

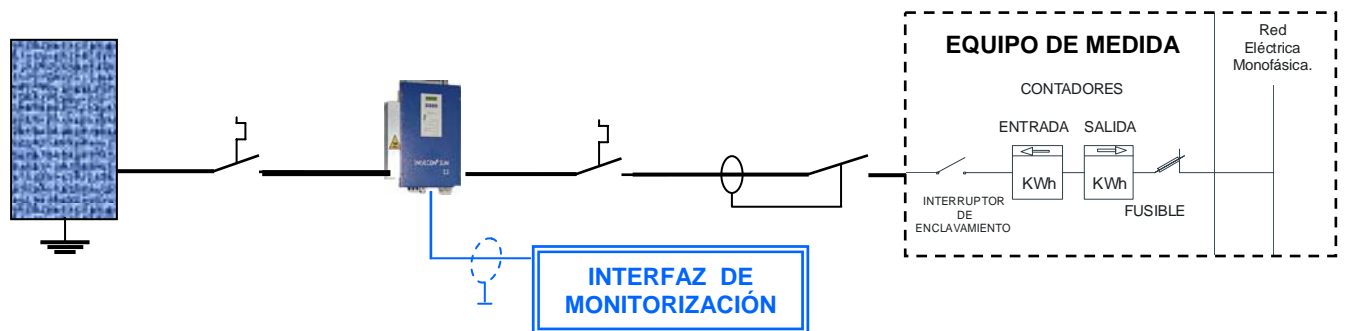
8 - INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED.

Desde que el Consejo de Ministros aprobara en 1999 el Plan de Fomento de las Energías Renovables para el período 2000-2010, y posteriormente en el año 2003 aprobara la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España para el período 2004-2012, y que acompañaba instrumentos de financiación y líneas de ayuda a nivel autonómico, con el fin de conseguir el objetivo de limitar la emisión de contaminantes a la atmósfera y disminuir el consumo energético, han proliferado las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de distribución de energía, convirtiendo a miles de personas físicas o jurídicas en pequeños productores de energía limpia.

España al igual que otros 33 países más aprobó en Abril de 2002 su adhesión al Protocolo de Kyoto, se han comprometido a alcanzar objetivos de reducciones individuales de las emisiones de gases de efecto invernadero. Juntos, esos objetivos suman una reducción global de un 5% en relación con los niveles de 1990, a cumplir durante el primer período de compromiso (2008-2012).

Consiste esencialmente en un campo de paneles y un inversor de características especiales, además de elementos de protección contra sobrecargas, cortocircuitos y contactos indirectos. Acompaña al sistema un equipo de medida de energía en ambos sentidos: convertidor→red y red→convertidor.

[\(ver presentación 5-SOLAR A RED.ppt\)](#)



8.1.- Criterios de diseño.

En cuanto al diseño, cualquiera **tendrá más de una solución óptima**, dependiendo de cómo consigamos la potencia de generación solar: aumentando la tensión o aumentando la intensidad.

Yo soy partidario de aumentar la tensión tanto como admita el convertidor, de forma que las caídas de tensión afecten en menor grado.

Tiene el inconveniente de que si falla un solo panel, se pierde toda esa rama.

Veamos un supuesto, queremos diseñar un sistema fotovoltaico, con temperaturas ambiente de -10°C y 70°C para atacar a un convertidor de las características siguientes NT-4400 de la firma Sunways:

$$\begin{aligned}P_{ca} &= 3.300 \text{ W} \\P_G &= 1500 \div 4125 \text{ W.} \\U_G &= 350 \div 650 \text{ V c.c.} \\I_G &= 10 \text{ A c.c.} \\I_{ca} &= 14'3 \text{ A c.a.} \\U_0 &= 750 \text{ V c.c.} \\\eta &= 96'4 \text{ \% europea.}\end{aligned}$$

Ahora partimos de un panel con el que diseñar la instalación, p.e. el HIT-190BE de Sanyo, que ofrece:

$$\begin{aligned}U_p &= 54'8 \text{ V} - I_p = 3'47 \text{ A} \\U_0 &= 67'5 \text{ V} - P_p = 190 \text{ W}\end{aligned}$$

A TEMPERATURAS MÍNIMAS MENORES DE 0°C CONTROLAR EL EFECTO "BETA", QUE AUMENTA LA U_0 PELIGROSAMENTE A LA ENTRADA DEL CONVERTIDOR

Si probamos con varias configuraciones de paneles en serie y luego esas series en paralelo, o utilizamos un programa de cálculo, veremos que al final el máximo rendimiento se consigue con 2 ramas de 10 paneles en serie, obteniendo valores de:

$$\begin{aligned}U_G &= 471'95 \div 607'15 \text{ V (548 V en teoría) debido a los extremos de la temperatura ambiente. } \text{ (ver 1.2)} \\P_G &= 3.803 \text{ W, que parece poco, hasta los 4.125 W que puede soportar.}\end{aligned}$$

Con 9 paneles en serie y 3 ramas en paralelo, sería admisible, pero con menor eficiencia.

La técnica a seguir será la de asociar en serie tantos paneles como tensión máxima soporte, o con el mínimo que supere la mínima tensión de entrada. Con cada uno de esos valores tratar de hacer varias ramas en paralelo, **sin superar los valores** de intensidad máxima o de potencia de generación.

El documento "[Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red](#)" PCT-C Rev.-10-02, indica **todas las condiciones técnicas que deben mantener** este tipo de instalaciones.

Podemos apoyarnos en las siguientes Hojas de cálculo de Excel, para practicar y analizar resultados:

- **RED-SUNWAYS.xlt** (de la firma Alemana Sunways Electronics)
- **RED-MASTER.xlt** (de la firma de Amsterdam Mastervolt)
- **RED-FRONIUS.xlt** (del alemán Klaus Fronius)
- **SOLAR-RED.xlt** (José M^a Alba, apoyado en datos de: Progensa, NTU-Thermie B, Sunways, SOLÉNER, etc.)

Es interesante comprobar las pequeñas diferencias de cálculo según el fabricante y sus propios convertidores, al igual que la forma en que lo expresan.

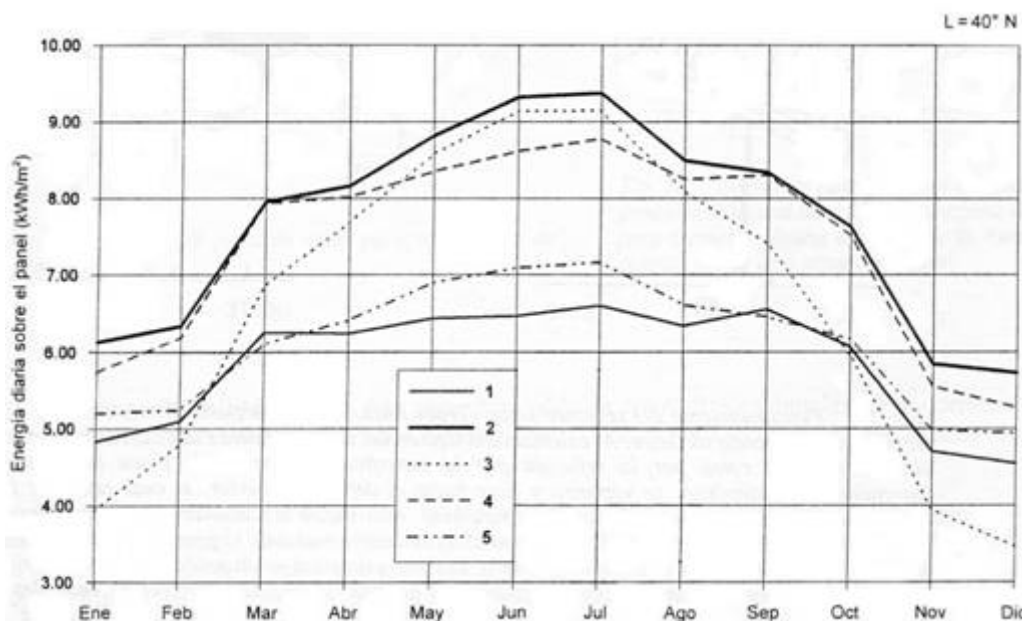
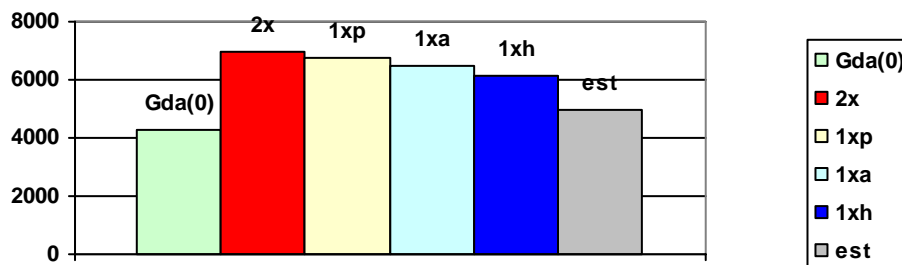
Ahora veremos un estudio de la Universidad Complutense de Madrid analizando el hecho de utilizar o no **emplazamientos estáticos o con seguimientos** en horizontal, vertical, o a dos ejes, etc.

La tabla 1-A indica los valores medios anuales de la irradiación diaria sobre una superficie horizontal, **Gda(0)**, sobre una que sigue al Sol en dos ejes, **2x**, en un eje polar, **1xp**, en un eje acimutal, **1xa**, en un eje horizontal, **1xh** y sobre una superficie estática e inclinada un ángulo óptimo, **est**. Estos datos están expresados en Wh/m². Se ha supuesto un coeficiente de albedo de 0'2.

Las expresiones 2x/est, 1xp/est y siguientes, expresan la relación entre la primera y una estática. K_{Ta} representa el índice de claridad, es este caso para Madrid.

	Censolar	IES	CE-H	INM	CE-Atl.	U. Val.	Meteon.	NASA
Gda(0)	4287	4537	4605	4744	4364	4406	4556	4231
2x	6949	7539	7755	8104	7092	7255	7583	6815
1xp	6735	7298	7503	7833	6876	7022	7339	6609
1xa	6494	7016	7200	7505	6627	6760	7055	6376
1xh	6139	6648	6806	7096	6286	6382	6687	6025
est	4945	5259	5388	5577	5013	5117	5282	4875
2x/est	1'405	1'433	1'439	1'453	1'415	1'418	1'436	1'389
1xp/est	1'362	1'388	1'393	1'404	1'371	1'372	1'390	1'356
1xa/est	1'313	1'334	1'336	1'346	1'322	1'321	1'336	1'308
1xh/est	1'241	1'264	1'263	1'272	1'254	1'247	1'266	1'236
KTa	0'554	0'586	0'595	0'631	0'564	0'569	0'589	0'547

Tabla 1-A. Ganancias que proporciona el seguimiento, en términos de la radiación solar incidente sobre los receptores. Gráfico representando los valores de irradiación de CENSOLAR, para diferentes tipos de seguimiento



Esta gráfica presenta la energía recogida en 5 instalaciones en el mismo lugar, con superficies de paneles idénticas, **pero con diferentes** sistemas:

- 1- Estructura fija con 40° de inclinación.
- 2- Seguim. a 2 ejes.
- 3- Rotando alrededor de eje horizontal N-S.
- 4- Rotación de eje inclinado a 40°.
- 5- Manual, cambio 2 al año: 25° en primavera-verano, y 55° en otoño-invierno.