



Indicadores de rendimiento en plantas FV. Reporting y documentación. Distribución de costes de O&M. Elaboración de contratos de O&M



NAMA Facility



Por encargo de:



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza,
Obras Públicas y Seguridad Nuclear



Dipl. Ing. Asier Ukar



Agenda

1. Indicadores de rendimiento en plantas FV
2. Informes de O&M
3. Distribución de costes de O&M
4. Elaboración de contratos de O&M

Performance Ratio (PR)

- El Performance Ratio (PR) es un indicador cualitativo del rendimiento de la planta y debe ser monitoreado de manera continua.
- Se expresa en porcentaje e indica el efecto de las pérdidas del sistema en el generador FV.



Performance Ratio (PR)

- El PR se define de la siguiente manera de acuerdo a la IEC 61724:
- Cuanto mayor sea el PR, mayor es la eficiencia del sistema.

$$PR = \frac{E_{AC} * I_{STC}}{I_{rr} * P}$$

E_{AC} ... energía acumulada en el contador en un intervalo dado [kWh]

I_{rr} ... irradiación acumulada en el sensor en un intervalo dado [kWh/m²]

P ... potencia instalada en DC [kWp]

I_{STC} ...1,000 W/m²

- El PR de un sistema FV oscila típicamente entre un 75% y un 85% dependiendo del lugar y del tipo de sistema.



- La disponibilidad es el parámetro que representa el **tiempo en el que la planta está operando respecto al tiempo posible total** que es capaz de operar

- Solamente la **interrupción del flujo de corriente** en el generador o en una de sus partes, será considerado como una pérdida de disponibilidad

- Los valores de irradiación registrados **antes o después del tiempo de funcionamiento del inversor serán excluidos**

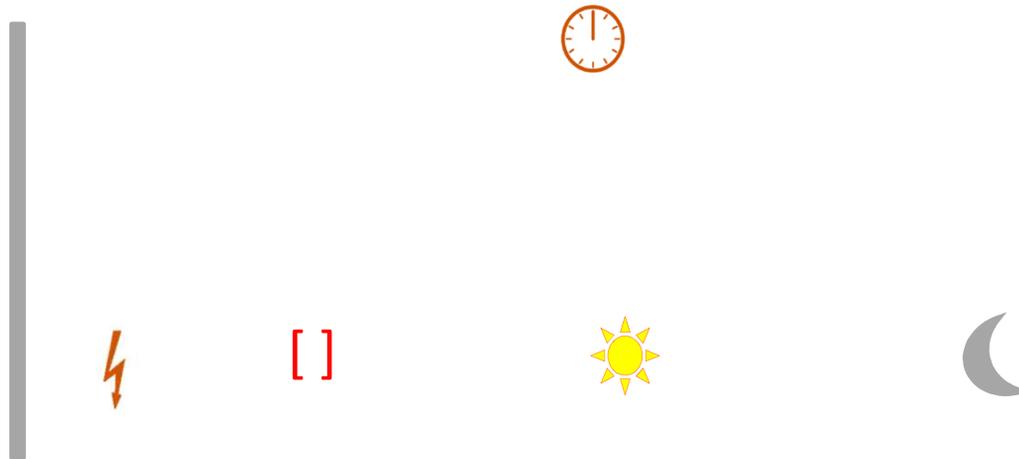
$$A [\%] = \frac{\sum T_{\text{útil}}}{\sum T_{\text{útil}} + \sum T_{\text{muerto}}} \times 100$$

$T_{\text{útil}}$ [h] = período de tiempo con irradiación por encima de MIT

T_{muerto} [h] = período de $T_{\text{útil}}$ cuando el sistema está inactivo (sin producción de energía)

T_{excluido} [h] = parte de T_{muerto} a ser excluido debido a la presencia de un factor de exclusión

- Siendo:



Tútil [h] = período de tiempo con irradiación por encima de MIT

Tmuerto [h] = período de Tútil cuando el sistema está inactivo (sin producción de energía)

Texcluido [h] = parte de tmuerto a ser excluido debido a la presencia de un factor de exclusión

Fuente: PI Berlin

- Los siguientes factores se excluyen del cálculo de la disponibilidad (sólo se mencionan algunos aspectos):
 - Fuerza mayor
 - Nieve y granizo
 - Daños debido a vandalismo
 - Desconexión o reducción de la generación de energía por parte del cliente o como resultado de una orden emitida al cliente por un tribunal o autoridad pública
 - Interrupción de operaciones por desconexiones de la red
 - Tiempos de inactividad debido a mantenimiento programado
 - Tiempos de inactividad debidos a la implementación de medidas para mejorar la instalación fotovoltaica

- Es recomendable que se especifiquen ambos valores en forma de garantías en el contrato de O&M, ya que generalmente la combinación de los dos parámetros asegura un sistema operativo eficiente y continuo.

$$\text{PR} + \text{DISPONIBILIDAD} = \text{SEGURIDAD}$$


Sólo disponibilidad

- En tales casos, puede suceder que la disponibilidad alcance valores óptimos de alrededor del 100% que representarían que la planta está funcionando en su máximo, pero en realidad, algunos fenómenos ocultos que afectan el PR siguen sin ser detectados.

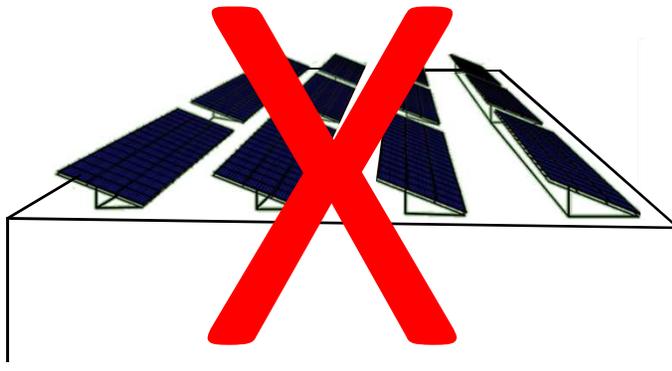
Sólo PR

- Podría darse el caso que la planta esté funcionando con un alto índice de rendimiento (tal vez mayor de lo esperado) y nadie se preocupa por la disponibilidad del sistema, debido a que los resultados "son lo suficientemente buenos". En caso de que la disponibilidad no esté alcanzando sus valores máximos, ¿por qué el dueño de la planta debería renunciar a esta brecha potencial de mejora?

- La disponibilidad basada en la energía toma en consideración que una hora en un período con alta irradiación es más valiosa que en un período de baja irradiación. Por lo tanto, se utiliza como base para el cálculo no el tiempo, sino la **energía** perdida:
- El desafío de este método es determinar con precisión el rendimiento perdido. Se pueden distinguir los siguientes dos casos :

Disponibilidad energética

- Fallo de todo el sistema: El rendimiento perdido se puede calcular a través del índice de rendimiento y la irradiación, de acuerdo con la siguiente fórmula:



$$E \text{ [kWh]} = PR \times H \times P$$

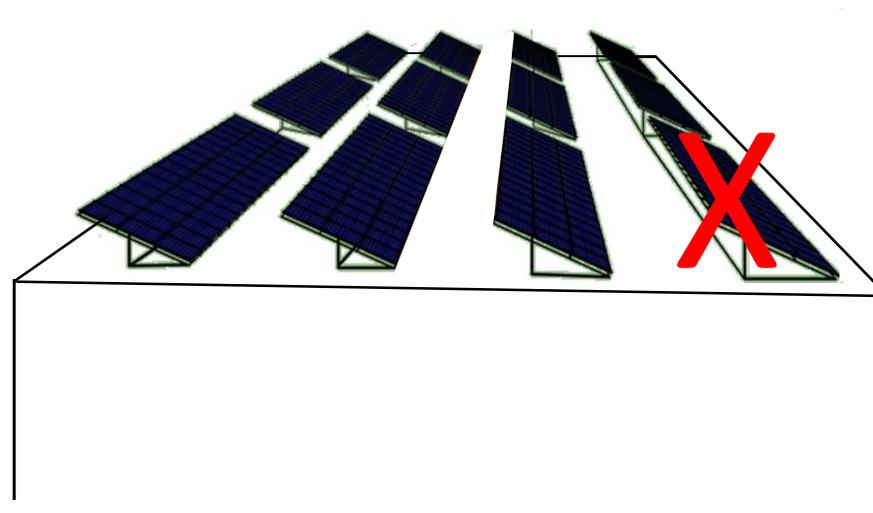
Dónde:

PR = índice de rendimiento. El PR se determina a partir del PR promedio de los últimos diez días durante el cual la instalación FV alimentó la red sin fallos

H [kWh/m²] = irradiación medida en el plano del módulo durante el período de tiempo de inactividad

P [kWp] = potencia nominal del sistema

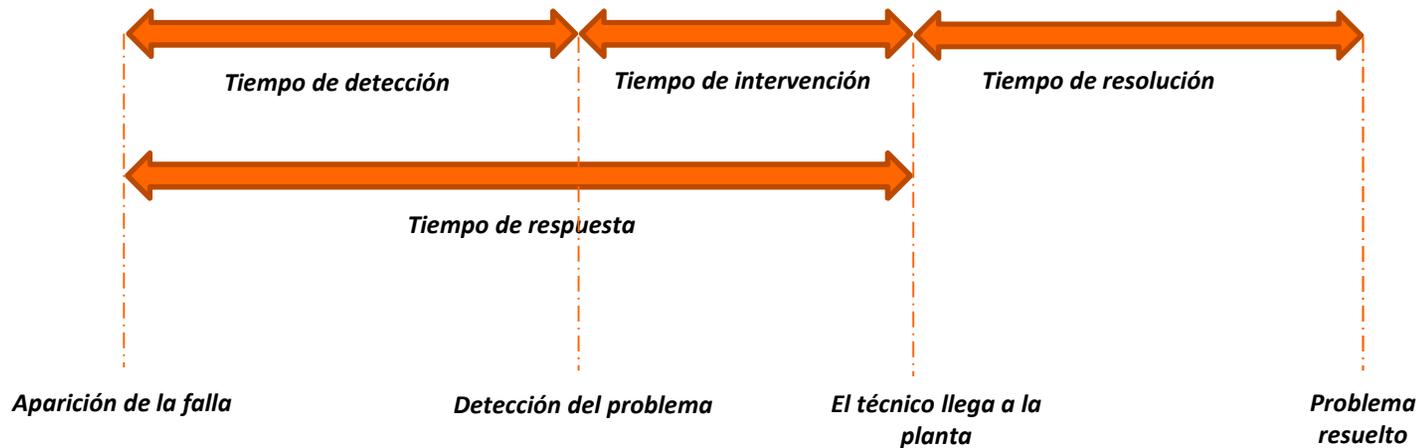
- Falla de un inversor o de una cadena de módulos: El rendimiento esperado del inversor/ cadena de módulos durante el periodo de la falla, se determina mediante la comparación de los rendimientos específicos en kWh/kWp de los otros inversores o cadenas de módulos con la misma alineación / inclinación / configuración



- **Reporting:** el contenido de los informes y la frecuencia de creación están fijados por contrato.
- **Experiencia del O&Mista:** este parámetro incluye la experiencia en determinados climas, tipos de conexiones a red, tecnologías de módulos, inversores o seguidores.
- **Tiempo de detección:** es el tiempo que transcurre entre la visualización de una falla mediante una alarma en el SCADA y el envío de un técnico al lugar donde se ha producido la misma. Este parámetro es un indicador de la calidad operacional del O&Mista.
- **Tiempo de intervención:** es el tiempo que transcurre entre el momento en el que el técnico se pone en marcha y el momento en el que llega al lugar de la falla. Este parámetro es un indicador de la calidad logística del O&Mista.



- **Tiempo de respuesta:** es la suma del tiempo de detección y el tiempo de intervención. Este parámetro se emplea en contratos y se varía en base al tipo de fallo y las pérdidas de producción asociadas.
- **Tiempo de resolución:** es el tiempo que transcurre entre el momento en el que el técnico llega al lugar de la falla y el momento en el que la falla ha sido solucionada.





Agenda

1. Indicadores de rendimiento en plantas FV
2. Informes de O&M
3. Distribución de costes de O&M
4. Elaboración de contratos de O&M

REPORTE MENSUAL DE O&M

1 Resumen Ejecutivo

<i>Irradiación total acumulada en kWh/m² en septiembre 2015 (POA)</i>	XXX
<i>Irradiación total acumulada en kWh/m² en septiembre 2015 (GHI)</i>	XXX
<i>Irradiación anual acumulada en kWh/m² (POA)</i>	XXX
<i>Irradiación promedio diaria en kWh/m² en septiembre 2015 (POA)</i>	XXX
<i>Temperatura ambiente media diaria en septiembre 2015</i>	XXX
<i>Temperatura de módulo promedio en septiembre 2015</i>	XXX
<i>Energía acumulada en kWh en septiembre 2015</i>	XXX
<i>Energía anual acumulada en kWh</i>	XXX
<i>Horas equivalentes en kWh/kWp en septiembre 2015</i>	XXX
<i>PR ponderado en septiembre 2015</i>	XXX
<i>Disponibilidad temporal en septiembre 2015</i>	XXX
<i>Gastos de OPEX en septiembre 2015</i>	XXX
<i>Gastos de OPEX anual acumulado</i>	XXX

Tabla 0: Resumen ejecutivo

2 Producción Diaria y Rendimiento en Septiembre 2015

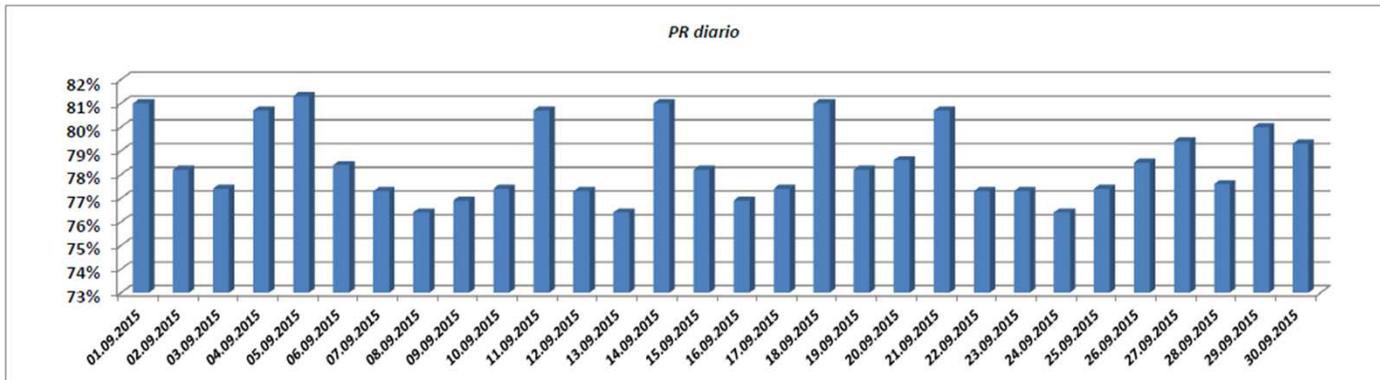
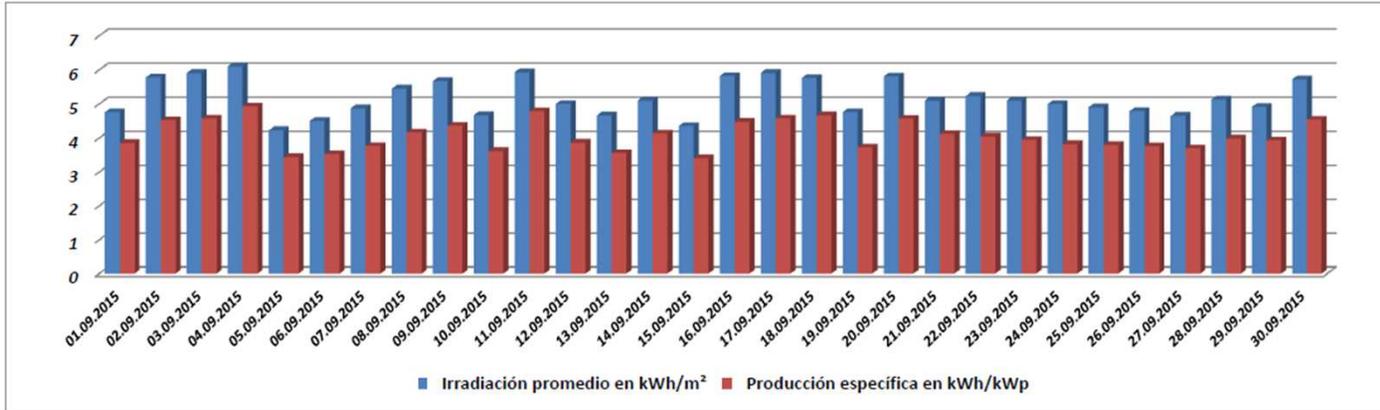
Septiembre 2015	Irradiación promedio kWh/m ²	Factor de ponderación	Contribución diaria al PR	Energía en kWh	Producción específica en kWh/kWp	PR en %
01.09.2015	4,76	0,0306	0,0248	11.560	3,9	81,00%
02.09.2015	5,78	0,0372	0,0291	13.552	4,5	78,20%
03.09.2015	5,91	0,0380	0,0294	13.715	4,6	77,40%
04.09.2015	6,10	0,0392	0,0316	14.759	4,9	80,70%
05.09.2015	4,23	0,0272	0,0221	10.311	3,4	81,30%
...
26.09.2015	4,79	0,0308	0,0242	11.271	3,8	78,50%
27.09.2015	4,65	0,0299	0,0237	11.070	3,7	79,40%
28.09.2015	5,13	0,0330	0,0256	11.935	4,0	77,60%
29.09.2015	4,91	0,0316	0,0252	11.777	3,9	80,00%
30.09.2015	5,72	0,0368	0,0292		4,5	79,30%

Tabla 1: Producción diaria y rendimiento en septiembre 2015

Nota**: la irradiación es el valor promedio de los valores de las celdas c-Si (eventual inclusión de los valores del piranómetro si es necesario)

Producción total mensual en el contador en kWh	385.915
Horas equivalentes acumuladas en kWh/kWp	122,10
Potencia pico en kWp	2.998,2
PR ponderado (%)	79,57
PR corregido por temperatura	81,05%

Tabla 2: Resumen de valores de generación



3 Valores de Temperatura y Radiación en Septiembre 2015

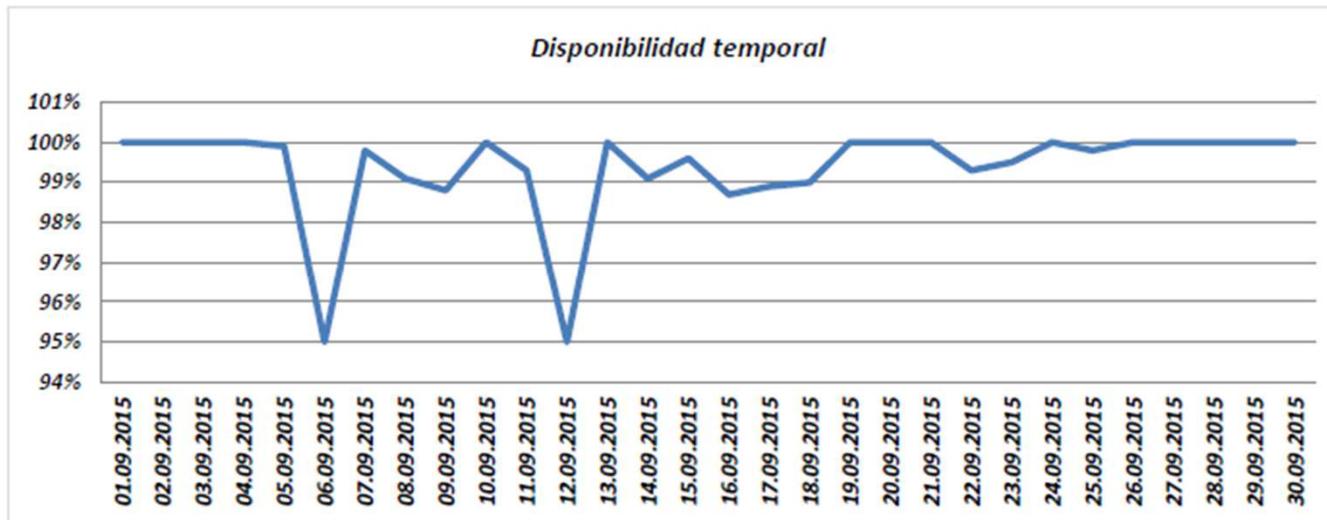
<i>Celda N₁ en kWh/m² (POA)</i>	161,77
<i>Celda N_n en kWh/m² (POA)</i>	158,91
<i>Piranómetro N₁ en kWh/m² (GHI)</i>	172,40
<i>Piranómetro N_n en kWh/m² (POA)</i>	174,20
<i>Irradiación promedio diaria en kWh/m² (POA)</i>	5,37
<i>Temperatura ambiente media diaria (°C)</i>	22,3°
<i>Temperatura ambiente máxima registrada (°C)</i>	32,6°
<i>Temperatura promedio del módulo (°C)</i>	45,9°

Tabla 3: Resumen de valores de temperatura y radiación

<i>Septiembre 2015</i>	<i>Celda 1</i>	<i>Celda n</i>	<i>Piranóm. 1</i>	<i>Piranóm. n</i>
<i>01.09.2015</i>				
<i>02.09.2015</i>				
<i>03.09.2015</i>				
<i>04.09.2015</i>				
<i>05.09.2015</i>				
<i>06.09.2015</i>				
<i>07.09.2015</i>				
<i>08.09.2015</i>				
<i>09.09.2015</i>				
<i>10.09.2015</i>				
<i>...</i>				
<i>26.09.2015</i>				
<i>27.09.2015</i>				
<i>28.09.2015</i>				
<i>29.09.2015</i>				
<i>30.09.2015</i>				
Total				

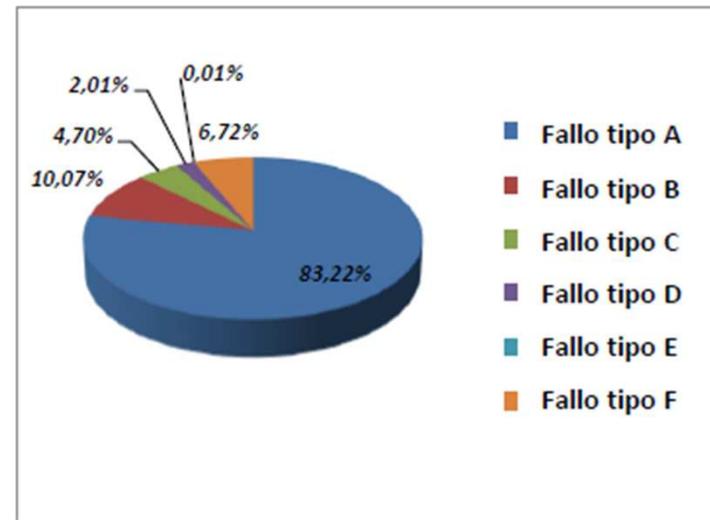
Tabla 4: Resumen de valores diarios de temperatura y radiación

4 Disponibilidad Temporal en Septiembre 2015



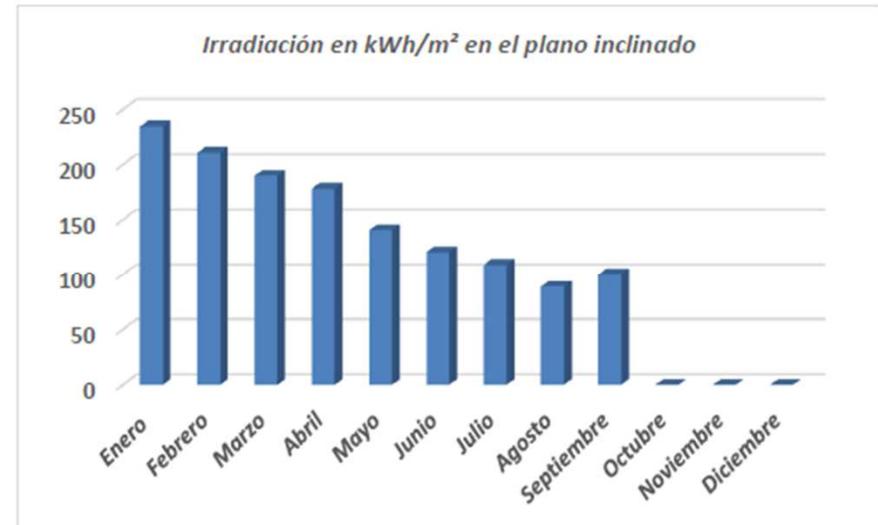
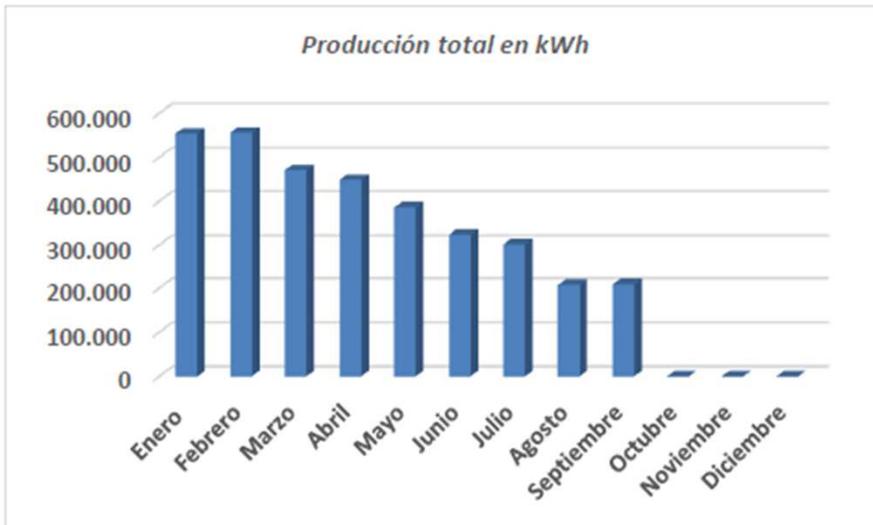
<i>Disponibilidad temp. ponderada (%)</i>	99,4
-------------------------------------------	-------------

	<i>Tiempo de fallo (h)</i>	<i>kWh perdidos</i>	<i>Frecuencia</i>
Fallo tipo A	12,4	XX	83,2%
Fallo tipo B	1,5	XX	10,1%
Fallo tipo C	0,7	XX	4,7%
Fallo tipo D	0,3	XX	2,0%
Fallo tipo E	0,0	XX	0,01%
Fallo tipo F	1,0	XX	6,7%
Total	14,9	XX	



5 Historial Anual

<i>Mes</i>	<i>Irradiación en kWh/m² en el plano inclinado</i>	<i>Energía en kWh</i>	<i>Horas eq. en kWh/kWp</i>	<i>PR ponderado (%)</i>	<i>Disponibilidad ponderada</i>
<i>Enero</i>	89,0	207.277	69,1	77,68%	99,00%
<i>Febrero</i>	85,0	208.384	69,5	81,77%	99,10%
<i>Marzo</i>	130,5	323.432	107,9	82,66%	99,50%
<i>Abril</i>	178,3	448.765	149,7	83,96%	99,40%
<i>Mayo</i>	208,4	519.332	173,2	83,11%	99,50%
<i>Junio</i>	230,0	556.041	185,5	80,63%	99,60%
<i>Julio</i>	234,6	554.092	184,8	78,78%	99,40%
<i>Agosto</i>	209,8	491.831	164,0	78,21%	99,50%
<i>Septiembre</i>	161,8	385.915	128,7	79,57%	99,40%
<i>Octubre</i>	0	0	0	0	0
<i>Noviembre</i>	0	0	0	0	0
<i>Diciembre</i>	0	0	0	0	0
Total	1.527,3	3.695.069	1.232,4	0	0



6 Actividades en Planta

6.1 Mantenimiento Programado

[Ver checklist]

Pérdidas por suciedad en septiembre 2015: ____%

6.2 Eventos Relevantes e Impacto en la Producción en Septiembre 2015

<i>Fecha</i>	<i>Descripción de incidente/fallo</i>	<i>Componente afectado</i>	<i>Acción efectuada</i>	<i>Tiempo de indisponibilidad</i>	<i>Producción perdida</i>	<i>Próximos pasos</i>
1	Rotura de módulo	A	Reemplazo	24min	XX kWh	Ninguno
2	Piranómetro 2 no disponible	F	Revisión, sustitución del cableado, eventual sustitución completa	0 horas	0 kWh	Preguntar por fecha de entrega
⋮						

6.3 Follow-up de los Fallos e Incidencias Detectadas en Agosto 2015

<i>Item</i>	<i>Descripción de incidentes/fallos</i>	<i>Tipo de fallo</i>	<i>Próximos pasos definidos en agosto 2015</i>	<i>Estado a finales de agosto 2015</i>	<i>Estado a finales de septiembre 2015</i>	<i>Próximos pasos</i>
<i>1</i>						
<i>2</i>						
<i>⋮</i>						
<i>n</i>						



Actividades operativas ejecutadas remotamente durante septiembre 2015

Sugerencias para reducir el OPEX

Otras actividades realizadas en la planta solar (incluyendo paradas obligatorias)

Repuestos y consumibles utilizados

Garantías aplicadas



Otros

Incidencias ambientales en septiembre 2015

--

Incidentes de Salud y Seguridad en septiembre 2015

--

Cursos de capacitación llevados a cabo en septiembre 2015

--

Interacciones con la comunidad o autoridades gubernamentales

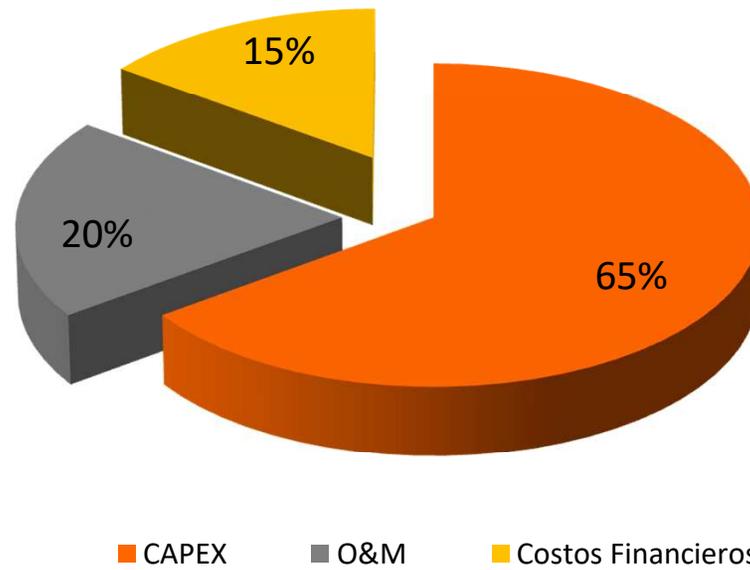
--



Agenda

1. Indicadores de rendimiento en plantas FV
2. Informes de O&M
3. **Distribución de costes de O&M**
4. Elaboración de contratos de O&M

Porcentaje del OPEX en los costes totales



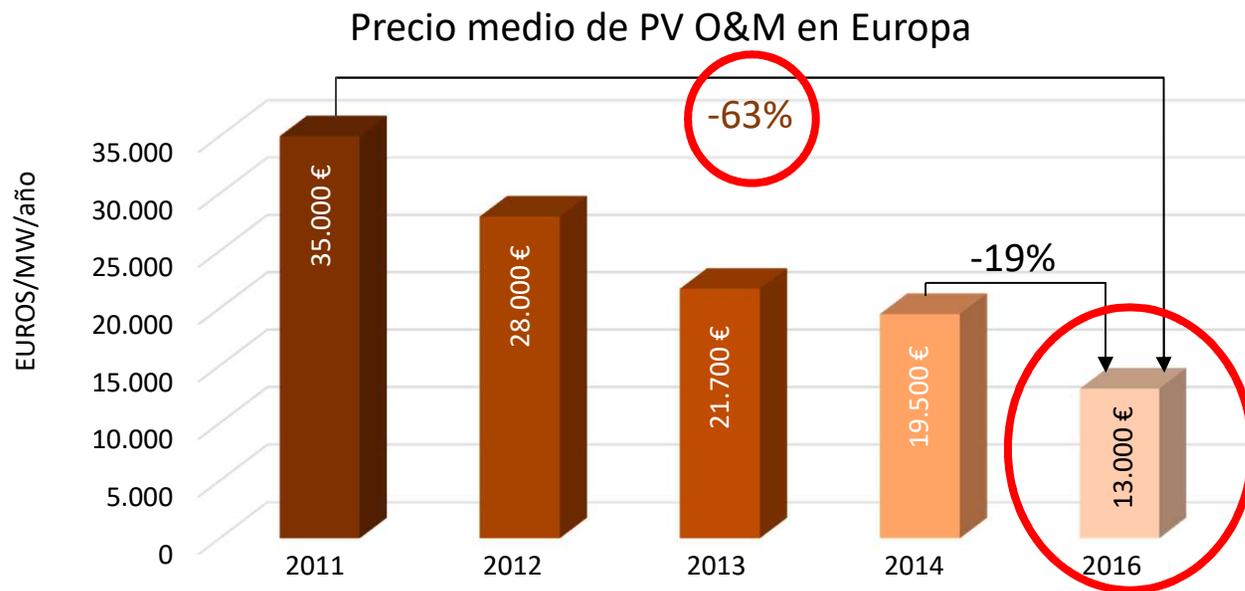
El OPEX es un porcentaje creciente en los costes durante la vida útil.

Fuente: GTMresearch

- La situación actual del mercado aporta **mayor confort a los dueños de las plantas**, donde los propietarios de los activos poseen mucho poder de negociación sobre el precio, el alcance y la duración de sus contratos.
- La baja oferta de precios de la electricidad FV en licitaciones recientes (cada vez mas competitivas), **requiere suposiciones agresivas de OPEX** e impulsar la innovación y las mejoras en la eficiencia del sector.
- Los **precios de O&M** han sido históricamente una **función de los subsidios** de un mercado específico.
- Los regímenes de **subsidios excesivos ya son cosa del pasado** (España e Italia).
- Al llegar estos contratos con costes altos al final de su vigencia, **los nuevos contratos comienzan a reflejar el costo real** de los servicios de O&M.

- Es más probable que los **proyectos más pequeños paguen un poco más** por los servicios de O&M, en comparación con las plantas grandes, las cuales son más baratas de mantener por MW instalado.
- Los **costos de administración de activos también siguen una tendencia descendente** a medida que la recopilación de datos se digitaliza y las plataformas que pueden optimizar los activos impulsan la eficiencia y reducen los costos.
- Los precios han bajado casi un **20%**, a 13,000 euros / MW / año en Europa, desde la última publicación del índice PV O&M en 2015.
- **63%** es la reducción promedio de los precios de O&M en Europa desde 2011.

Tendencia de precios en los últimos años



Promedio de precios de O&M de servicio-completo acumulado en Europa (2016). Fuente: BNEF

Ejemplos de costes a día de hoy en diferentes mercados

- Los precios en los diferentes mercados europeos convergen, pero el Reino Unido es el más barato, donde **los contratos de alcance total pueden situarse por debajo de los 10.000 euros / MW / año**.
 - Ejemplo: Foresight pagó en 2016 9.800 euros/MW/año a Brighter Green Engineering por proporcionar servicios de O&M en un portfolio de 102 MW.
- Este contrato incluía:
 - mantenimiento correctivo ilimitado (incluido piezas)
 - seguridad y monitoreo de la planta
 - limpieza frecuente
 - pruebas anuales de cadenas, pruebas de laboratorio de hasta 50 módulos (incluido desmontaje, montaje y transporte)
 - prueba anual de aceite de transformador
 - pruebas cada dos años de actividad de descarga parcial en todos los interruptores
 - gestión completa de planes de mantenimiento ambiental y gestión del paisaje



Fuente: Google Earth

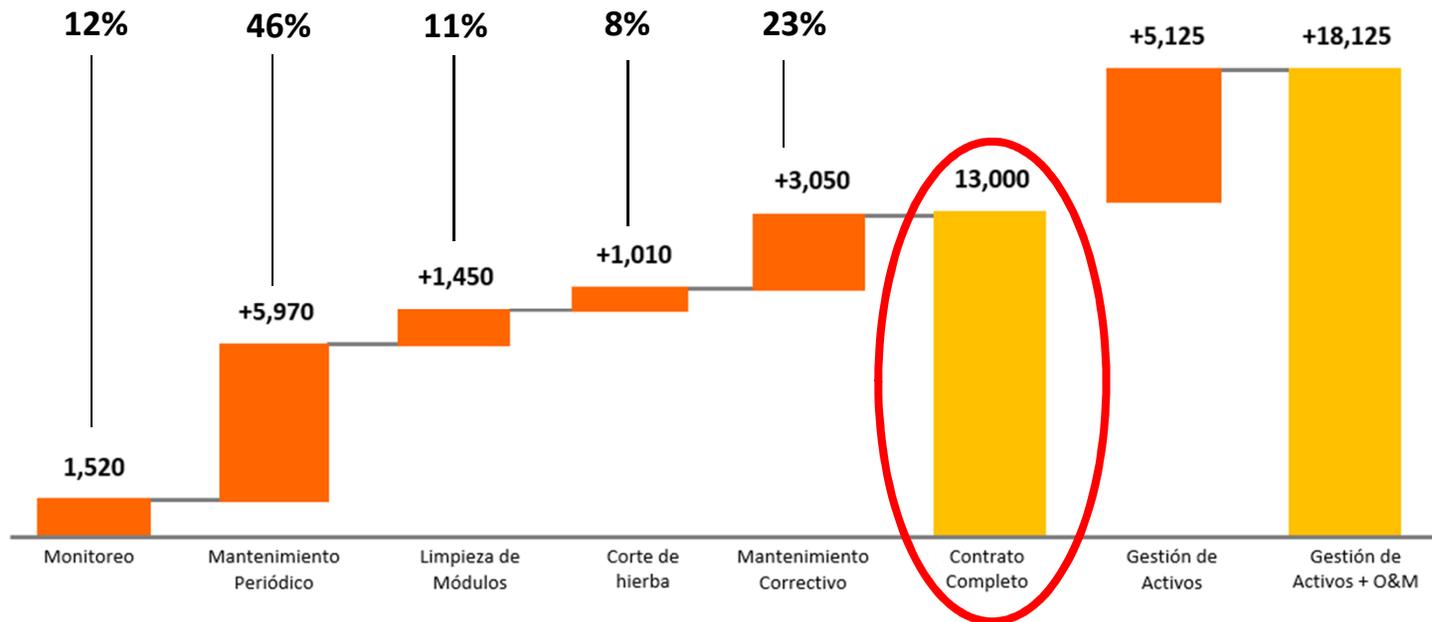
Ejemplos de costes a día de hoy en diferentes mercados

- Los precios en EE. UU. fueron similares a los de Europa, alrededor de \$ 14,000 / MW / año (fuente: datos de precios de proyectos de 16GW, recibidos por Mercatus, una empresa líder en software de gestión de inversión en energía).



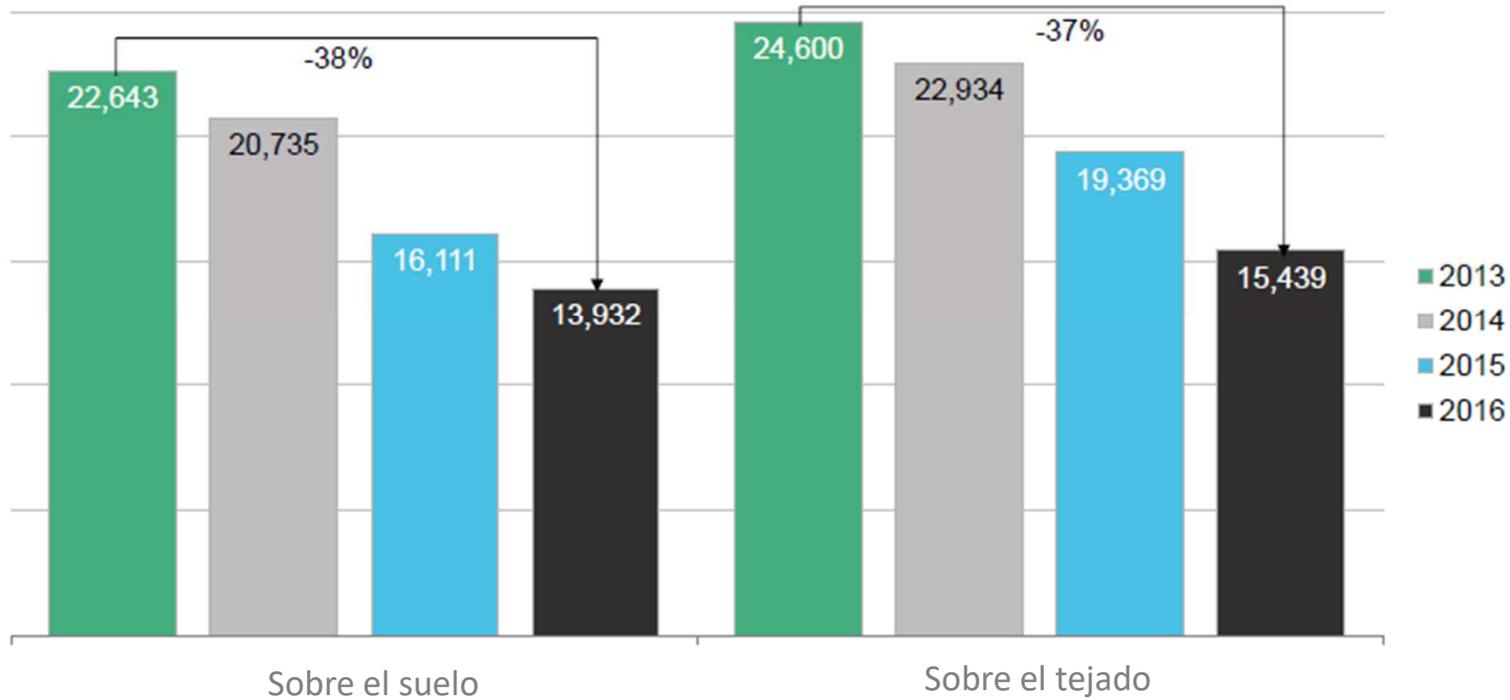
Fuente: Google Earth

Distribución de costes del OPEX



Promedio de precios de O&M de servicio-completo acumulado en Europa (2016) (Euros/MW/annum). Fuente: BNEF

OPEX en tejado vs. OPEX en suelo



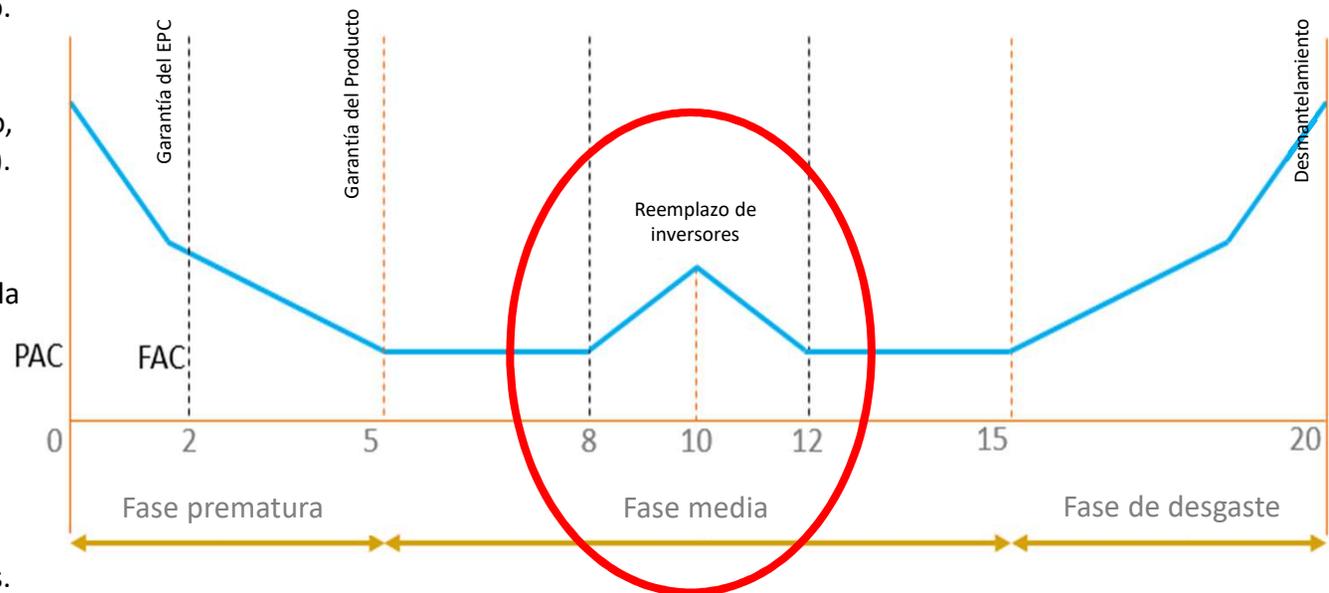
Promedio de precios de O&M para proyectos en los USA, 2013-2016 (\$/MW/annum). Fuente: BNEF

Aspectos clave en la cuantificación de los costes de O&M. Flujo de caja anual

- Mantenimiento administrativo
- Mantenimiento preventivo
- Costes de mantenimiento correctivo:
 - Costes de reposición de componentes multiplicados por la probabilidad de que ocurra una falla en ese año.
 - La probabilidad de que un componente falle en un año determinado se calcula mediante una distribución de *Weibull*.
 - Los costes asociados a una falla y a la mano de obra derivada para subsanarla, serán costes efectivos para el dueño de la planta si, (i) dicha pieza está **fuera del periodo de garantía** o (ii) si, aún estando dentro del periodo, **el fabricante no cubre los costes** por el motivo que sea (por ejemplo por maltrato durante la fase de instalación).

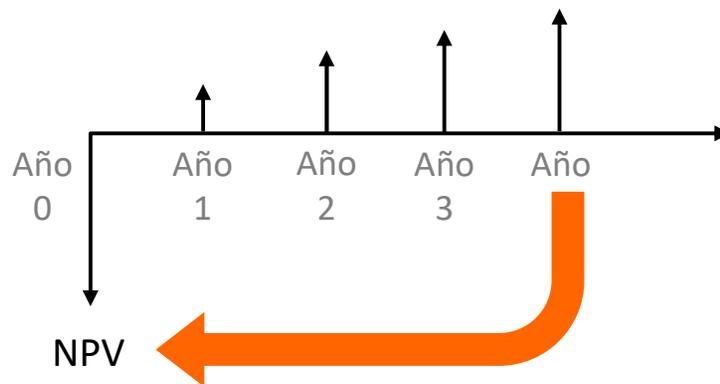


- La distribución de Weibull muestra un costo promedio bastante uniforme por año. Pero las reparaciones costosas pueden ocurrir todas a la vez (por ejemplo, los fallos de los inversores).
- Los financieros y los operadores quieren saber la exposición máxima (riesgo máximo).
- La cuenta de reserva se puede calcular individualmente para cada año del período de análisis.



Aspectos clave en la cuantificación de los costes de O&M. Valor neto actual

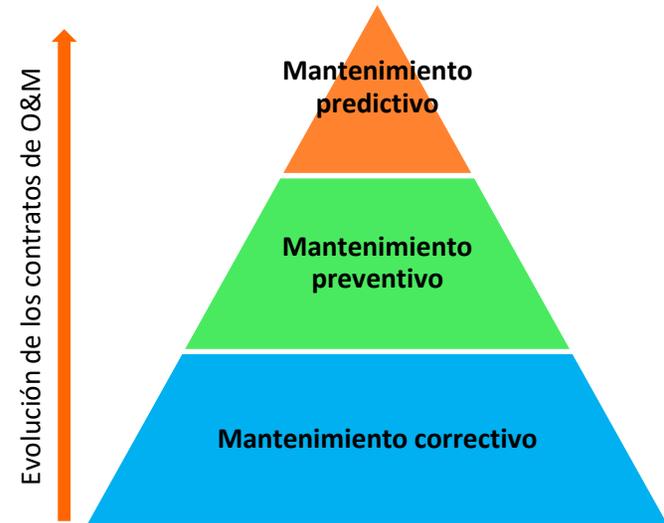
- Cada uno de los flujos de caja de los años futuros dentro de la vida útil del proyecto, se deducen a su valor presente de acuerdo a una tasa de descuento.
- El valor presente neto es útil para comparar diferentes activos.



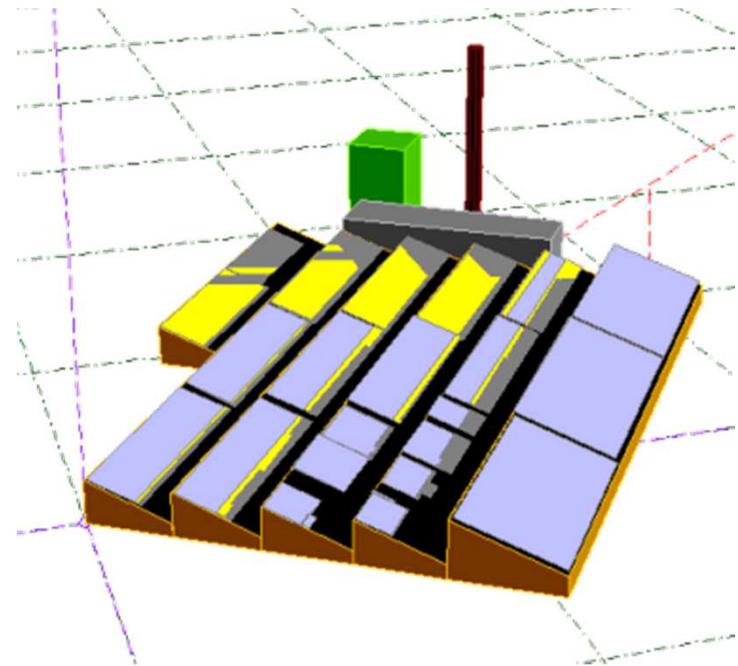


Agenda

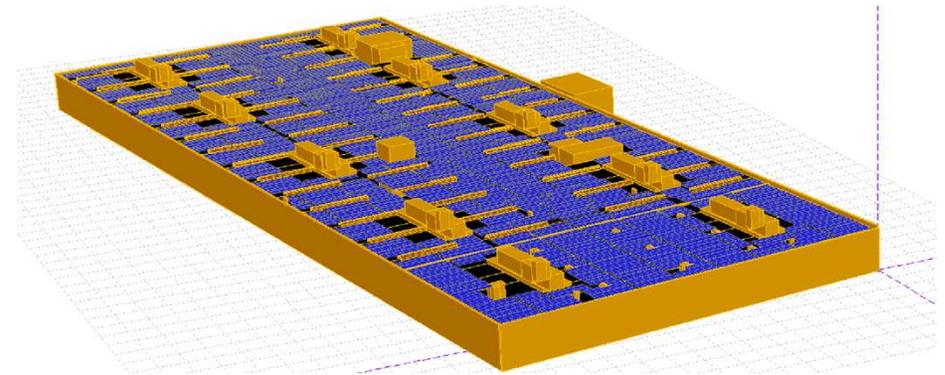
1. Indicadores de rendimiento en plantas FV
2. Informes de O&M
3. Distribución de costes de O&M
4. **Elaboración de contratos de O&M**



- Este tipo de contrato **proporciona cobertura total de mano de obra, hardware e intervenciones** de emergencia.
- Esto **motiva al proveedor de O&M a incrementar los esfuerzos en el mantenimiento predictivo y preventivo** para minimizar los costes del mantenimiento correctivo.
- Estos contratos son **los más caros a corto plazo**, sin embargo pueden tornarse en los más económicos a largo plazo si se mantienen tasas de fallo muy bajas.



- Una de las ventajas de este modelo para los *asset owners*, es el hecho de que **la totalidad del riesgo se transfiere al contratista** y que además proporciona facilidad a la hora de modelar los costes ya que **se eliminan los costes variables** asociados a la inversión en piezas de repuesto.
- Como riesgo cabe señalar, que **si el contratista de O&M carece de suficiente experiencia** o ha ofertado un precio excesivamente bajo sólo para ganar el contrato, **el *asset owner* puede tender a romper el contrato ante la amenaza de fallos catastróficos** fruto de un mantenimiento preventivo deficiente.



Modelos de contrato: Full-Labor Service Contract (1/2)

- Este modelo **cubre el 100% de los costes de mano de obra de reparación, sustitución y mantenimiento de los equipos**. El asset owner se encarga de financiar las piezas de repuesto necesarias.
- Los **costes asociados a intervenciones de emergencia donde se requiere la presencia de técnicos externos suelen caer del lado del asset owner**. El contratista de O&M se compromete sin embargo a reaccionar ante las fallas en un tiempo determinado y estipulado por contrato.
- Este tipo de modelos **sí incluyen** sin embargo como parte del mantenimiento preventivo, los **costes de piezas menores** como fusibles o filtros.



Modelos de contrato: Full-Labor Service Contract (2/2)

- Este modelo de contrato es **el segundo más caro a corto plazo**.
- Este tipo de contrato **resulta más ventajoso para asset owners con portfolios amplios que les permiten comprar repuestos en masa y a precio reducido** en comparación a asset owners con portfolios más pequeños.
- El **riesgo** que el contratista de O&M corre en este modelo de contrato es **significativamente menor** que en el modelo anterior.



Modelos de contrato: Servicio de mantenimiento preventivo (1/2)

- Este modelo **es el más común** y se basa en un **coste anual fijo** y en una serie de servicios rutinarios de mantenimiento preventivo.
- La mayor ventaja de este modelo es su **bajo coste a corto plazo** comparado con los dos modelos anteriores.
- Las mayores **dificultades surgen a la hora de cuantificar los costes asociados a piezas de repuesto** o servicios de emergencia con personal externo.



Modelos de contrato: Servicio de mantenimiento preventivo (2/2)

- Bajo este modelo la mayor parte del **riesgo queda del lado del asset owner**.
- Es importante que el asset owner entienda las **necesidades de la planta en relación al mantenimiento preventivo que precisa**, para evitar que los servicios acordados con el contratista sean inadecuados, tanto por exceso como por defecto.



Modelos de contrato: Servicio de inspección a demanda (1/2)

- El **asset owner contrata a coste fijo un número fijo de inspecciones al año** que incluyen una serie de actividades pero que quedan **lejos de la rigurosidad propia de un mantenimiento preventivo** descrito en los modelos previos.
- **A corto plazo éste es el modelo de negocio más económico** pero puede resultar en el más caro a largo plazo debido a un mantenimiento preventivo deficiente prolongado en el tiempo.



Modelos de contrato: Servicio de inspección a demanda (2/2)

- Si bien estos contratos **no son especialmente lucrativos para los contratistas de O&M**, se contemplan como un **método para fidelizar a los clientes** y mantener una buena relación con los mismos de cara a obtener nuevos contratos.
- En general, si un asset owner mantiene una relación con un contratista bajo este modelo de negocio, es **más probable que el primero llame al segundo cuando se den averías o emergencias**. En estos casos el contratista emitirá facturas separadas para estos servicios concretos.
- La mayor ventaja de este modelo es su **coste reducido**, lo cual lo hace especialmente **atractivo para asset owners con portfolios pequeños** y sistemas simples.



■ Duración del contrato

- Se espera que la duración de los contratos **disminuya de cara a garantizar mayor flexibilidad y liquidez** a los asset owners considerando así a los contratistas de O&M cada vez más sustituibles . En el futuro la duración de los contratos es probable que no exceda los **2 años**.

■ Garantías

- Se observa una tendencia a centrar las garantías de O&M en una **combinación de disponibilidad y tiempos de reacción**.



▪ Tiempo de respuesta

- A la hora de definir los tiempos de reacción, se recomienda **diferenciar entre horas de mayor y menor radiación y entre fallos de diferentes categorías.**
- *Categoría 1:* Interrupción de la producción en el 100% de la planta → tiempo de reacción < 4h
- *Categoría 2:* Interrupción de la producción en al menos el 30% de la planta → tiempo de reacción < 24h
- *Categoría 3:* Interrupción de la producción en menos del 30% de la planta → tiempo de reacción < 36h



▪ Penalizaciones e incentivos

- Si un contratista de O&M no cumple con las garantías de contrato, éste se verá obligado a compensar al asset owner con una **cantidad equivalente al beneficio perdido**.
- En aras de proteger al contratista de O&M, la cantidad máxima a la que tendría que hacer frente se **limita al valor propio de contrato** para un periodo de 12 meses.
- En caso de exceder las previsiones de producción, el **beneficio adicional** se reparte entre el contratista de O&M y el asset owner. Un valor común suele ser **50%/50%**. Los incentivos pueden conmutarse con las penalizaciones y viceversa.

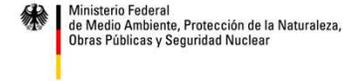




NAMA Facility



Por encargo de:



de la República Federal de Alemania



Gracias por su atención.

Dipl.-Ing. Asier Ukar
Senior Consultant

PI Photovoltaik-Institut Berlin AG
Wrangelstr. 100
10997 Berlin, Germany

phone: +49 (30) 8145264-402
cell-phone: +49 1777 44 7551
fax: +49 (30) 8145264-101
email: ukar@pi-berlin.com
web: www.pi-berlin.com

