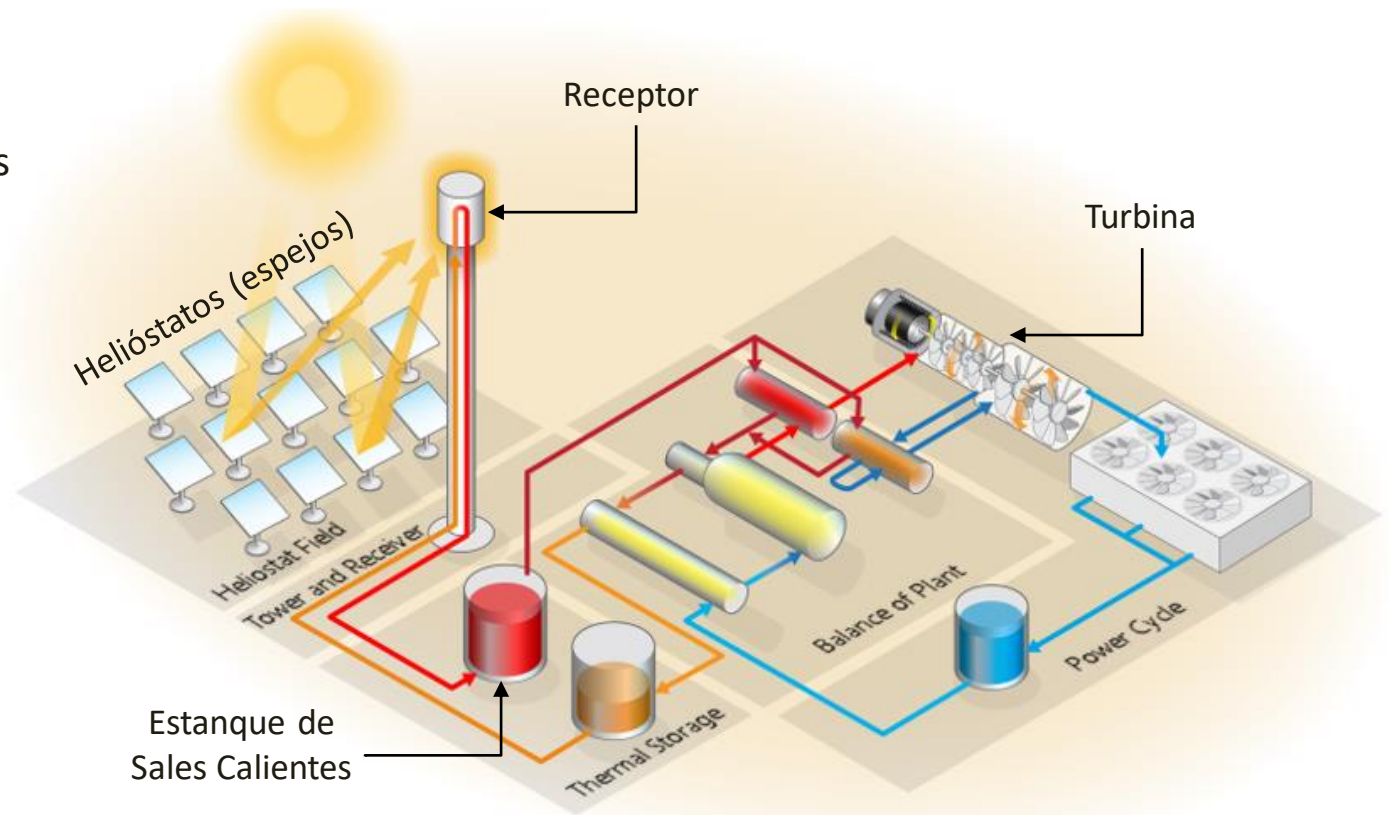
Provee un flujo de energía térmica, dependiente del recurso solar y del tamaño del campo heliostático (espejos). La energía térmica es concentrada en sales fundidas (**Fluido Caloportador**).

➤ Fluido Caloportador.

Es direccionado desde el receptor al estanque de sales calientes (*Thermal Storage*), desde donde es posible proveer un suministro estable de energía térmica hacia el **Bloque de Vapor & Potencia**.

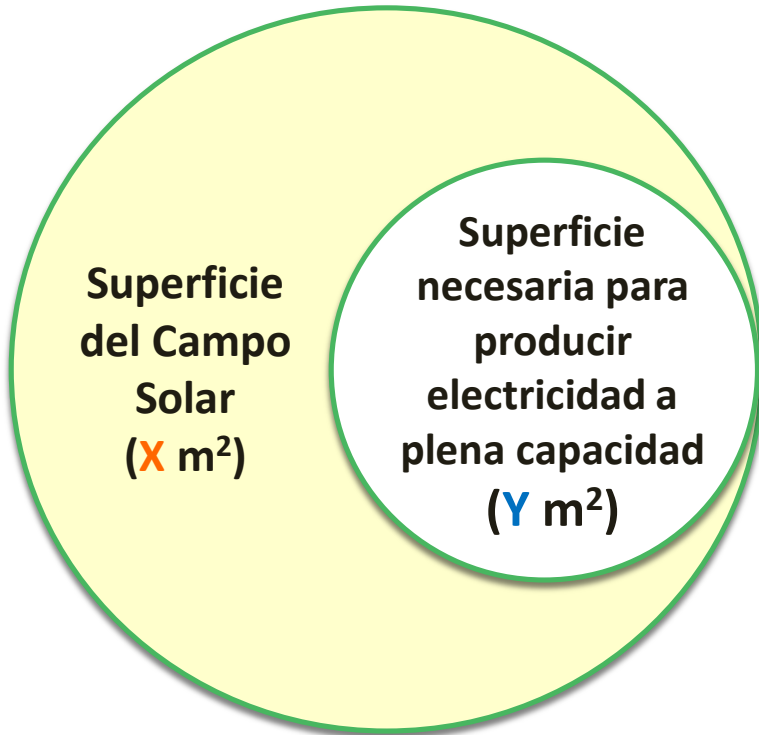
➤ Bloque de Vapor & Potencia.

Mediante los intercambiadores de calor (*Balance of Plant*), se transfiere energía térmica hacia la turbina dependiendo de la demanda eléctrica en la red y de la capacidad del almacenamiento térmico.



Fuente: System Advisor Model (SAM). National Renewable Energy Laboratory (NREL).
Department of Energy. USA.

Configuración de Planta – Múltiplo Solar

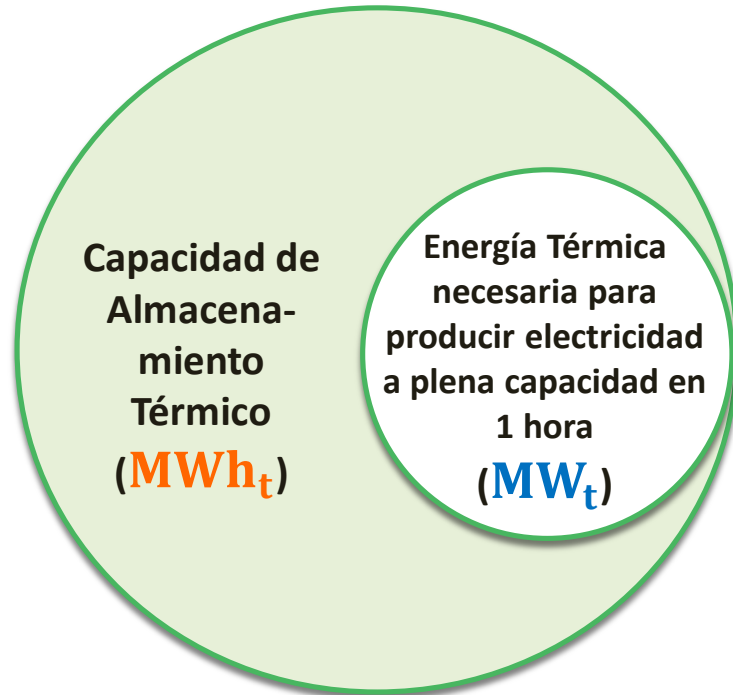


El **Múltiplo Solar** define la relación de la Capacidad de Captura Térmica del campo solar (MW_t), con respecto a la Potencia Térmica de la turbina en el Bloque de Potencia (MW_t).

$$\text{Múltiplo Solar} = \frac{X \text{ m}^2}{Y \text{ m}^2}$$

$$\text{Múltiplo Solar (SM)} = \frac{\text{Capacidad de Captura Térmica [MW}_t\text{]}}{\text{Potencia Térmica de Turbina [MW}_t\text{]}}$$

Configuración de Planta – Horas de Almacenamiento



- La **Capacidad de Almacenamiento Térmico** representa la capacidad del estanque de sales fundidas calientes.
- Esta **Capacidad de Almacenamiento** determinará la cantidad de horas que el Bloque de Potencia puede producir electricidad a plena capacidad, **independientemente del Campo Solar**.

$$\text{Horas de Almacenamiento (TES)} = \frac{MWh_t}{MW_t}$$

$$TES = \frac{\text{Capacidad de Almacenamiento Térmico [MWh}_t\text{]}}{\text{Energía Térmica necesaria para producir electricidad a plena capac. en 1 hora [MW}_t\text{]}}$$

TES: Thermal Energy Storage (horas).

Múltiplo Solar (SM) & Horas de Almacenamiento (TES)

- La **Capacidad de Captura Térmica** [MWt] puede ser utilizada para producir electricidad [MWe]:
- Sólo durante las horas peak.
 - Sólo durante la noche.
 - Durante las horas peak y la noche.
 - Durante las 24 horas.
 - Durante cualquier combinación horaria.

Dependiendo de la configuración "SM/TES" de cada planta CSP en particular, en función del perfil de demanda a suministrar (PPA).

TES (horas)	Múltiplo Solar (SM)						
	0,7	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	3,0
6	■	■	■	■	■		
9				■	■	■	
12						■	
15						■	■
18							■

Fuente: Elaboración propia, basada en "Comparing the Net Cost of CSP-TES to PV Deployed with Battery Storage" (Jennie Jorgenson, Mark Mehos, and Paul Denholm, NREL).

Diseños de Proyectos CSP – Configuraciones de Planta

Diseño de Configuración de Planta CSP Tecnología de Torre	Cerro Dominador (Chile)	NOOR III (Marruecos)
Potencia bruta [MWe]	110	150
Potencia térmica de turbina [MWt]	~ 268	~ 366
Potencia térmica del Campo Solar [MWt]	~ 805	~ 660
Múltiplo Solar (SM)	~ 3,0	~ 1,8
Almacenamiento de energía térmica [horas] (TES)	17,5	7,5
Cantidad de helióstatos	10.600	7.400
Superficie Helióstato [m ²]	140	178
Superficie reflectante [m ²]	~ 1.484.000	~ 1.317.000
Irradiancia Normal Directa (DNI) [kWh/(m² año)]	~ 3.700	~ 2.500

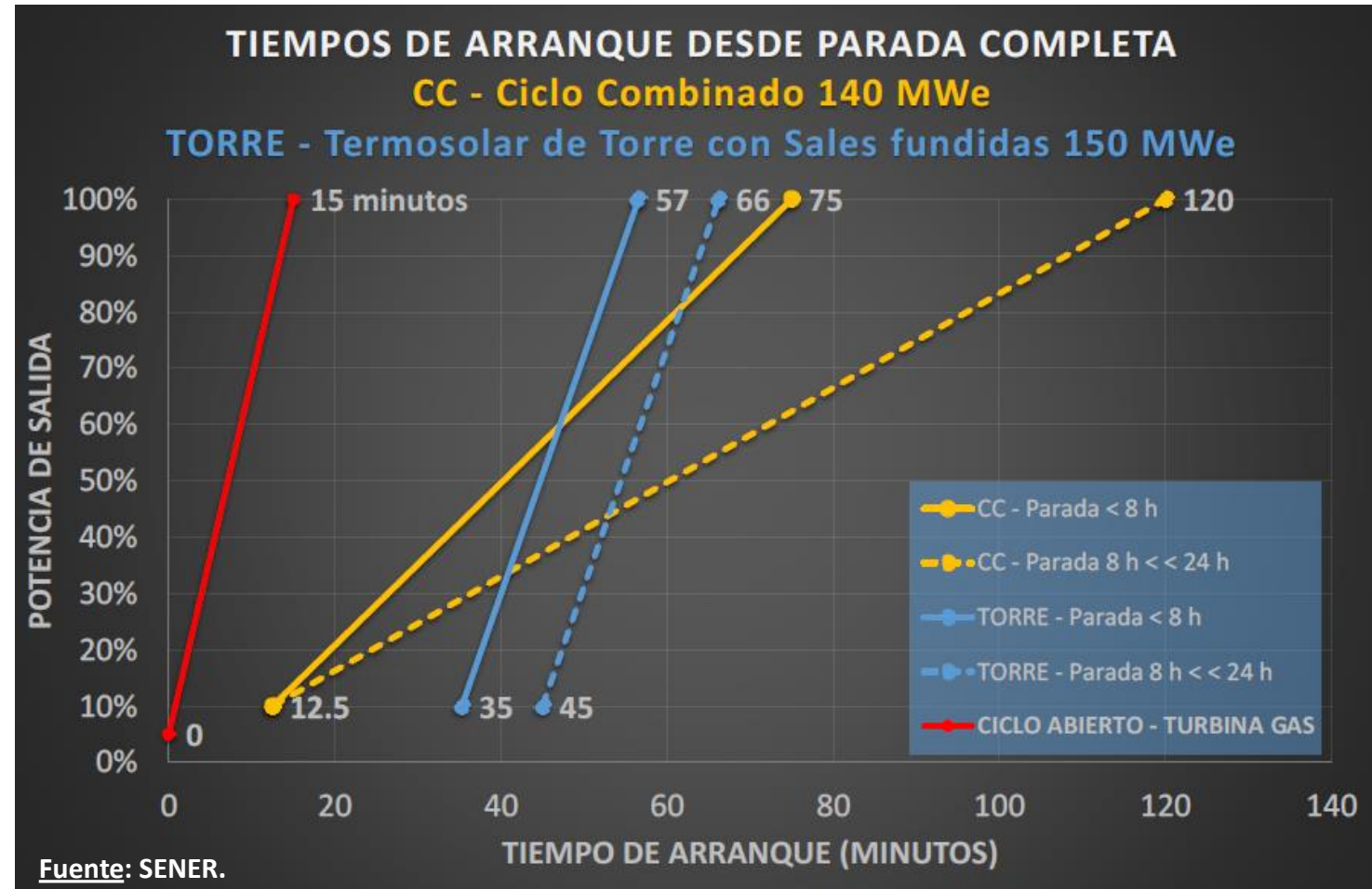
Fuente: NREL, SENER Molten Salt Tower Technology (Ouarzazate NOOR III case) y elaboración propia.

- **CSP es una tecnología "speciality", diseñada de acuerdo al perfil de carga requerido.**
- **CSP representa "varias tecnologías".**

Tiempos de Arranque a Plena Capacidad

CSP de Torre & Ciclo Combinado (Fuente: SENER)

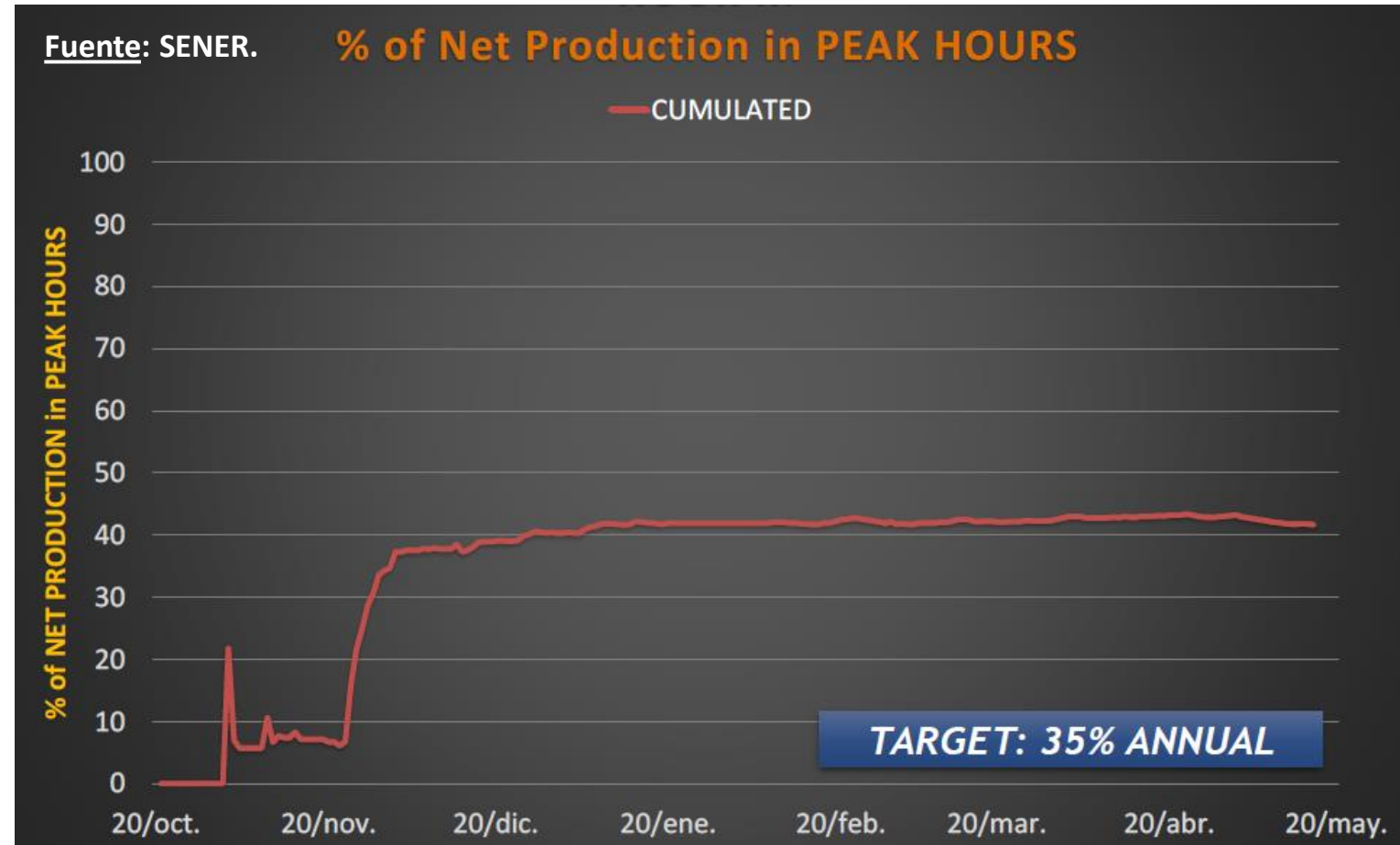
- En la división SENER Energy se desarrollan proyectos de diversas tecnologías, tales como:
 - CSP (torre y cilindro).
 - Ciclo combinado.
 - Ciclo abierto.
 - Infraestructura para suministro de GN.
 - Otras.
- En virtud de esto, SENER cuenta con la experiencia para comparar efectivamente los tiempos de arranque de tecnologías que desarrolla.



Proyecto CSP (Sener)

Tecnología de Torre

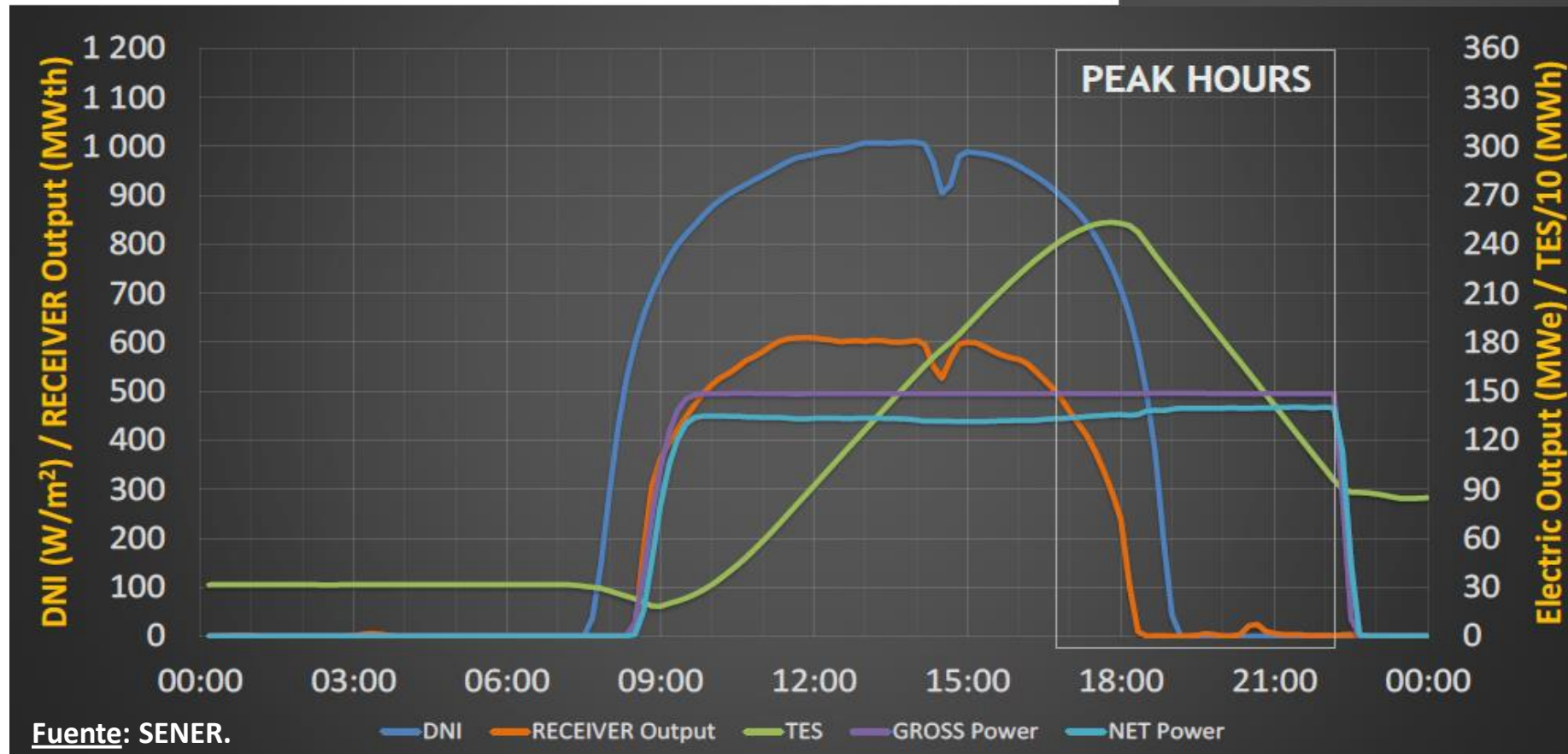
- Objetivo → Destinar al menos un 35% de la generación para suministrar en horas peak.
- Horas peak: 17:00 a 22:00 horas.
- Proyecto: Planta CSP de torre con sales fundidas.
- Potencia bruta → 150 MWe más TES.



Proyecto CSP (Sener) Tecnología de Torre

Día con recurso solar estable

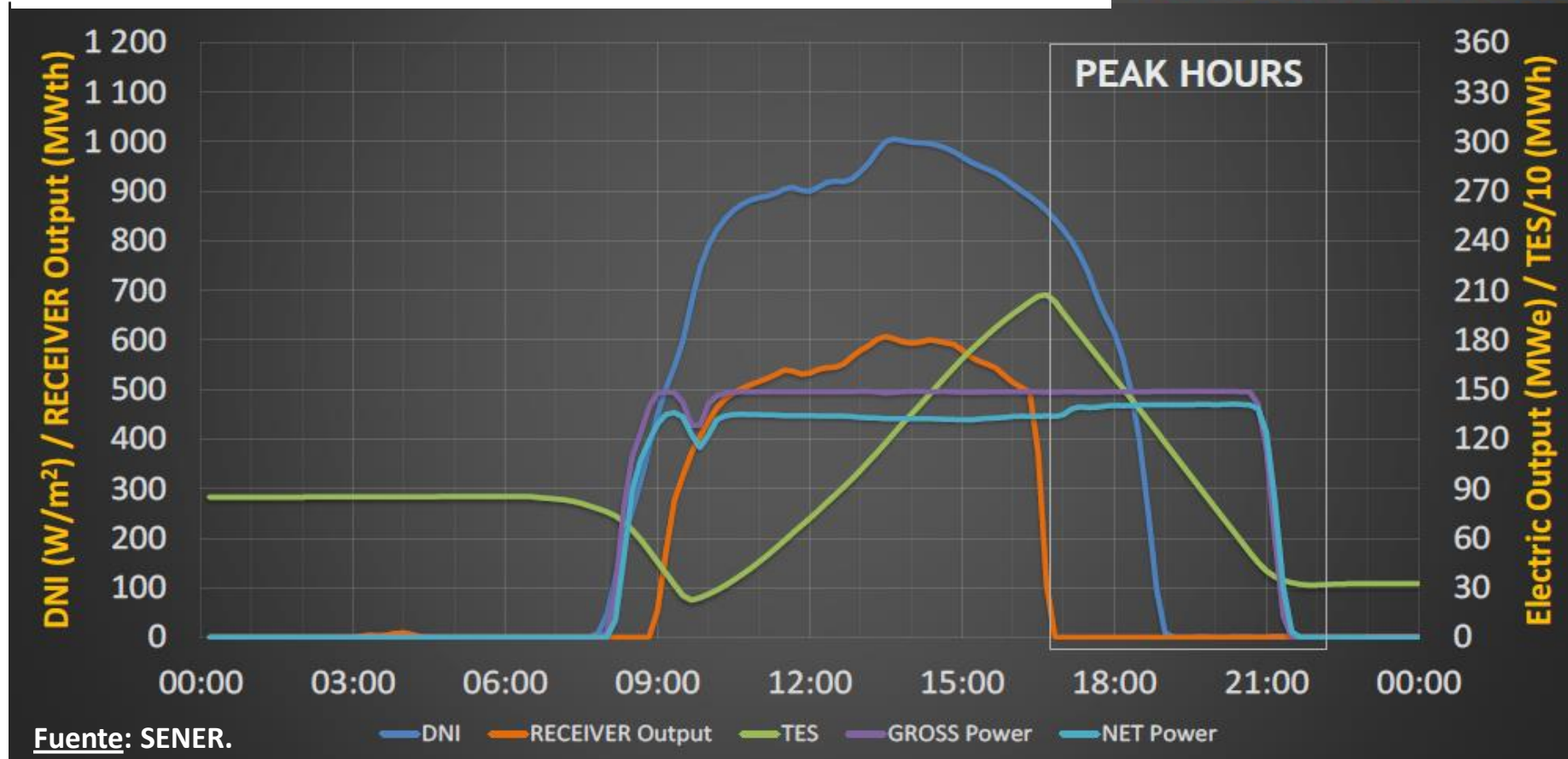
17 October 2018



Proyecto CSP (Sener) Tecnología de Torre

Día con recurso solar estable de menor intensidad

18 October 2018



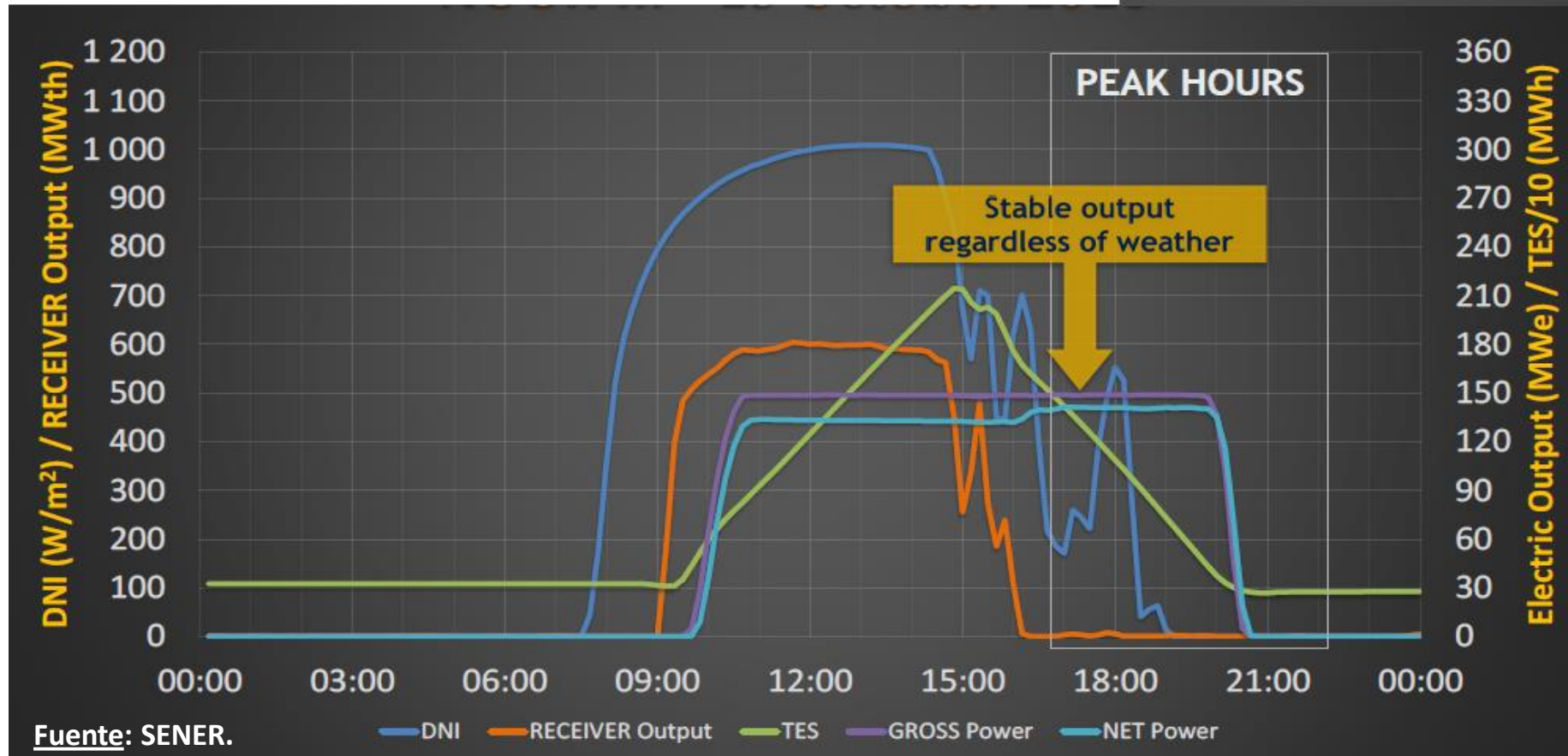
Fuente: SENER.

Proyecto CSP (Sener)

Tecnología de Torre

Día con recurso solar inestable desde las 14:30 horas

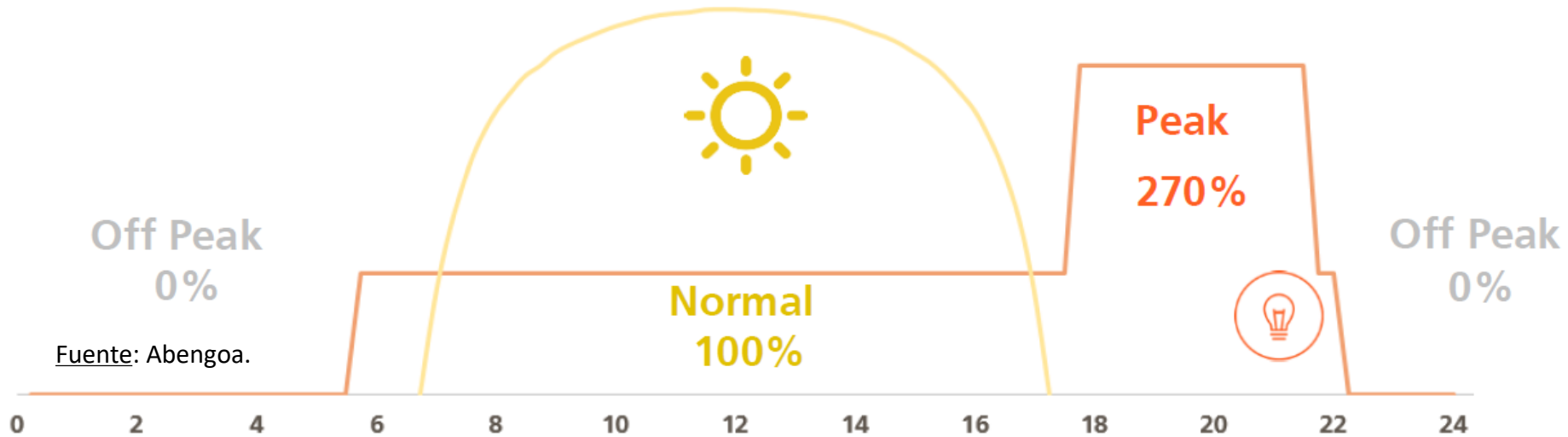
19 October 2018



Proyecto CSP (Abengoa)

Tecnología de Cilindro Parabólico

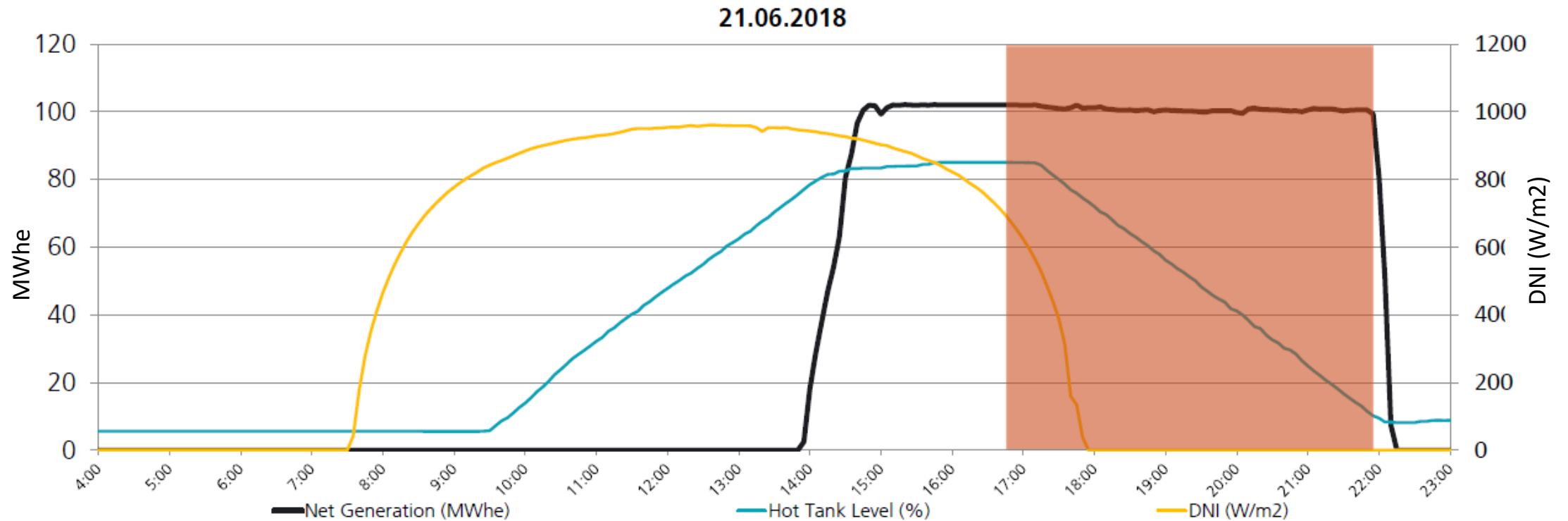
- Objetivo → Priorizar la generación para suministrar en periodo de punta.
- Horas de punta → 17:00 a 22:00 horas.



- Proyecto → Planta CSP de cilindro parabólico, con aceite térmico y sales fundidas.
- Potencia neta → 100 MWe.
- Almacenamiento → 5,5 horas.

Proyecto CSP (Abengoa) Tecnología de Cilindro Parabólico

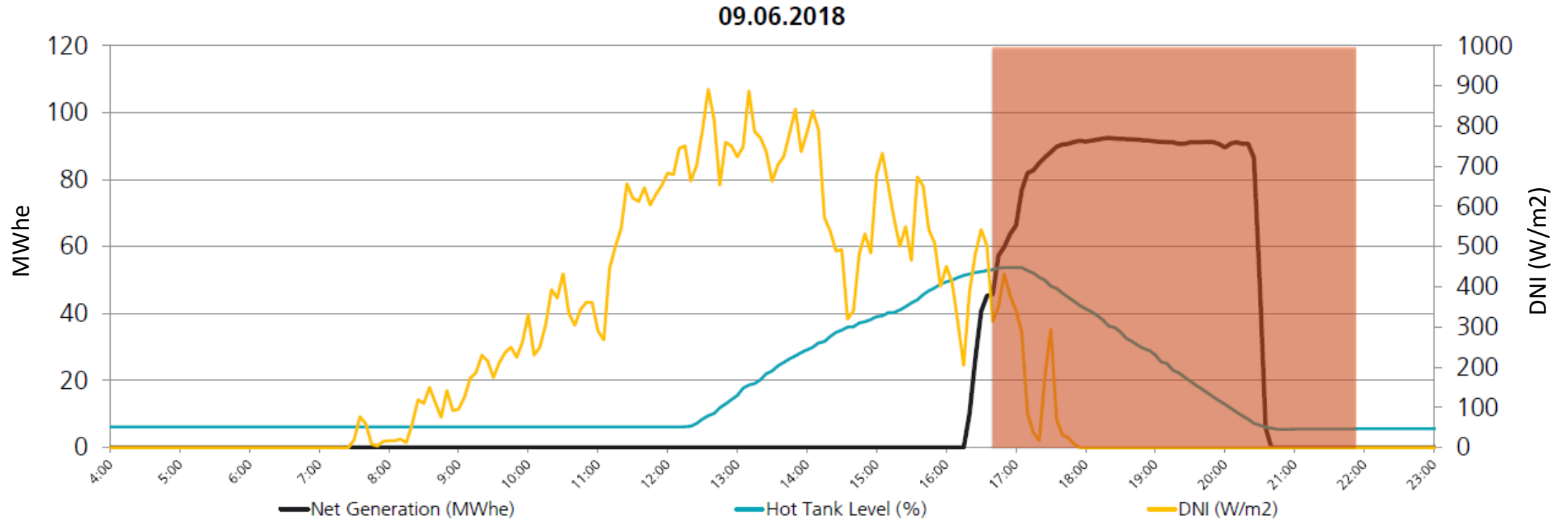
Día de invierno despejado



Fuente: Abengoa.

Proyecto CSP (Abengoa) Tecnología de Cilindro Parabólico

Día de invierno con recurso solar limitado e inestable

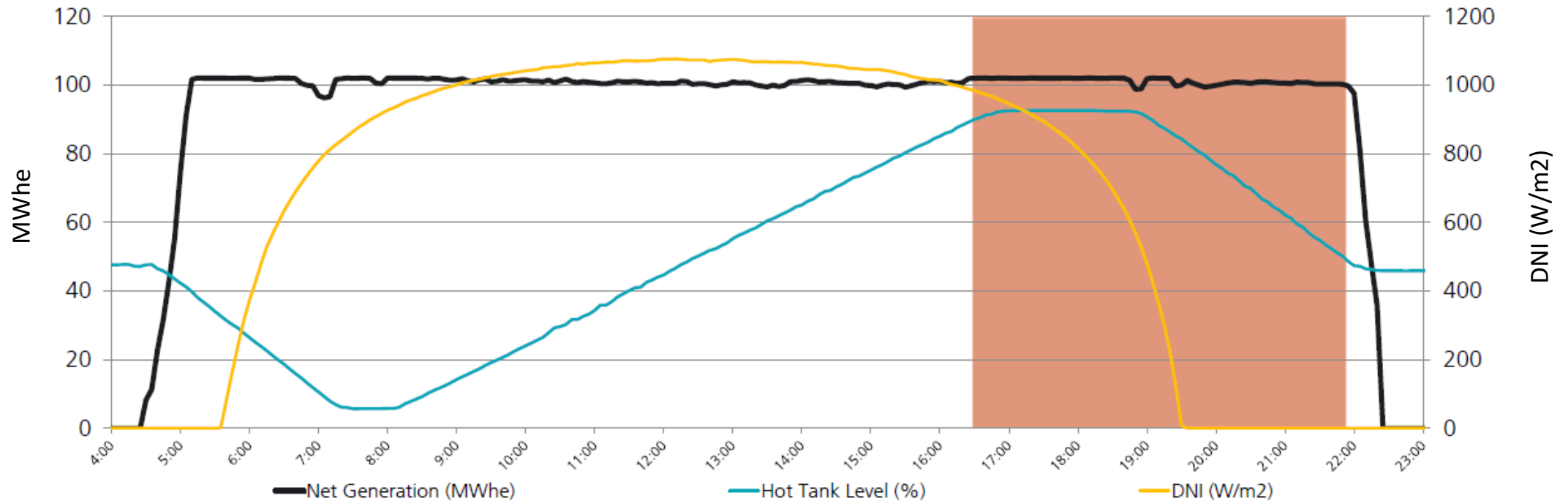


Fuente: Abengoa.

Proyecto CSP (Abengoa) Tecnología de Cilindro Parabólico

Día de verano despejado

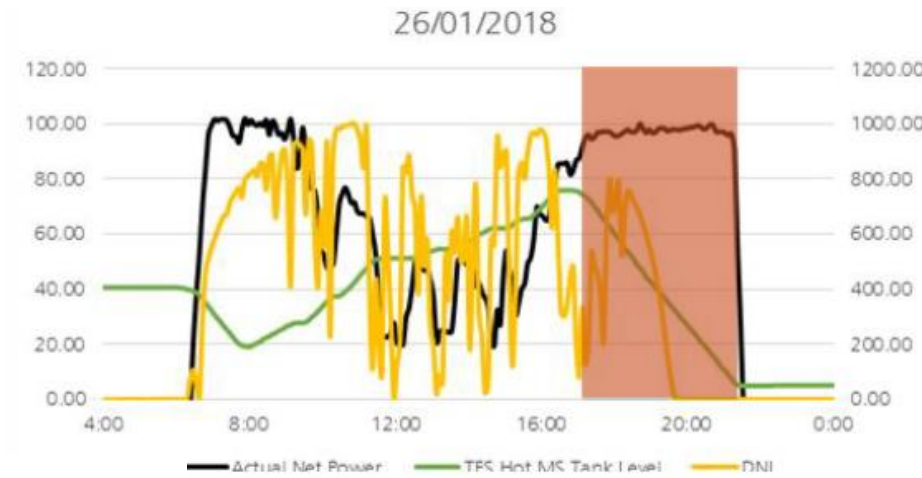
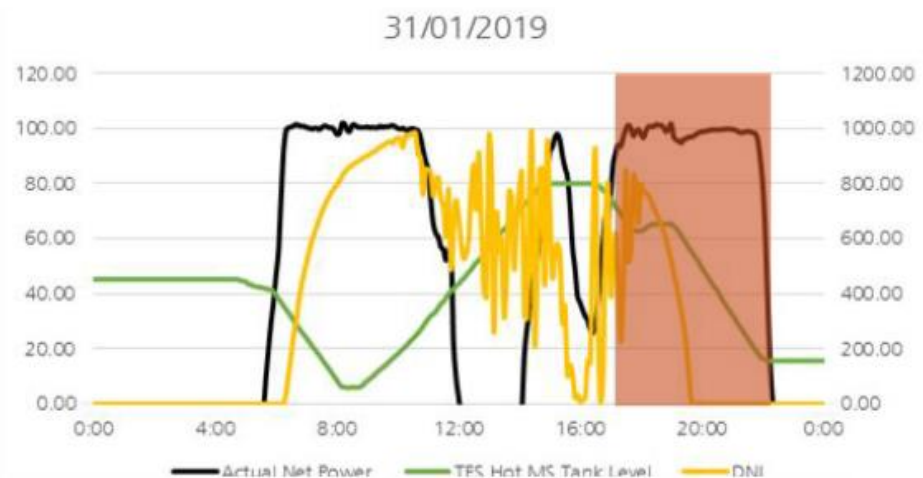
10.12.2018



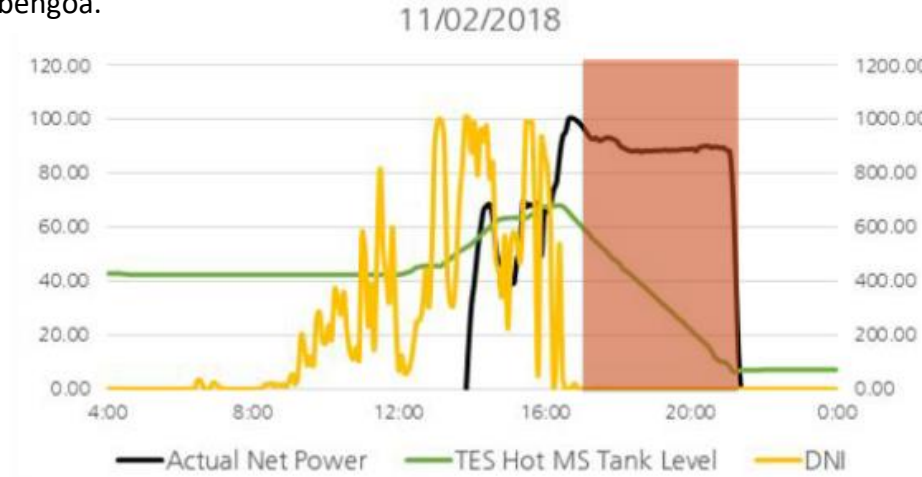
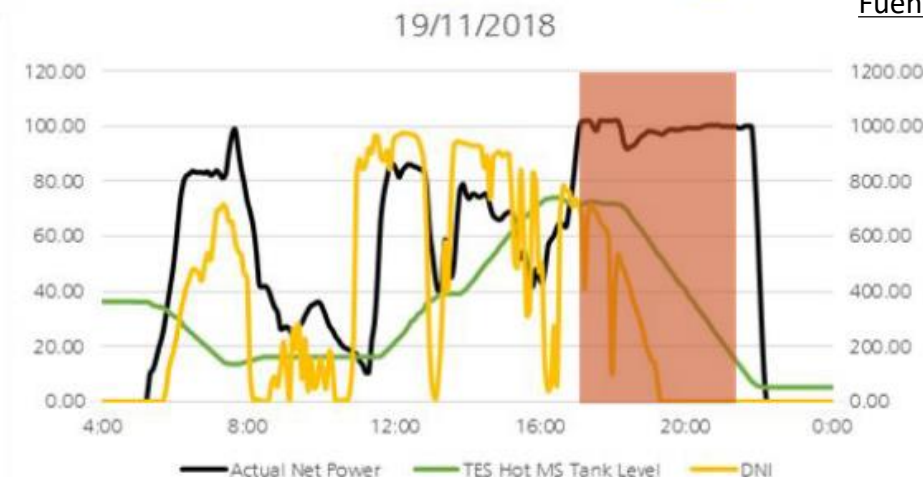
Fuente: Abengoa.

Proyecto CSP (Abengoa) Tecnología de Cilindro Parabólico

Días de verano con recurso solar inestable

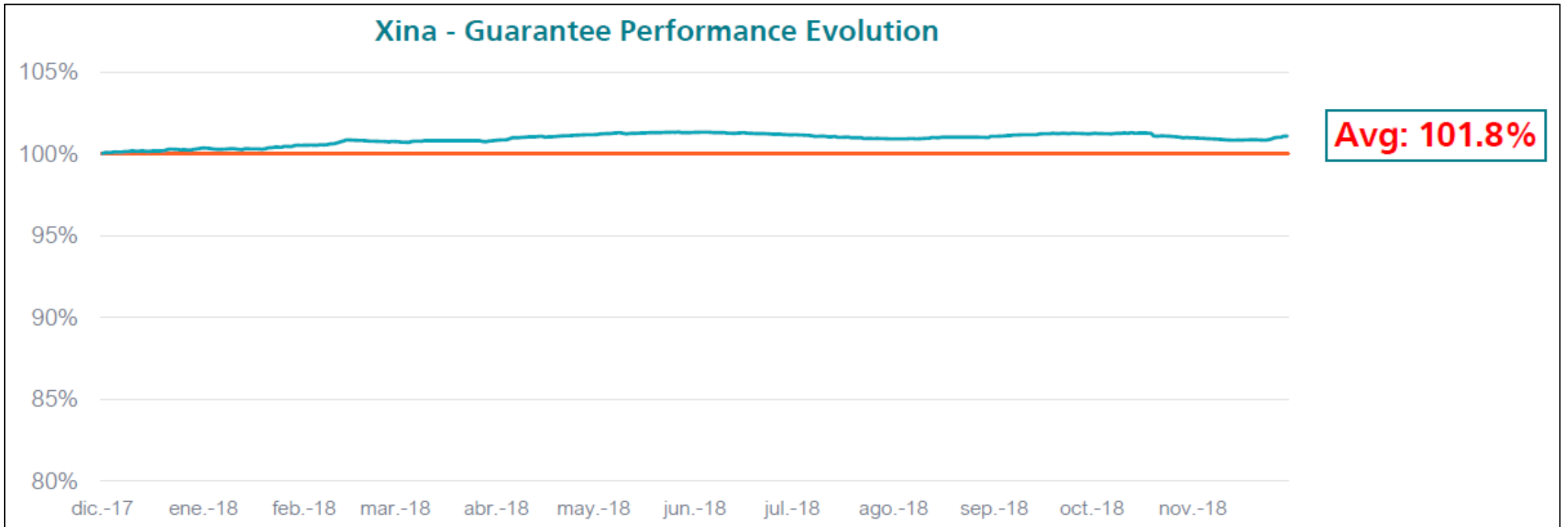


Fuente: Abengoa.



Proyecto CSP (Abengoa) Tecnología de Cilindro Parabólico

Hito requerido de performance → 12 meses de operación sobre 100% de generación esperada de acuerdo al diseño de planta



Fuente: Abengoa.

Proyecto CSP (Abengoa)

Tecnología de Cilindro Parabólico

Resultados del proyecto, año 2019 (Fuente: Abengoa).

- Días de operación de Planta: **347 días** (95% de disponibilidad).
- Cobertura anual de horas peak: **91,09%**.
- DNI acumulada: 3100 kWh/m².

Consideraciones.

- Estos resultados son conservadores, dado que las condiciones ambientales en Chile son más favorables que en Sudáfrica, tanto en recurso solar (DNI en Chile es entre 15% a 20% superior), como en la distribución de días nublados. Esto permitiría aumentar el número de horas de operación en Chile, por tanto, la capacidad de asegurar la operación en la franja de horas peak.
- La planta Xina Solar One cuenta con sólo 5,5 horas de almacenamiento, diseñada para suministrar fundamentalmente en horas peak. Cerro Dominador, con 17,5 horas, tendría una cobertura completa para los periodos peak.
- Xina Solar One opera con 2 fluidos caloportadores (aceite y sales) existiendo pérdidas por transferencia de calor entre ellos. Cerro Dominador cuenta con sólo sales, evitando dichas pérdidas de calor.
- La concentración puntual de la torre (Cerro Dominador) es más eficiente que la concentración lineal de los cilindros (Xina Solar One).

Resumen y Comentarios

Características, Atributos y Prestaciones de la Tecnología CSP

- Es una tecnología de generación y también una tecnología de almacenamiento.
- Es proceso termoeléctrico sustentable de despacho económico que complementa a las ERV.
- La generación síncrona y la capacidad de modular su perfil de generación permiten que la CSP proporcione estabilidad, suficiencia y flexibilidad al SEN.
- Dependiendo de su diseño, la CSP puede ejercer un rol desde instalación “Peaker” hasta “Base Load”, según se requiera, con rampas iguales o mejores que los procesos termoeléctricos que usan combustibles fósiles.
- El almacenamiento térmico, de reposición diaria, tiene aplicaciones en diferentes periodos de tiempo, principalmente de media y larga duración, complementando las BESS.

- Dada sus particulares características, la CSP requiere de criterios y metodologías que permitan capturar efectivamente todo el valor que esta tecnología puede aportar al SEN.
- Las prestaciones de la CSP habilitan a esta tecnología a participar en los Mercados de Energía, Potencia de Suficiencia, SSCC, y en un futuro Mercado de Flexibilidad.



Mesa de Reglamento de Potencia



22 Octubre 2020