

# Análisis estadístico de la serie histórica de generación solar fotovoltaica uruguaya (FSE\_1\_2015\_1\_110454)

27 de marzo de 2017

## 1. Datos de la serie

Los datos de generación solar analizados corresponden a los 366 días del año 2016. Las potencias totales generadas se registraron hora a hora y esas cantidades fueron normalizadas por la potencia total instalada<sup>1</sup>, de manera que los datos toman valores entre 0 y 1. Los valores de la serie corresponden a las energías generadas en 2016 por 3 granjas fotovoltaicas, cuyas características se listan en la siguiente tabla:

Granja fotovoltaica	Potencia Instalada (MW)	Operativa
Raditon	8	todo el 2016
La Jacinta	50	todo el 2016
Alto Cielo	20	desde el 1/03/2016

Cuadro 1: Datos de las plantas fotovoltaicas consideradas para el análisis

Se observa que hasta marzo de 2016 la potencia solar instalada es de 58 MW y desde marzo a diciembre sube a 78 MW.

En las secciones que siguen se presentan algunos estadísticos básicos del conjunto de datos expresados en términos de factor de planta.

---

<sup>1</sup>Dado el permanente incremento en la potencia fotovoltaica instalada en el país, dicha potencia varía en el año considerado.

## 2. Factor de planta diario

$\mu_D = 0,216$	$\sigma_D = 0,098$
-----------------	--------------------

Cuadro 2: Media y dispersión del factor de planta diario de la generación solar.

Se observa que el factor de planta medio diario de 21 % es muy bueno para esta fuente de energía. En la Fig.-1 que sigue se muestra la evolución del factor de planta diario a lo largo del año considerado.

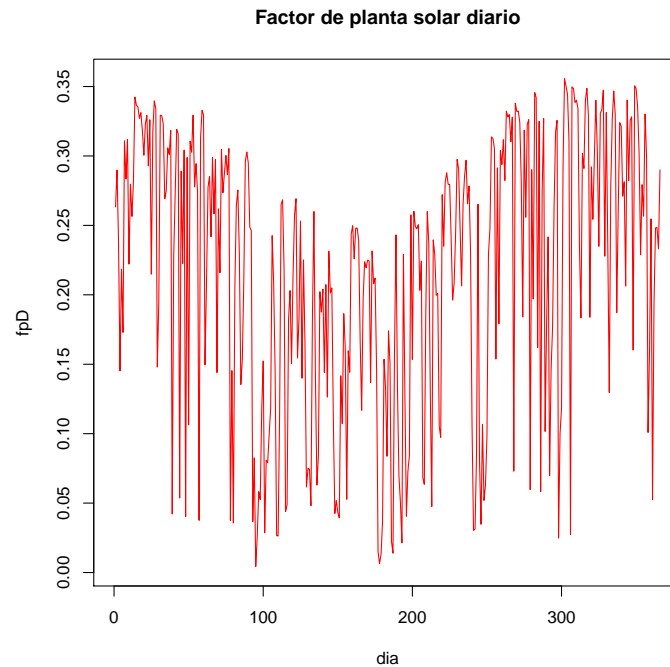


Figura 1: Factor de planta solar diario.

Puede observarse que en los meses de otoño e invierno hay una reducción significativa de la producción diaria de energía de origen solar.

### 3. Factor de planta horario

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
$\mu_h$	0	0	0	0	0	0	0.01	0.07	0.24	0.43	0.59	0.67
$\sigma_h$	0	0	0	0	0	0	0.01	0.08	0.17	0.24	0.29	0.31

Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
$\mu_h$	0.69	0.69	0.64	0.54	0.38	0.19	0.04	0	0	0	0	0
$\sigma_h$	0.30	0.30	0.29	0.26	0.20	0.14	0.05	0	0	0	0	0

Cuadro 3: Media y dispersión del factor de planta de la generación solar hora a hora.

En la Fig.-2 que sigue se grafica el factor de planta eólico medio según la hora del día.

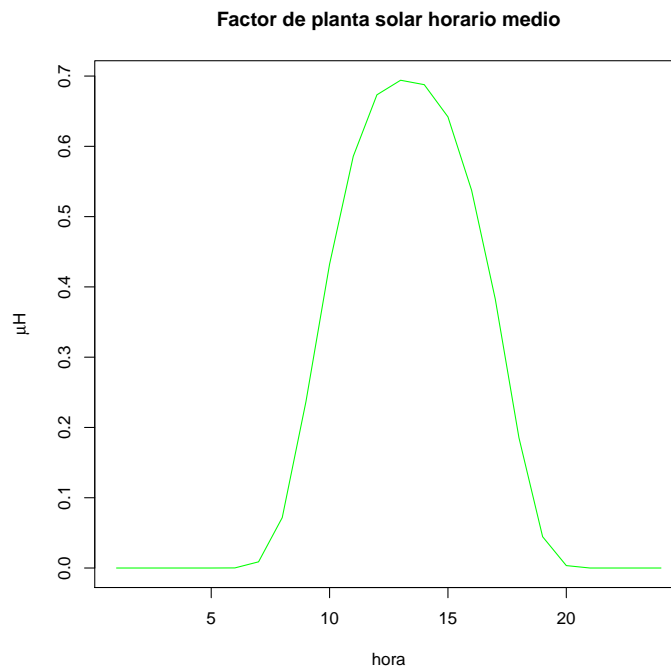


Figura 2: Factor de planta solar horario medio.

Los datos graficados muestran la forma de campana típica de la curva de generación fotovoltaica, con valores nulos durante las horas sin sol y alcanzando su pico de potencia generada en las horas del mediodía.

## 4. Factor de planta por estación del año

Para detectar y tener en cuenta eventuales efectos estacionales significativos de la potencia generada, se calculan los promedios y las dispersiones en las 4 estaciones del año.

Estación	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
$\mu_e$	0.27	0.17	0.18	0.25
$\sigma_e$	0.08	0.09	0.09	0.1

Cuadro 4: Media y dispersión del factor de planta solar según estación del año

Se tiene que las estaciones de verano y primavera tienen un comportamiento muy similar, tanto en valor medio como dispersión, y son las estaciones con mayor nivel de producción fotovoltaica. A su vez el comportamiento de las estaciones de otoño e invierno es muy similar entre sí, y en dichos meses se registra un 30 % menos de generación solar que en primavera o verano.

Se muestran a continuación los cuadros de valores medios y dispersión horarios para las estaciones de verano e invierno.

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
$\mu_{hv}$	0	0	0	0	0	0	0.02	0.12	0.33	0.52	0.68	0.77
$\sigma_{hv}$	0	0	0	0	0	0	0.02	0.06	0.13	0.20	0.25	0.26

Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
$\mu_{hv}$	0.79	0.78	0.74	0.67	0.53	0.33	0.12	0.01	0	0	0	0
$\sigma_{hv}$	0.26	0.25	0.25	0.22	0.16	0.11	0.04	0.01	0	0	0	0

Cuadro 5: Media y dispersión del factor de planta de la generación solar hora a hora en verano.

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
$\mu_{hi}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.30	0.47	0.60
$\sigma_{hi}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08	0.17	0.25	0.30

Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
$\mu_{hi}$	0.67	0.66	0.60	0.47	0.26	0.08	0	0	0	0	0	0
$\sigma_{hi}$	0.29	0.31	0.29	0.24	0.16	0.06	0	0	0	0	0	0

Cuadro 6: Media y dispersión del factor de planta de la generación solar hora a hora en invierno.

Se constata que en un día medio de verano se genera un 19 % más de energía que en el día medio anual, y en un día medio de invierno un 19 % menos de energía que en el día medio anual. Asimismo las dispersiones son un 20 % menores en ambas estaciones que la dispersión del conjunto total de datos.

En la Fig.-3 que sigue se muestran los factores de planta horarios para todos los días de verano e invierno, y se grafican también sus respectivos valores medios horarios.

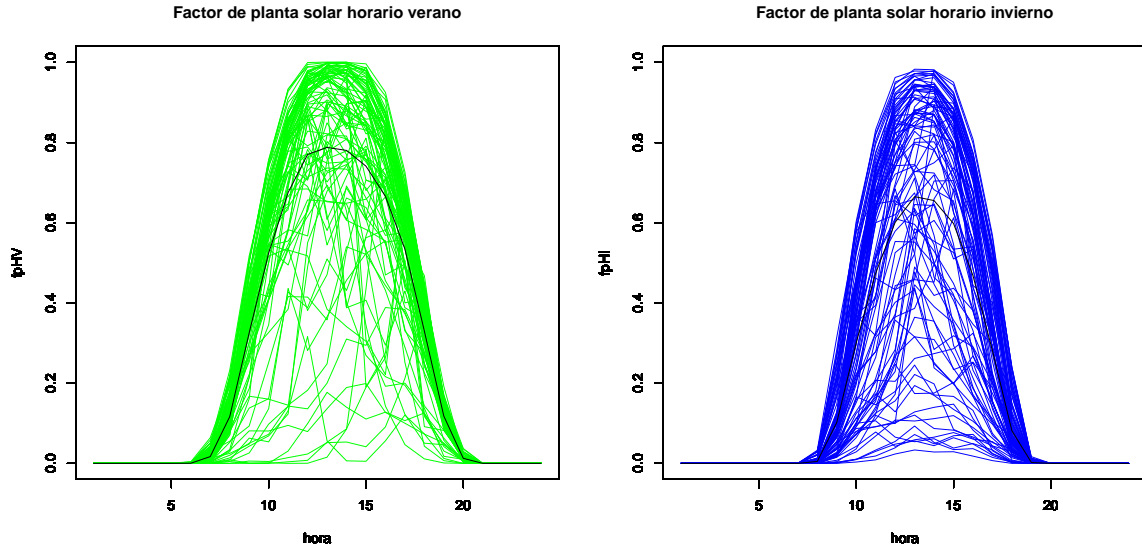


Figura 3: Factores de planta solares horarios para Verano e Invierno.

Se observa que hay unos cuantos días de invierno en que para horas del mediodía se alcanzan factores de planta cercanos a la unidad, pero la cantidad de dichos días es significativamente menor que para el verano, lo que explica la apreciable diferencia en las curvas de generación solar medias de ambas estaciones.

Se investiga también la dispersión diaria estacional en la generación de fuente solar.

**Variación energética total diaria de la estación e:**

$$\Delta^e = \frac{1}{r} \sum_{j=1}^r \left| \sum_{t=1}^{24} (X_t^{(j)} - X_t^{(0)}) \right|.$$

Esta medida de dispersión compara el área bajo las curvas de los factores de planta diarios de la estación  $X^{(j)}$  con el área correspondiente a la curva del factor de planta diario promedio de dicha estación  $X^{(0)}$ , y promedia esas cantidades.

En la tabla que sigue se evalúa la medida de dispersión en la generación solar para las estaciones de verano e invierno. Se incluye también como referencia el valor de la energía diaria promedio  $E^e$  de cada estación. Todos los valores están normalizados respecto a la potencia solar instalada.

	Verano	Invierno
$\Delta^e$	1.41	1.77
$E^e$	6.40	4.23
$\Delta^e/E^e(\%)$	22	42

Cuadro 7: Dispersión de la energía solar diaria generada según estación

Se tiene que la dispersión relativa en la energía diaria generada en invierno es del orden del doble que para los días de verano.