

## Informe del Potencial Solar

## Liceo Carlos Mondaca Cortés

## Resumen

## Ubicación

Latitud -30.0337°S

Longitud -70.7091°O

Altura 621 metros



## Radiación

RADIACIÓN ANUAL	Global Horizontal (KWh/m <sup>2</sup> /día)	Global Inclinado <sup>25°</sup> (KWh/m <sup>2</sup> /día)	Directa Normal (KWh/m <sup>2</sup> /día)	Difusa Horizontal (KWh/m <sup>2</sup> /día)
	6.2	6.8	8.59	0.78

## Sistema Fotovoltaico

Capacidad Instalada:				12.1 kW			
Tipo de Arreglo				Modulos Fotovoltaicos			
Configuracion	Montaje	Inclinacion	Azimut	Sensibilidad Temperatura	Cobertura	Eficiencia Inversor	Otras perdidas
Orientacion Fija	Techo	25	4	-0.4	Vidrio	0.98	5

## Total Diario

65.51 kWh

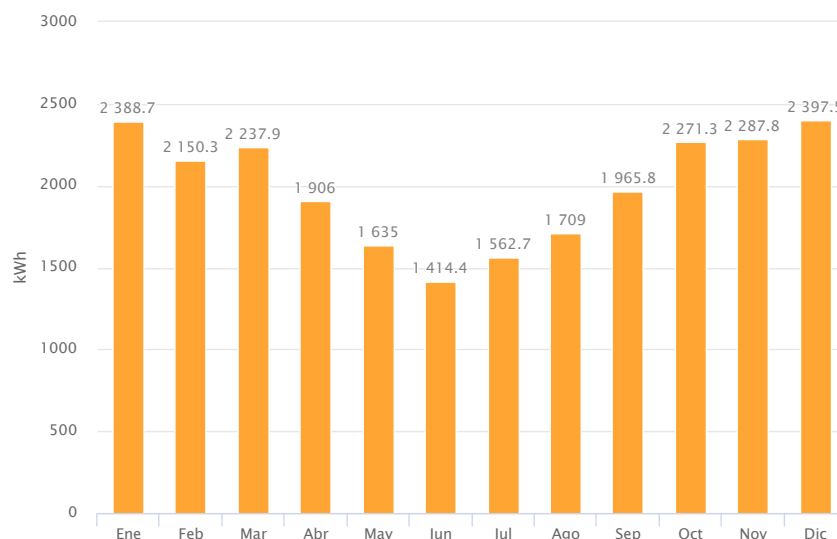
## Total Anual

23911 kWh

## Factor de Planta

22.6%

## Generación Eléctrica Mensual



● Generación Eléctrica Mensual

## Introducción

En el presente informe se presenta información sobre el recurso solar basado en la modelación numérica de la transferencia de radiación solar en la atmósfera y en datos satelitales de alta resolución. El producto obtenido ha sido validado con observaciones, sin embargo, no debe ser considerado como definitivo antes de ser corroborado con mediciones in situ.

El modelo utilizado para la transferencia radiativa en cielo despejado es el modelo CLIRAD-SW, el cual considera las interacciones de la radiación con la atmósfera para 11 bandas espectrales de manera independiente. El modelo utiliza datos de temperatura, humedad y aerosoles de reanálisis y datos climatológicos de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y O<sub>3</sub>.

La información para la nubosidad que se ha utilizado proviene de los satélites GOES-EAST para los años 2004 a 2014. Con esta base de datos se ha identificado la nubosidad y sus características radiativas, y a través de un modelo empírico se ha modificado el resultado obtenido para una atmósfera con cielo despejado para adaptarlo a una condición de cielo nublado.

Modelo	modelo completo
Versión	2.1
Período Simulado	2004 a 2015

El modelo genera información sobre la radiación (global y directa), la nubosidad, las sombras proyectadas por la topografía, la temperatura y la velocidad del viento en el sitio seleccionado.

La radiación que alcanza la superficie es la suma de los rayos que vienen directamente del disco solar, lo que se denomina **radiación directa**, de los rayos que han sido dispersados por la atmósfera y que por lo tanto provienen de distintas partes del cielo, lo que se conoce como **radiación difusa** y de la radiación que se refleja en el suelo (que corresponde a un pequeño porcentaje del total). A la suma de estas componentes se le denomina **radiación global**. Los paneles fotovoltaicos aprovechan todas las componentes de la radiación global.

Este informe contiene la información previamente descrita y además una estimación de la **Generación Fotovoltaica** basada en un modelo simple de paneles fotovoltaicos, de acuerdo a los datos ingresados por el usuario, que toma en cuenta el impacto de la radiación incidente y de las condiciones meteorológicas en la eficiencia de estos.

Sitio

A continuación se muestran las características topográficas del sitio escogido por el usuario.

Nombre del sitio:	Liceo Carlos Mondaca Cortés
Latitud:	30.0337°S
Longitud:	70.7091°O
Elevación:	621.0 metros

Tabla: Ubicación del sitio seleccionado



Figura: Mapa del sitio seleccionado

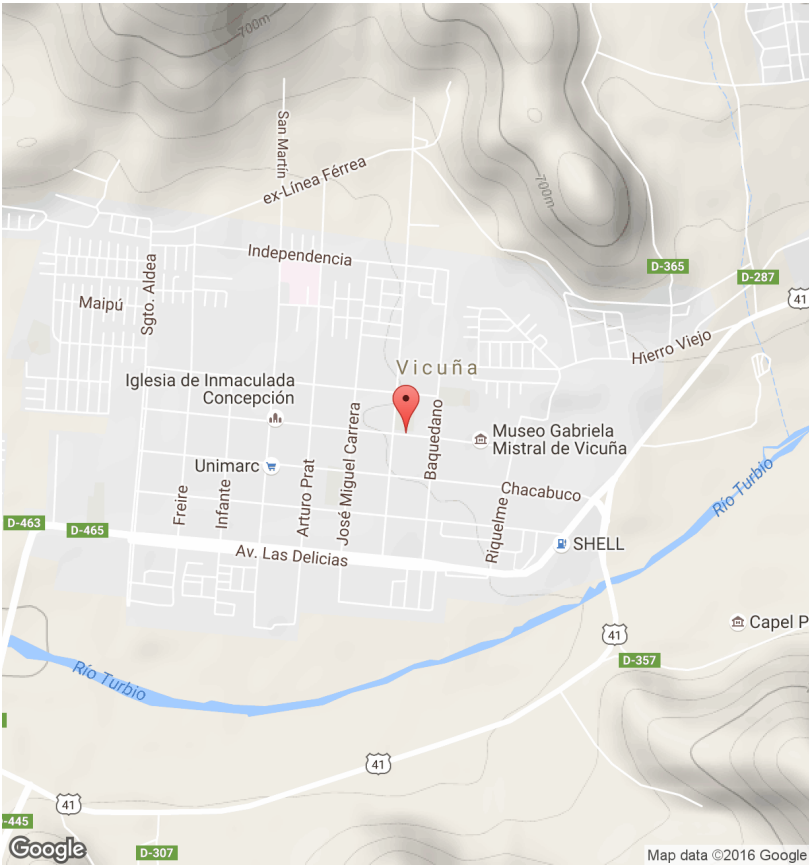


Figura: Mapa topográfico del entorno del sitio seleccionado

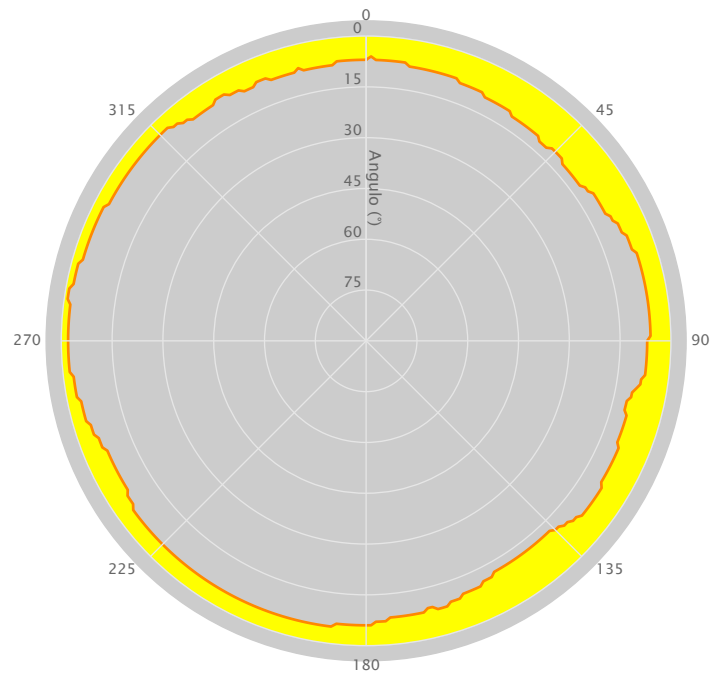
Topografía Circundante

La topografía alrededor del sitio puede generar sombras en ciertas horas y meses del año.

A continuación se muestra un gráfico con los ángulos entre el sitio de interés y los obstáculos topográficos más altos sobre el horizonte en los 360° alrededor de éste, donde el norte corresponde a los 0° y los ángulos aumentan hacia el este.

Altitud	Fracción de horas con sombras
621 msnm	9%

## Elevación del horizonte



Explorador Solar / MINENERGIA / DGF

**Figura:** Altura angular de la topografía sobre el horizonte en 360° alrededor del sitio (0° norte, 90° este, 180° sur, 270° oeste).

## Generación Fotovoltaica

### Características del Arreglo Fotovoltaico

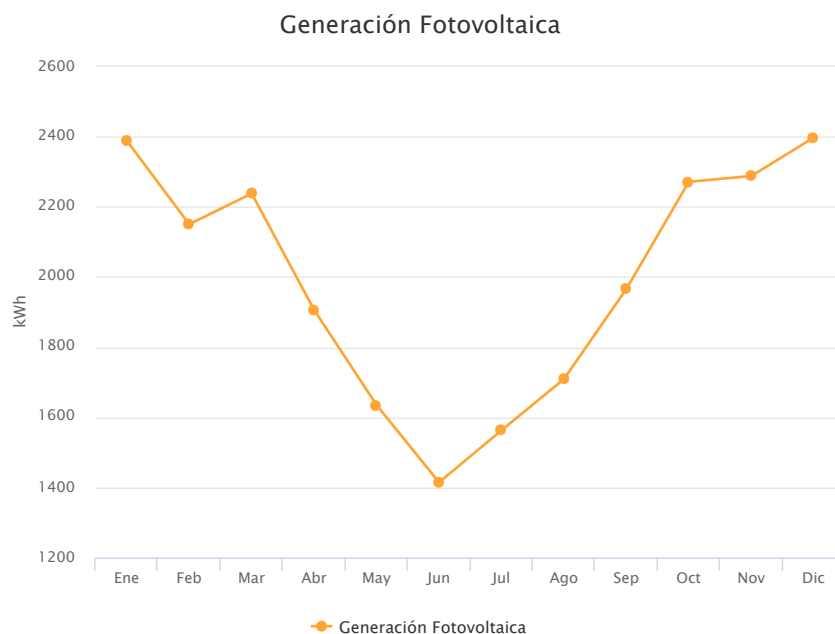
Las características del sistema ingresadas por el usuario para la simulación de la generación fotovoltaica son las siguientes:

Capacidad Instalada:				12.1 kW			
Tipo de Arreglo				Modulos Fotovoltaicos			
Configuracion	Montaje	Inclinacion	Azimut	Sensibilidad Temperatura	Cobertura	Eficiencia Inversor	Otras perdidas
Orientacion Fija	Techo	25	4	-0.4	Vidrio	0.98	5

**Tabla:** Características de los paneles fotovoltaicos, inversor y pérdidas definidas por el usuario.

### Ciclo Anual de la Generación PV

Promedio Anual	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993.9	2388.7	2150.3	2237.9	1906.0	1635.0	1414.4	1562.7	1709.0	1965.8	2271.3	2287.8	2397.5



Explorador Solar / MINENERGIA / DGF

**Figura:** Promedio de la generación total mensual.

Ciclo Diario de la Generación PV

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
kWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.15	1.13	3.41	5.89	7.53	8.52	8.92	8.74	7.96	6.55	4.47	1.91	0.3	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0

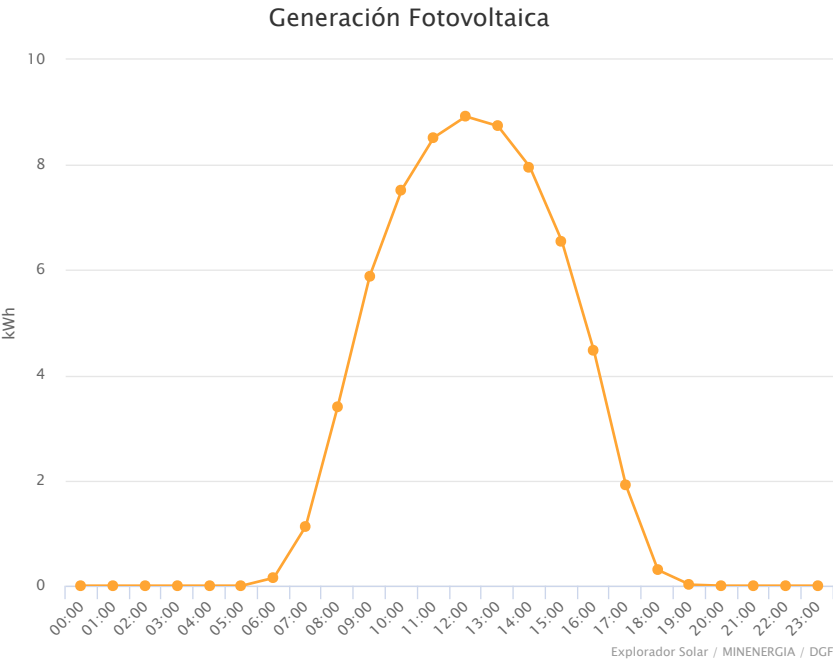


Figura: Promedio de la generación fotovoltaica en una hora.

Variabilidad Año a Año de la Generación PV

	Promedio	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
kWh	23909.8	24064.6	23400.5	23845.5	23676.9	23843.5	23939.7	24769.0	24327.6	24080.5	24025.1	23972.6	22971.7

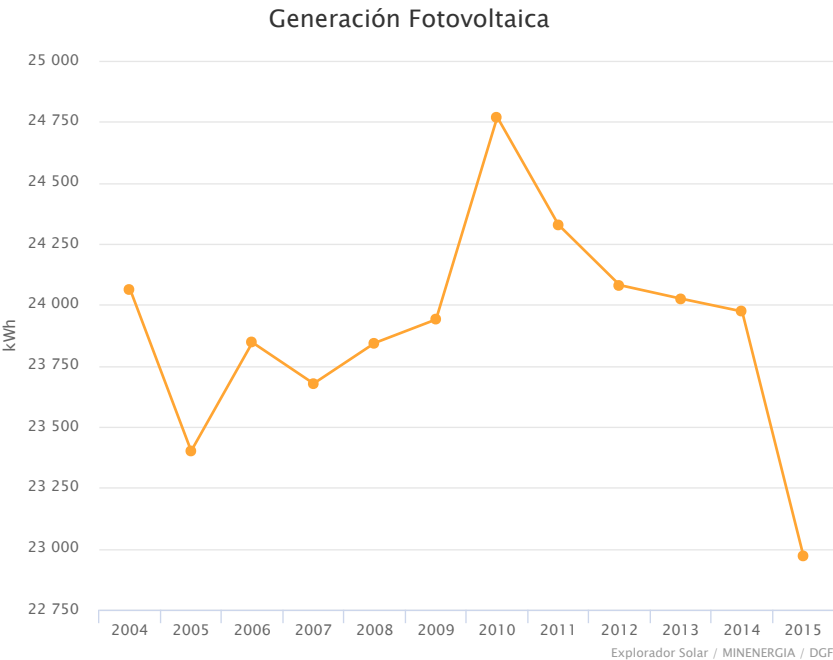


Figura: Generación fotovoltaica total en cada año de simulación.

Radiación

Las siguientes tablas y gráficos muestran los promedios de la radiación global, la radiación directa y la radiación difusa incidente sobre un panel orientado según la configuración descrita en el capítulo anterior, para distintas escalas de tiempo.

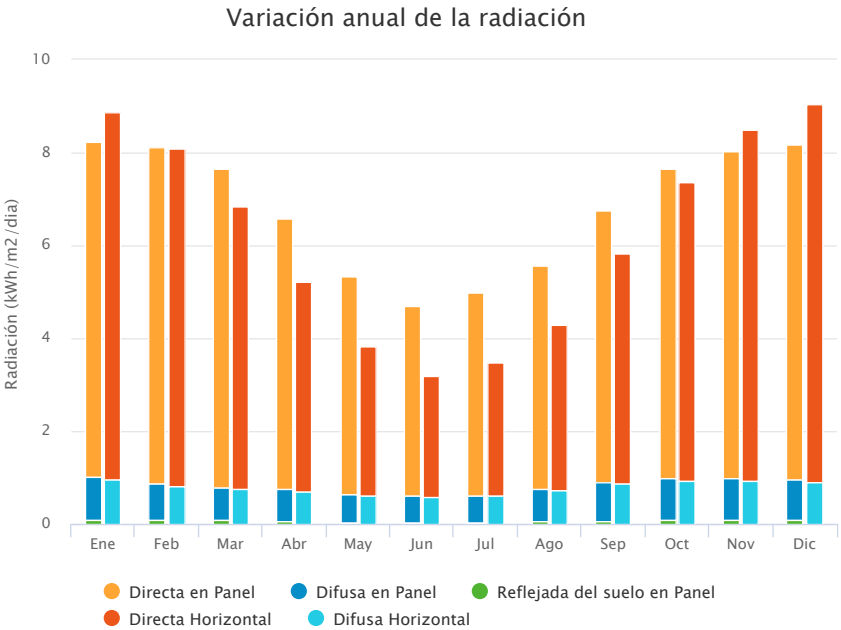
Insolación Mensual

Radiación incidente en plano horizontal

	Promedio Anual	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directa (kWh/m <sup>2</sup> /día)	5.43	7.91	7.28	6.1	4.51	3.2	2.62	2.89	3.56	4.96	6.43	7.56	8.13
Difusa (kWh/m <sup>2</sup> /día)	0.78	0.95	0.82	0.74	0.71	0.62	0.58	0.6	0.72	0.86	0.94	0.94	0.91
Global (kWh/m <sup>2</sup> /día)	6.21	8.86	8.1	6.84	5.22	3.82	3.2	3.49	4.29	5.82	7.38	8.5	9.04

Radiación incidente en panel

	Promedio Anual	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directa (kWh/m <sup>2</sup> /día)	5.99	7.21	7.25	6.87	5.83	4.69	4.09	4.38	4.83	5.85	6.66	7.05	7.21
Difusa (kWh/m <sup>2</sup> /día)	0.75	0.91	0.78	0.71	0.68	0.59	0.56	0.57	0.69	0.82	0.9	0.89	0.87
Suelo (kWh/m <sup>2</sup> /día)	0.07	0.1	0.09	0.08	0.06	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.08	0.1	0.1
Global (kWh/m <sup>2</sup> /día)	6.81	8.22	8.12	7.66	6.57	5.33	4.68	4.99	5.56	6.74	7.64	8.04	8.18



Explorador Solar / MINENERGIA / DGF

Figura: Promedio mensual de la insolación diaria incidente en el panel PV, separada en sus componentes directa, difusa y reflejada del suelo.



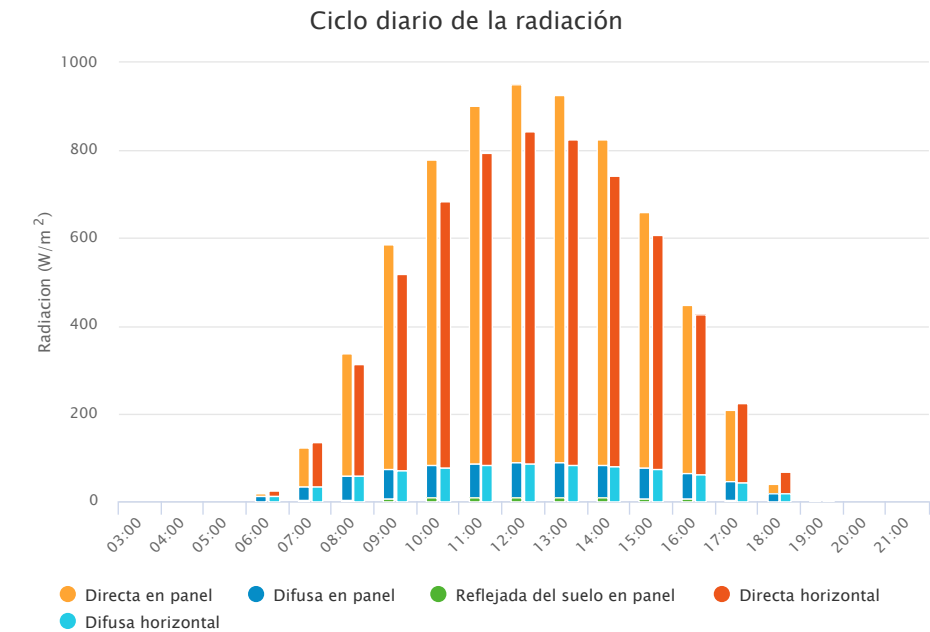
Ciclo Diario de la Radiación

Radiación incidente en plano horizontal

	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
Directa (W/m <sup>2</sup> )	0	0	0	12	100	256	448	606	712	758	740	663	533	363	180	50	1	0	0
Difusa (W/m <sup>2</sup> )	0	0	1	12	34	58	71	78	82	85	84	79	73	62	44	19	3	0	0
Global (W/m <sup>2</sup> )	0	0	1	24	134	314	519	684	795	843	824	742	605	424	224	69	4	0	0

Radiación incidente en panel

	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
Directa (W/m <sup>2</sup> )	0	0	0	6	88	279	514	696	815	862	836	740	584	383	163	21	0	0	0
Difusa (W/m <sup>2</sup> )	0	0	1	11	32	55	67	74	78	81	80	76	69	59	42	18	3	0	0
Suelo (W/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	2	4	6	8	9	9	9	8	7	5	3	1	0	0	0
Global (W/m <sup>2</sup> )	0	0	1	18	122	337	587	778	903	953	925	824	660	447	207	40	3	0	0



Explorador Solar / MINENERGIA / DGF

Figura: Promedio horario de la radiación global instantánea incidente en el panel, separada en sus componentes directa, difusa y reflejada del suelo.

Variabilidad Año a Año de la Radiación

Radiación incidente en plano horizontal

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Directa (kWh/m <sup>2</sup> /dia)	5.48	5.33	5.45	5.38	5.45	5.43	5.63	5.52	5.46	5.4	5.4	5.12
Difusa (kWh/m <sup>2</sup> /dia)	0.76	0.77	0.77	0.78	0.77	0.78	0.76	0.78	0.79	0.8	0.82	0.83
Global (kWh/m <sup>2</sup> /dia)	6.24	6.11	6.22	6.17	6.22	6.22	6.39	6.29	6.25	6.2	6.21	5.95

Radiación incidente en panel

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Directa (kWh/m <sup>2</sup> /dia)	6.06	5.85	5.99	5.92	5.99	5.99	6.26	6.11	6.03	6.0	5.97	5.67
Difusa (kWh/m <sup>2</sup> /dia)	0.73	0.74	0.73	0.75	0.73	0.74	0.72	0.74	0.75	0.76	0.78	0.79
Suelo (kWh/m <sup>2</sup> /dia)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Global (kWh/m <sup>2</sup> /dia)	6.85	6.66	6.79	6.74	6.79	6.81	7.05	6.92	6.85	6.83	6.82	6.53

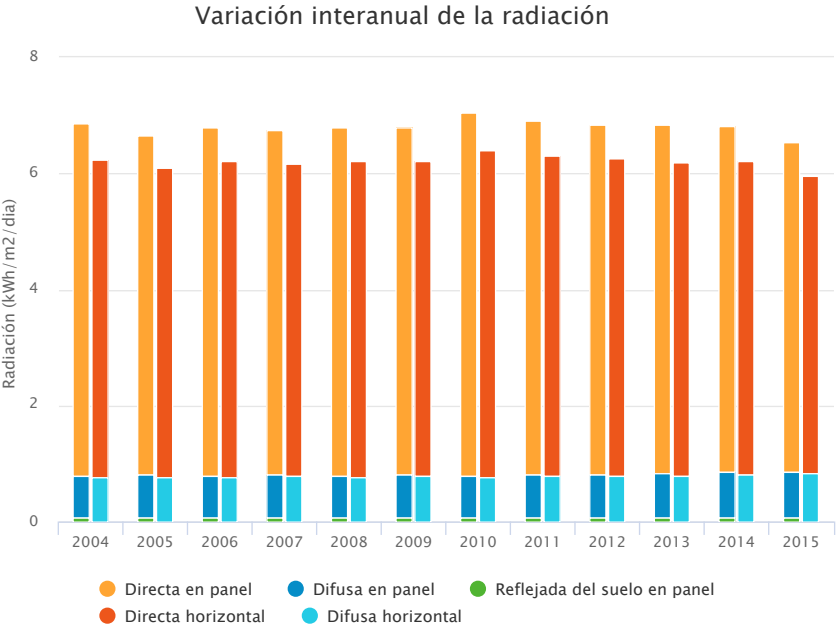
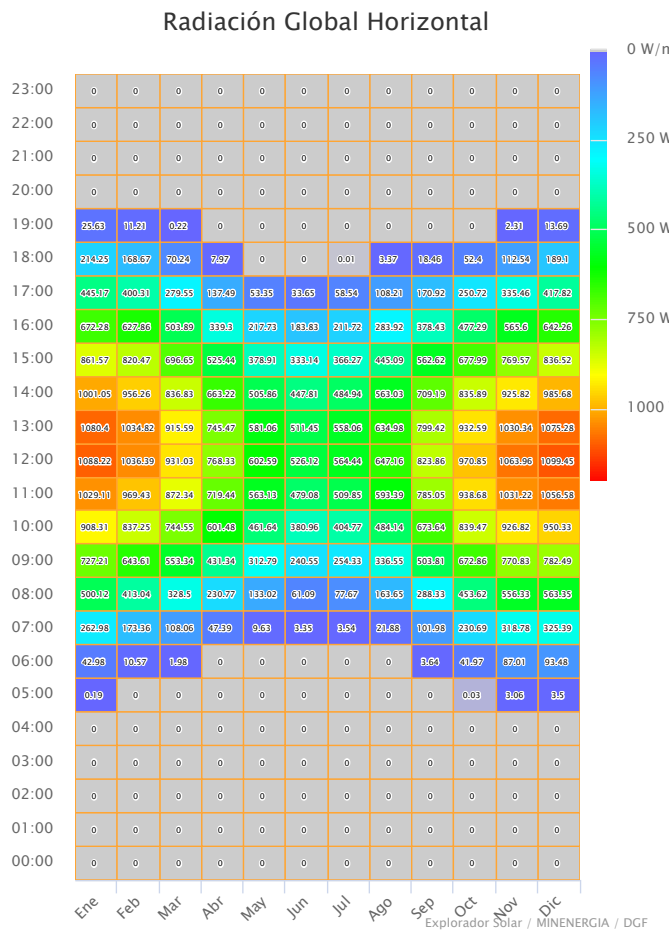


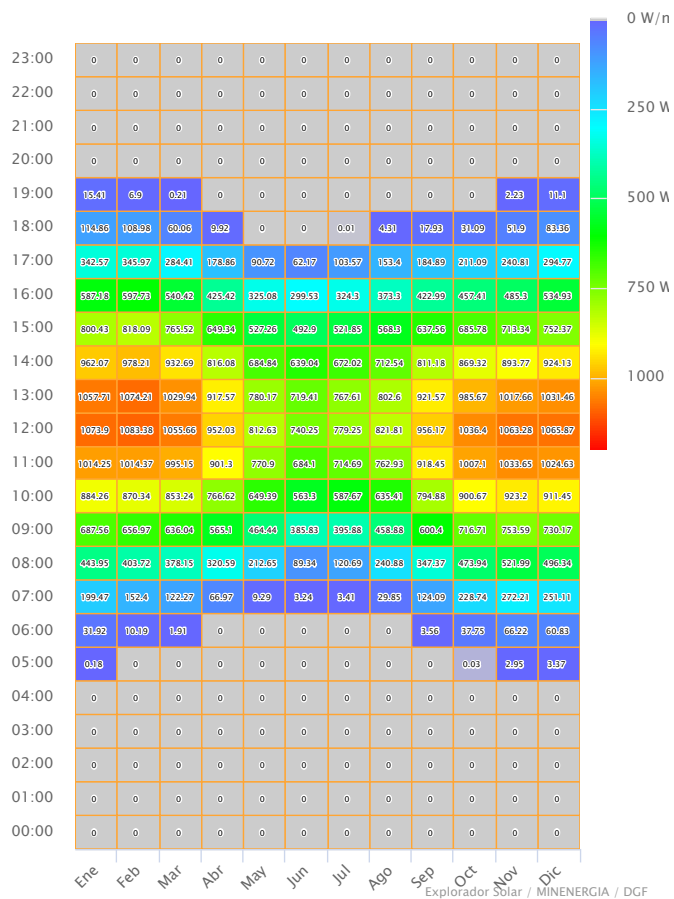
Figura: Promedio anual de la insolación diaria incidente en el panel PV para cada año de simulación

Ciclo Diario-Anual

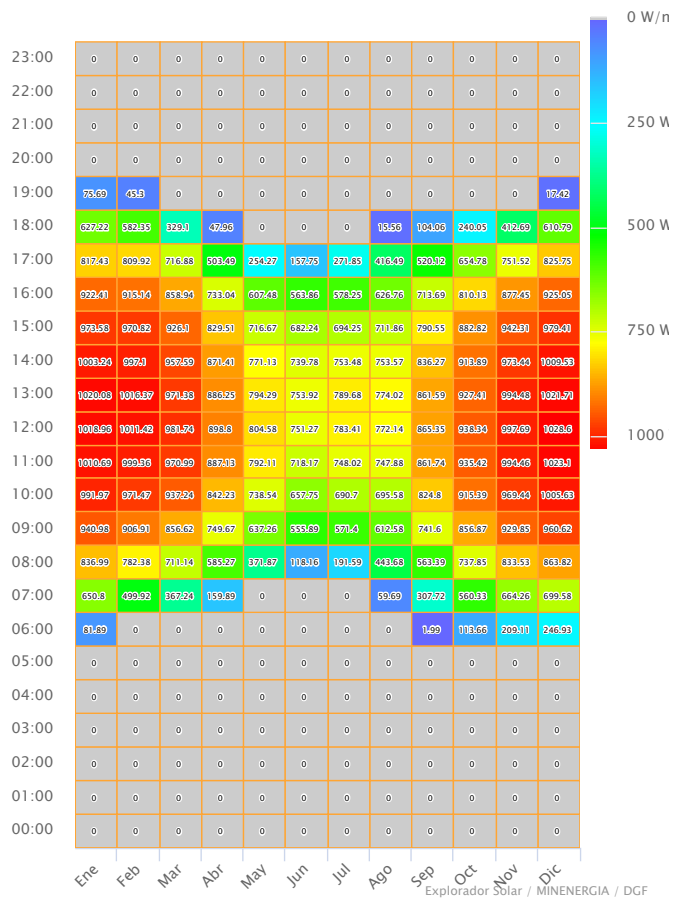
Los siguientes gráficos muestran el ciclo diario-anual de la radiación solar incidente en el panel PV de acuerdo a la configuración de instalación escogida. El eje horizontal indica la hora del día (UTC-4) y el eje vertical indica el mes del año. La escala de colores indica el valor medio de la radiación instantánea incidente en el panel (W/m2) para cada hora y mes.



## Radiación Global Incidente en Panel



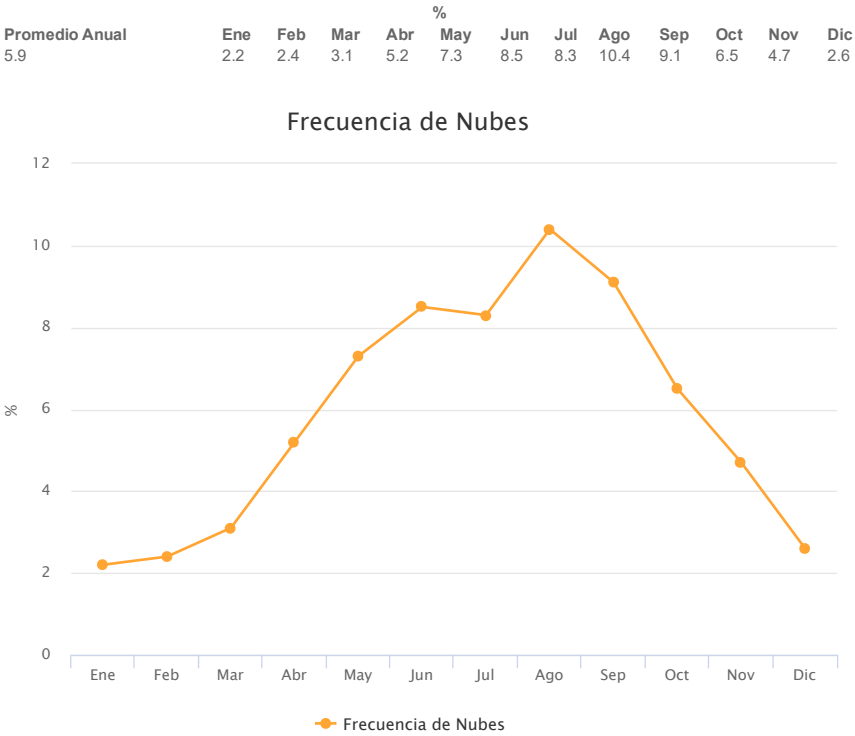
## Radiación Directa Normal



Nubosidad

La nubosidad es el componente de la atmósfera que remueve la mayor cantidad de radiación incidente. A partir de las imágenes del satélite geoestacionario GOES se ha calculado la frecuencia de nubosidad para cada hora y mes. Los gráficos de este capítulo muestran la variabilidad de la nubosidad a lo largo del día y del año

Ciclo Anual de la Frecuencia de Nubes



Explorador Solar / MINENERGIA / DGF

Figura: Porcentaje de tiempo con nubosidad en promedio cada mes en horario diurno.

Ciclo Diario de la Frecuencia de Nubes

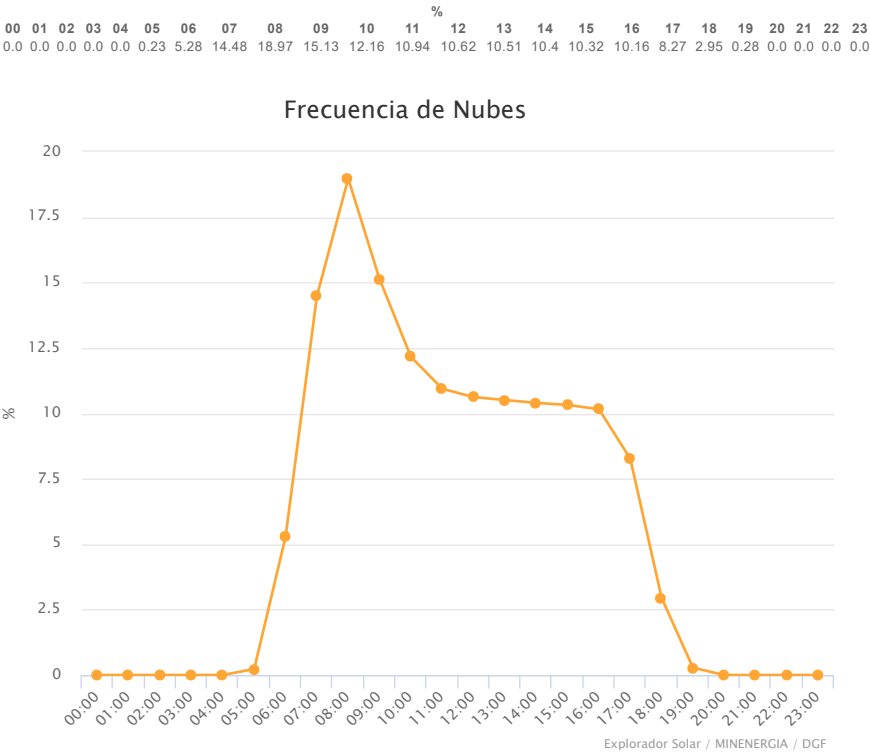


Figura: Porcentaje de tiempo con nubosidad en promedio cada hora del día.

Variabilidad Año a Año de la Frecuencia de Nubes

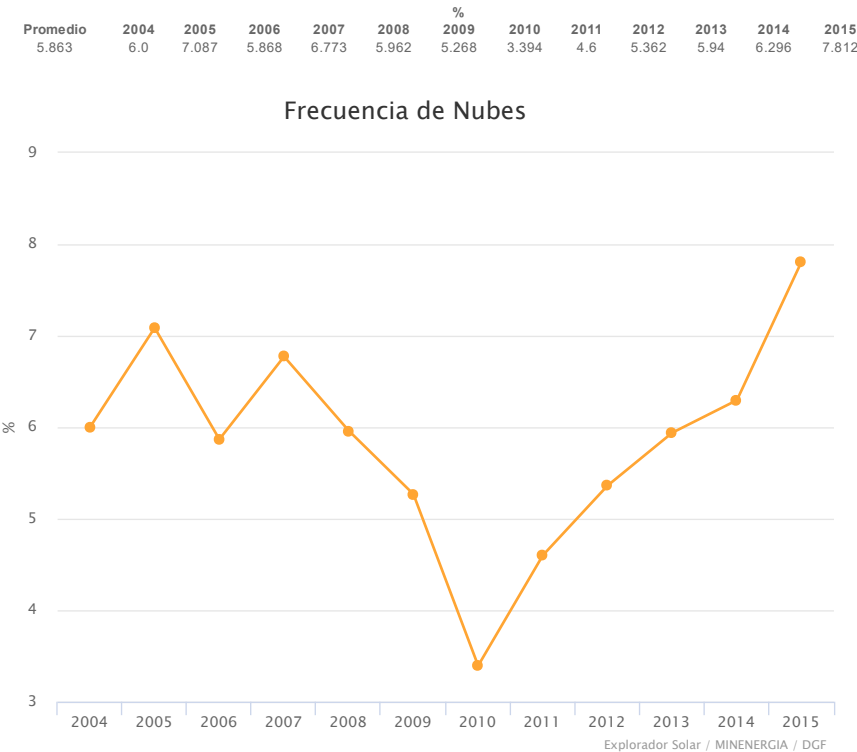


Figura: Porcentaje de tiempo con nubosidad cada año en horario diurno.

Ciclo Diario-Anual de la Frecuencia de Nubes

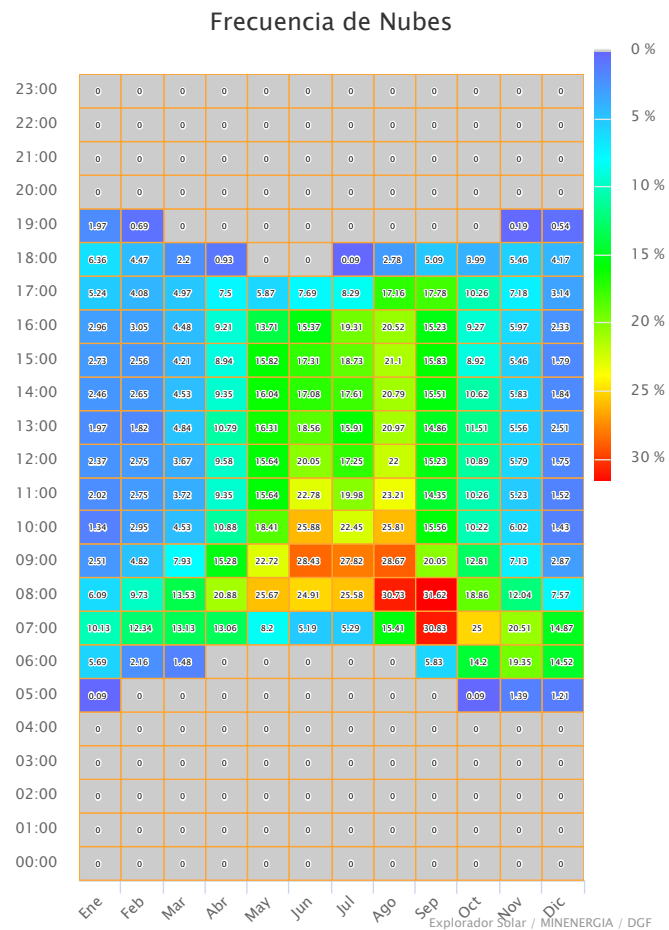


Figura: Ciclo diario-anual de la frecuencia de nubosidad. El eje horizontal indica la hora del día (UTC-4) y el eje vertical indica el mes del año. La escala de colores indica el porcentaje de tiempo con nubosidad durante cada hora y mes.

## Sombras Topográficas

Sombras proyectadas por los obstáculos topográficos en el entorno del sitio. El análisis aplica una base de datos de altura del terreno de 90 metros de resolución y considera la topografía dentro de un radio de 180 kilómetros desde el sitio.

Este análisis NO considera el impacto de otros tipos de obstáculos que pueden generar sombras, como por ejemplo edificios, árboles, cables, etcétera.

### Ciclo Diario de la Frecuencia de Sombras

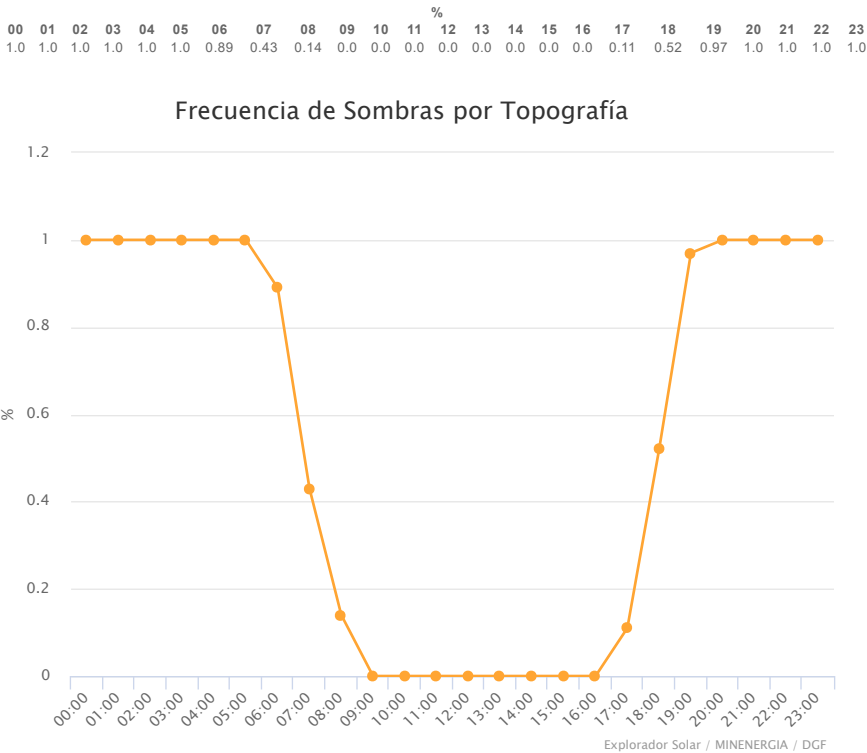


Figura: Porcentaje de la hora con sombras.



Ciclo Diario-Anual de la Frecuencia de Sombras

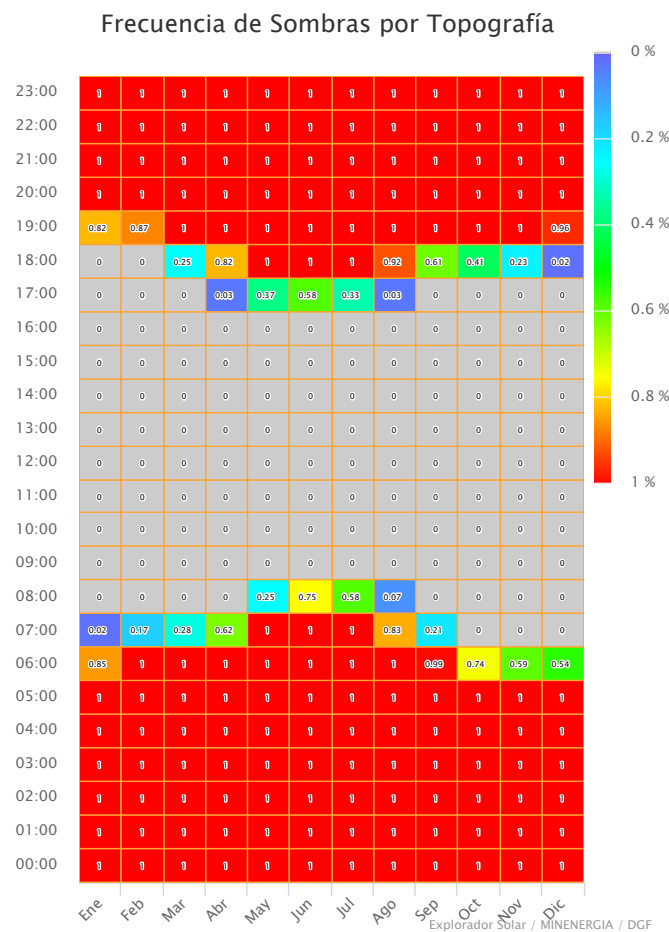


Figura: Porcentaje de la hora con sombras en cada mes. Esta figura muestra el ciclo anual de las horas de salida y puesta del sol a lo largo del año.

## Temperatura

La temperatura ambiental afecta la eficiencia de las celdas fotovoltaicas. Las estimaciones de temperatura que se muestran en este capítulo están basadas en los resultados del Explorador Eólico (<http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2>).

Los datos del Explorador Eólico se basan en las simulaciones hechas con el modelo meteorológico WRF a 1 km de resolución para el año 2010.

### Ciclo Anual de la Temperatura

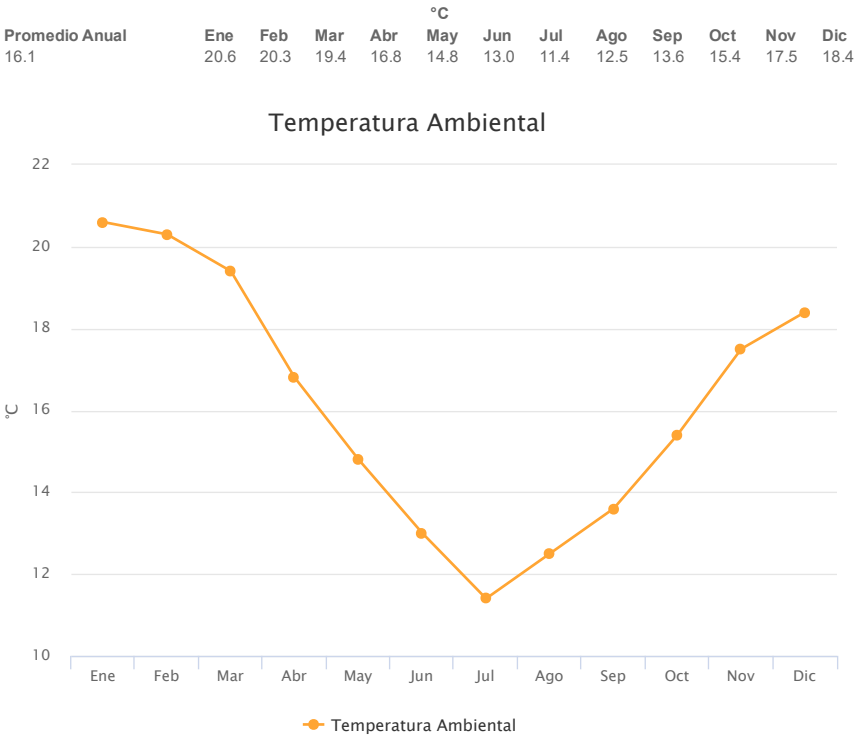


Figura: Temperatura media para cada mes.

Ciclo Diario de la Temperatura

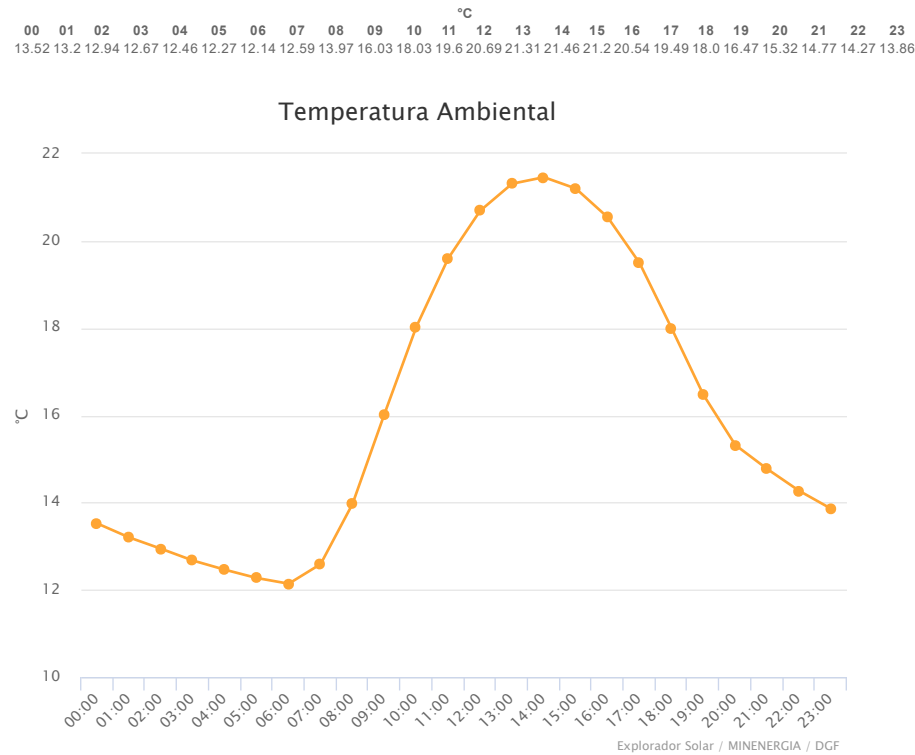
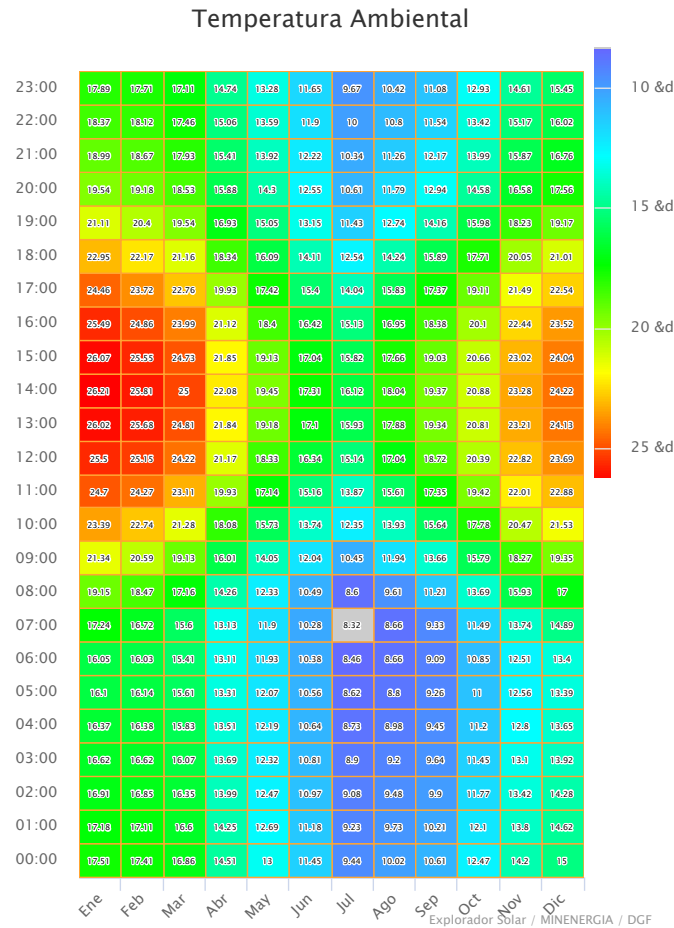


Figura: Temperatura promedio para cada hora del día.

Ciclo Diario-Anual de la Temperatura



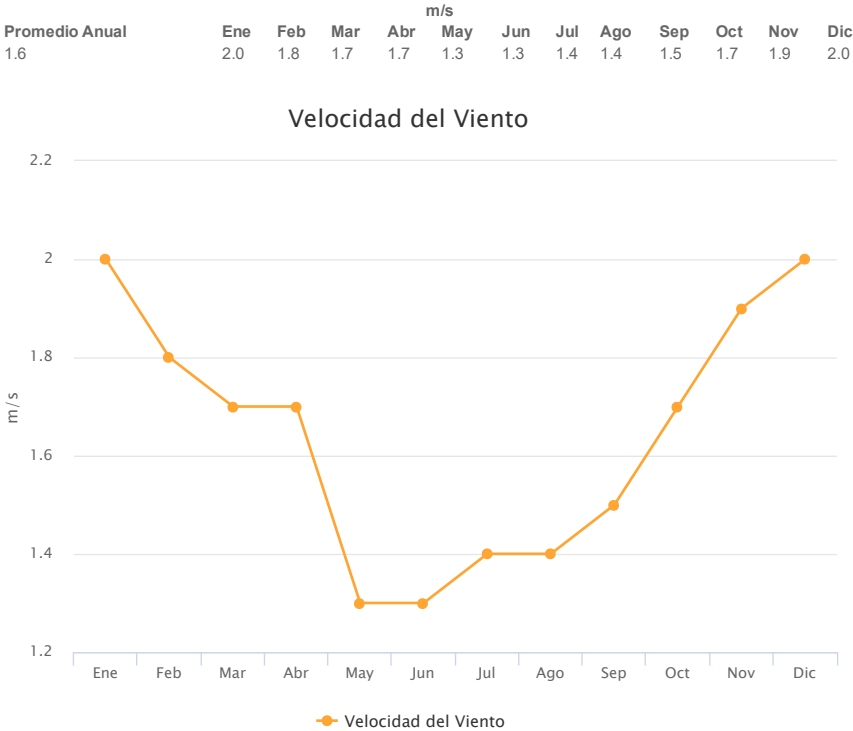
*Figura: Temperatura promedio para cada mes y hora del día.*

Viento

La velocidad del viento interviene en el enfriamiento de las celdas fotovoltaicas, y por lo tanto en su eficiencia, además puede afectar la integridad del montaje de los paneles. Las estimaciones de viento aquí presentadas se derivan de los resultados del Explorador Eólico (<http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2>) para una altura de 5 metros.

Los datos del Explorador Eólico se basan en las simulaciones hechas con el modelo meteorológico WRF a 1 km de resolución para el año 2010.

Ciclo Anual del Viento



Explorador Solar / MINENERGIA / DGF

Figura: Promedio de la magnitud del viento para cada mes.

m/s																							
00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1.05	1.07	1.11	1.14	1.17	1.18	1.18	1.06	0.86	0.79	1.06	1.69	2.4	2.97	3.36	3.46	3.22	2.7	2.07	1.5	1.2	1.1	1.06	1.04



### Velocidad del Viento



*Figura: Promedio de la magnitud del viento para cada mes y hora del día.*