



Ministerio de  
Energía

Gobierno de Chile

# Evaluación del Recurso Eólico

INFORME DE VIENTO

15 de septiembre de 2019

*Informe creado por:*



**fcfm**

**Geofísica**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE



# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Sitio</b>	<b>2</b>
2.1. Características del sitio . . . . .	2
<b>3. Velocidad de viento a 93 metros</b>	<b>4</b>
3.1. Estadística Básica . . . . .	4
3.2. Ciclos Medios . . . . .	5
3.3. Ciclo Mensual . . . . .	6
3.4. Ciclo diario del año completo . . . . .	7
3.5. Ciclo diario según estación del año . . . . .	8
3.6. Serie de tiempo . . . . .	9
3.7. Distribución de frecuencia para el año completo . . . . .	10
3.8. Distribución de frecuencia según la estación del año . . . . .	11
3.9. Rosa del viento para el año completo . . . . .	12
3.10. Rosa del viento según la estación de año . . . . .	13
<b>4. Perfil vertical</b>	<b>14</b>
4.1. Perfil vertical medio . . . . .	14
4.2. Ciclo diario del perfil vertical considerando el año completo . . .	15
4.3. Ciclo diario del perfil vertical según la estación del año . . . . .	16
<b>5. ANEXO</b>	<b>17</b>
5.1. Características de la simulación WRF . . . . .	17





## 1. Introducción

El presente informe muestra información sobre el recurso eólico basada en el uso de modelación numérica. La modelación desarrollada proporciona datos simulados con un modelo atmosférico de mesoescala, de manera independiente de estaciones meteorológicas locales. Ello significa que sus resultados, en particular los relacionados con la magnitud de las variables modeladas, no deben ser considerados plenamente confiables sin ser corroborados previamente con mediciones en situ.

El modelo empleado es el WRF (*Weather Research and Forecasting*) versión 3.2, que ha sido desarrollado por NCAR (National Center for Atmospheric Research) en Estados Unidos y es ampliamente utilizado en el área de evaluación del recurso eólico a nivel mundial. El modelo fue aplicado con una resolución espacial de 1 kilómetro y tiene 12 niveles verticales entre 0 y 200 metros de altura. Se disponen datos para el año 2010 por completo.

## 2. Sitio

### 2.1. Características del sitio

---

Latitud	41.46 S
Longitud	72.93 O
Elevación del terreno (modelo WRF)	101 metros
Densidad del aire	1.24 (kg/m <sup>3</sup> )

---

Cuadro 1: Características principales del sitio seleccionado. La densidad del aire refiere a la densidad media simulada por el modelo WRF. La elevación en la representación del terreno utilizado por el modelo tiene una resolución espacial de 1 kilómetro y por lo tanto está suavizada comparado con la topografía real.

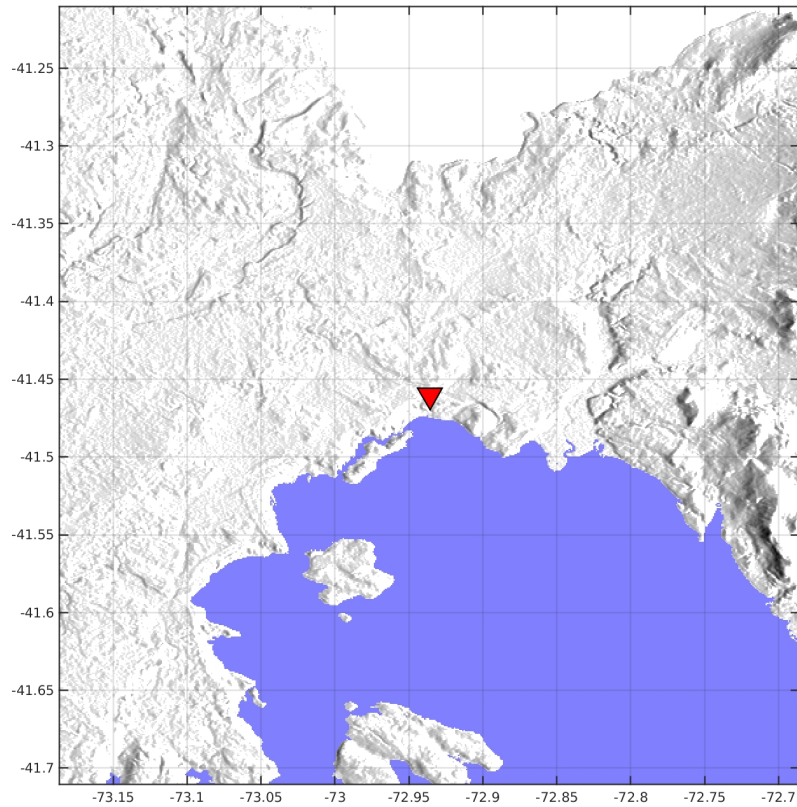


Figura 1: Ubicación del sitio seleccionado. La posición del sitio se indica por medio de un triángulo de color rojo. La imagen sombreada del terreno se basa en el modelo de terreno digital SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de 90 metros de resolución.



### 3. Velocidad de viento a 93 metros

#### 3.1. Estadística Básica

Mes	Medio Diario	Mínimo Diario	Máximo Diario	Variabilidad
	m/s	m/s	m/s	m/s
Enero	$5.5 \pm 1.0$	$2.4 \pm 0.4$	$8.8 \pm 1.6$	$2.3 \pm 0.8$
Febrero	$7.8 \pm 1.5$	$4.2 \pm 0.8$	$11.1 \pm 2.1$	$2.8 \pm 1.1$
Marzo	$5.8 \pm 1.0$	$2.6 \pm 0.5$	$9.0 \pm 1.6$	$2.8 \pm 1.0$
Abril	$5.7 \pm 1.0$	$2.4 \pm 0.4$	$8.7 \pm 1.6$	$2.1 \pm 0.8$
Mayo	$6.5 \pm 1.2$	$2.6 \pm 0.5$	$10.8 \pm 1.9$	$2.9 \pm 1.0$
Junio	$8.9 \pm 1.6$	$5.0 \pm 0.9$	$12.8 \pm 2.3$	$3.2 \pm 1.2$
Julio	$8.8 \pm 1.6$	$4.1 \pm 0.7$	$13.8 \pm 2.5$	$3.7 \pm 1.3$
Agosto	$8.7 \pm 1.6$	$4.5 \pm 0.8$	$13.6 \pm 2.4$	$4.1 \pm 1.5$
Septiembre	$5.9 \pm 1.1$	$2.3 \pm 0.4$	$9.7 \pm 1.8$	$2.9 \pm 1.0$
Octubre	$6.6 \pm 1.2$	$2.7 \pm 0.5$	$10.2 \pm 1.8$	$2.7 \pm 1.0$
Noviembre	$5.8 \pm 1.1$	$2.2 \pm 0.4$	$9.1 \pm 1.7$	$2.2 \pm 0.8$
Diciembre	$6.1 \pm 1.1$	$3.1 \pm 0.5$	$9.0 \pm 1.6$	$2.2 \pm 0.8$
TODOS	$6.8 \pm 0.4$	$3.2 \pm 0.2$	$10.6 \pm 0.6$	$3.1 \pm 0.8$

Cuadro 2: Estadística básica para Velocidad de viento. El promedio diario es el promedio de todos los valores horarios simulados durante el período indicado. El mínimo diario corresponde al promedio del valor mínimo en cada día simulado. De manera similar, el máximo diario es el promedio del valor máximo en cada día simulado. La variabilidad es la desviación estándar del valor medio diario.





### 3.2. Ciclos Medios

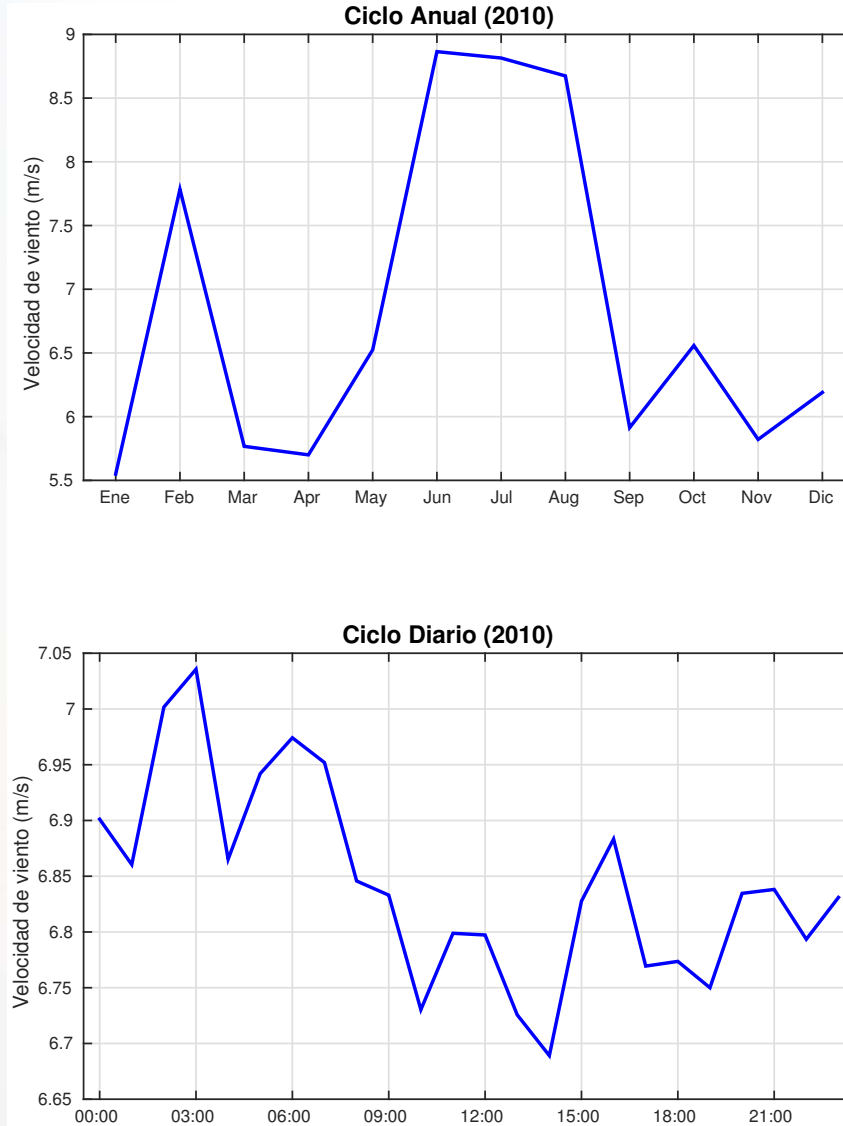


Figura 2: Se muestran los ciclos medios de velocidad de viento a 93 metros según el mes del año (panel superior) y la hora del día (panel inferior), usando todos los datos disponibles en el período de simulación.





### 3.3. Ciclo Mensual

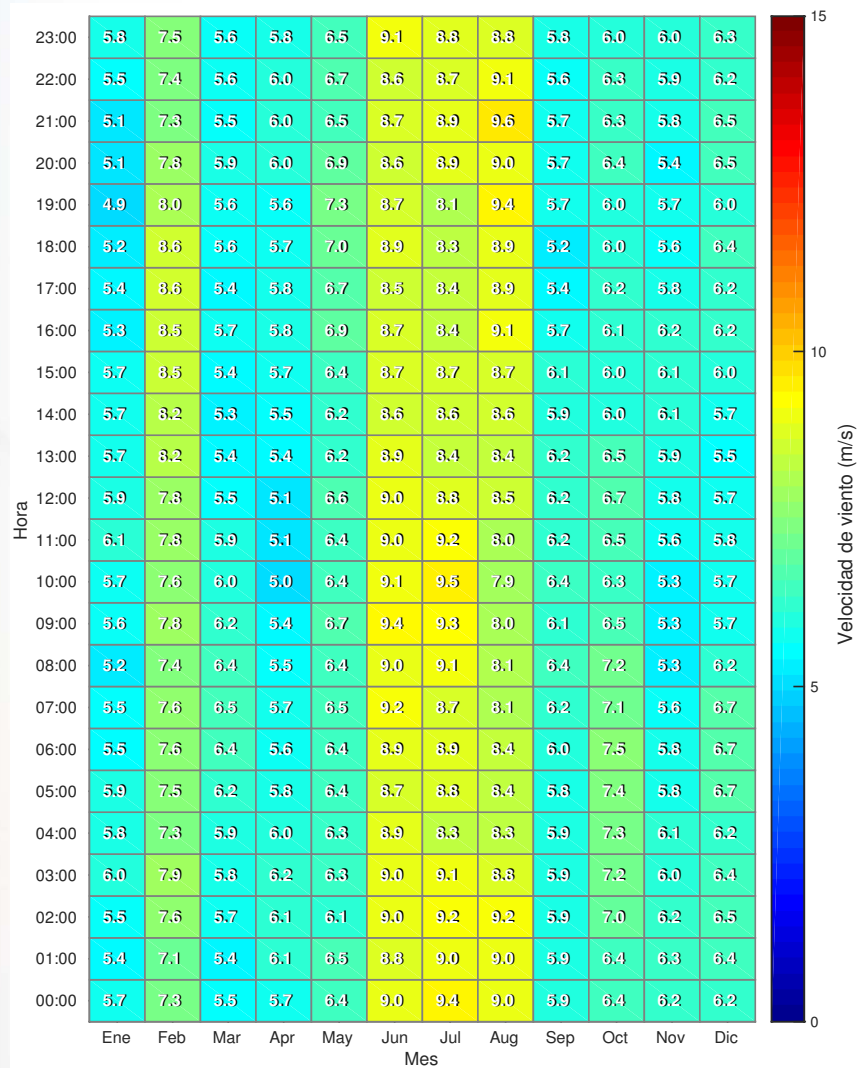


Figura 3: Velocidad de viento a 93 metros según la hora del día (eje vertical) y mes del año. El color y el número indican el promedio para el mes y la hora correspondiente.





### 3.4. Ciclo diario del año completo

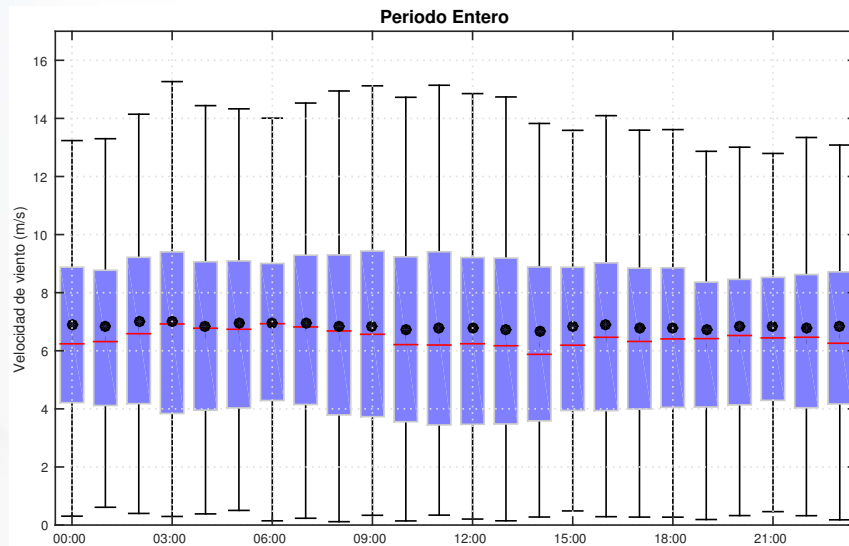


Figura 4: Ciclo diario de velocidad de viento a 93 metros. Los puntos negros indican el promedio de viento en cada hora del día. Las líneas rojas indican el valor mediano de las distribuciones horarias. Las barras azules representan el rango intercuartil. Las barras negras indican el rango de los valores horarios excluyendo valores extremos.





### 3.5. Ciclo diario según estación del año

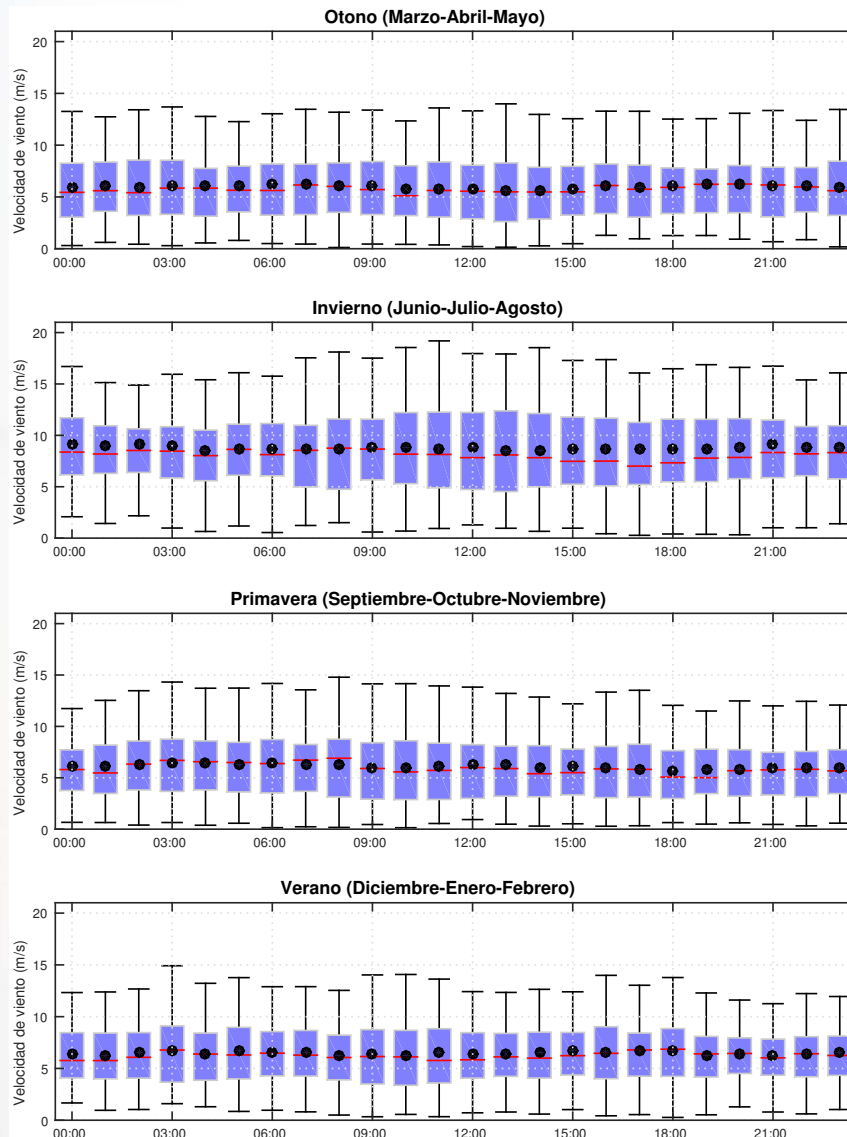


Figura 5: Ciclo diario de velocidad de viento a 93 metros. Los puntos negros indican el promedio de viento en cada hora del día. Las líneas rojas indican el valor mediano de las distribuciones horarias. Las barras azules representan el rango intercuartil. Las barras negras indican el rango de los valores horarios excluyendo valores extremos.





### 3.6. Serie de tiempo

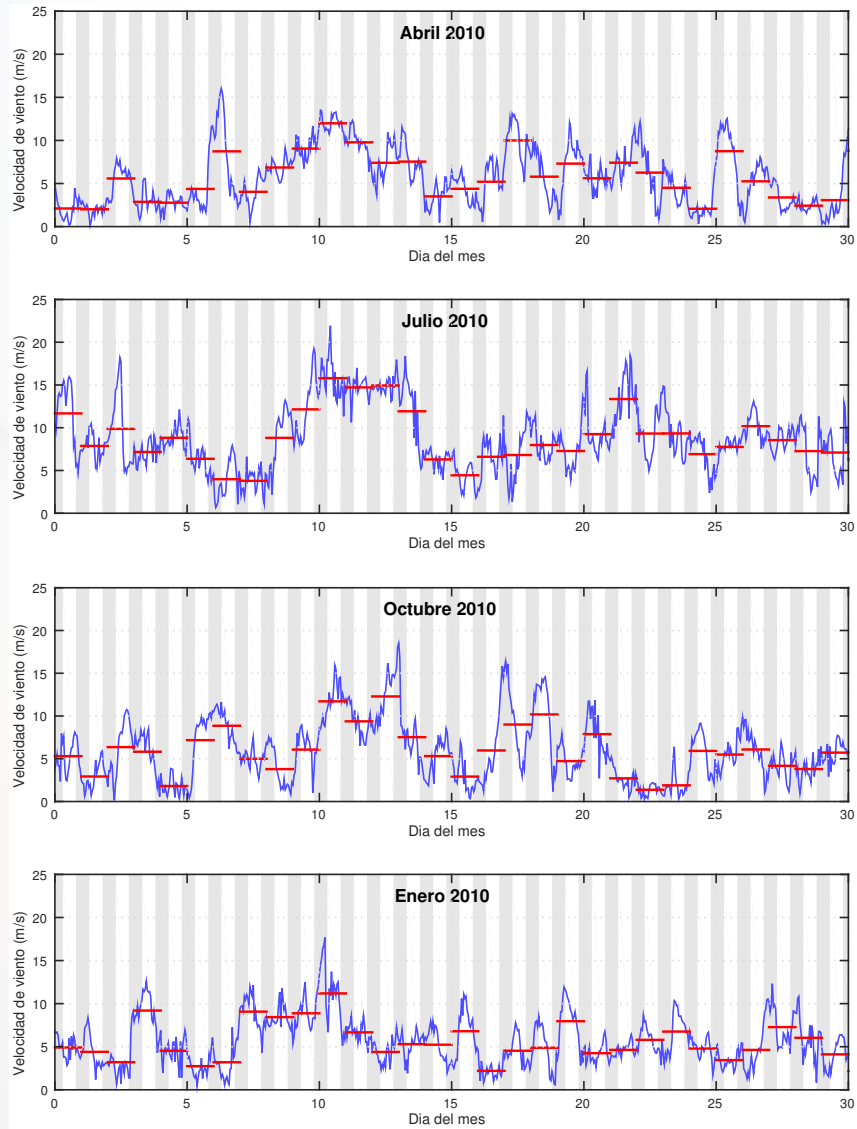


Figura 6: Serie de tiempo de la velocidad de viento a 93 metros. La línea azul indica la serie de valores horarios simulada por el modelo. Las líneas rojas son los promedios diarios.





### 3.7. Distribución de frecuencia para el año completo

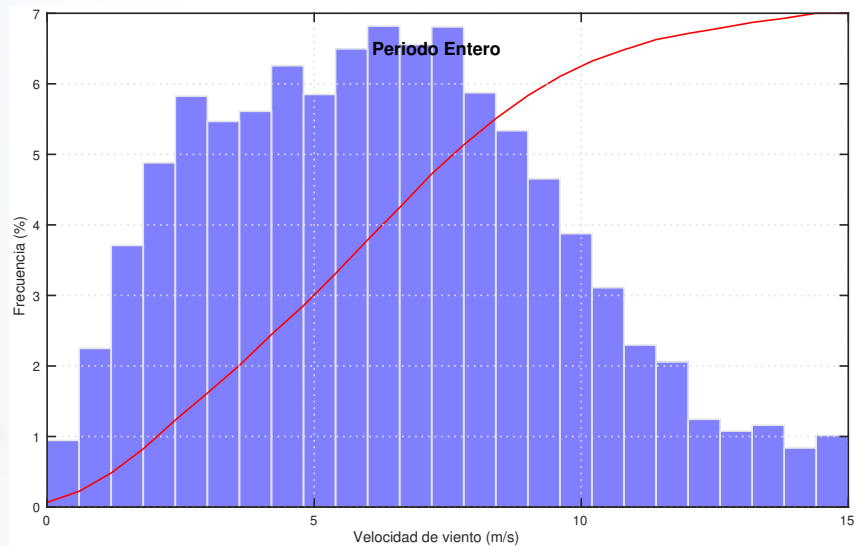


Figura 7: Distribución de frecuencia de la velocidad de viento a 93 metros. Las barras azules representan el porcentaje de valores dentro de cada intervalo. La línea roja es la distribución de frecuencia acumulada.





### 3.8. Distribución de frecuencia según la estación del año

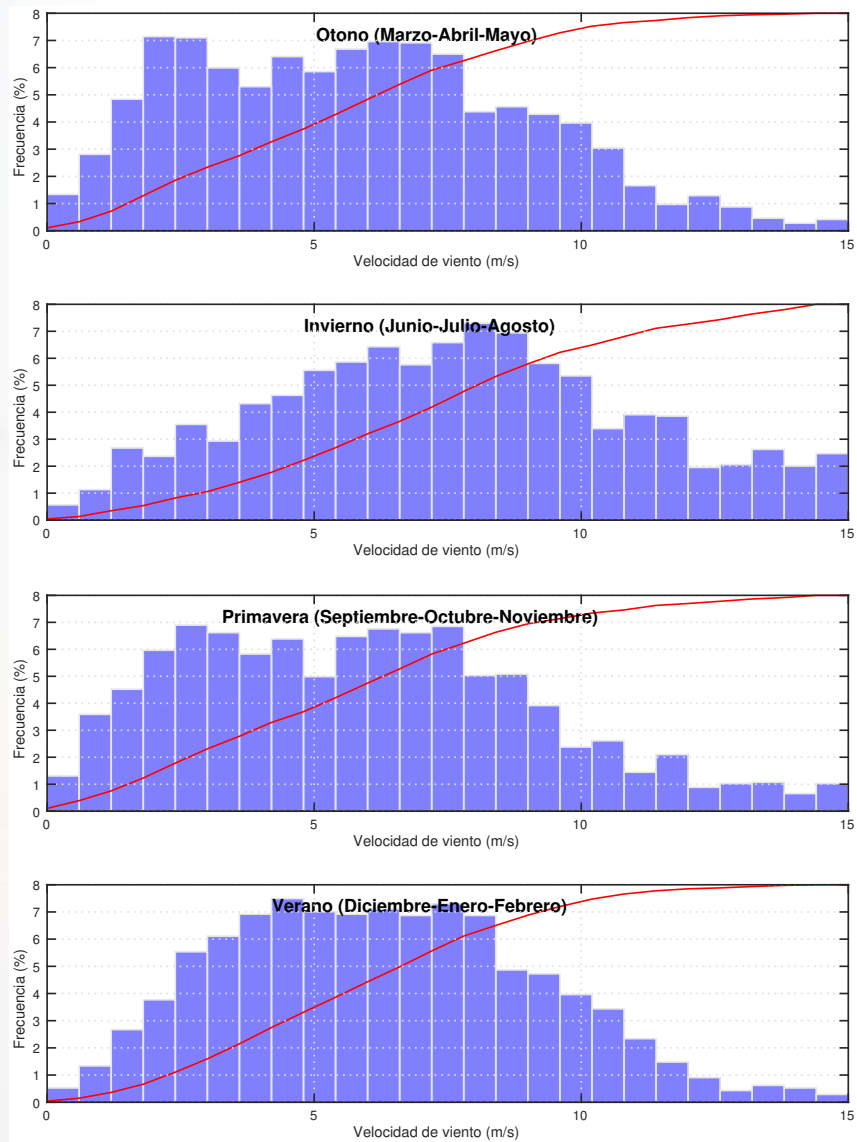


Figura 8: Distribución de frecuencia de la velocidad de viento a 93 metros. Las barras azules representan el porcentaje de valores dentro de cada intervalo. La línea roja es la distribución de frecuencia acumulada.





### 3.9. Rosa del viento para el año completo

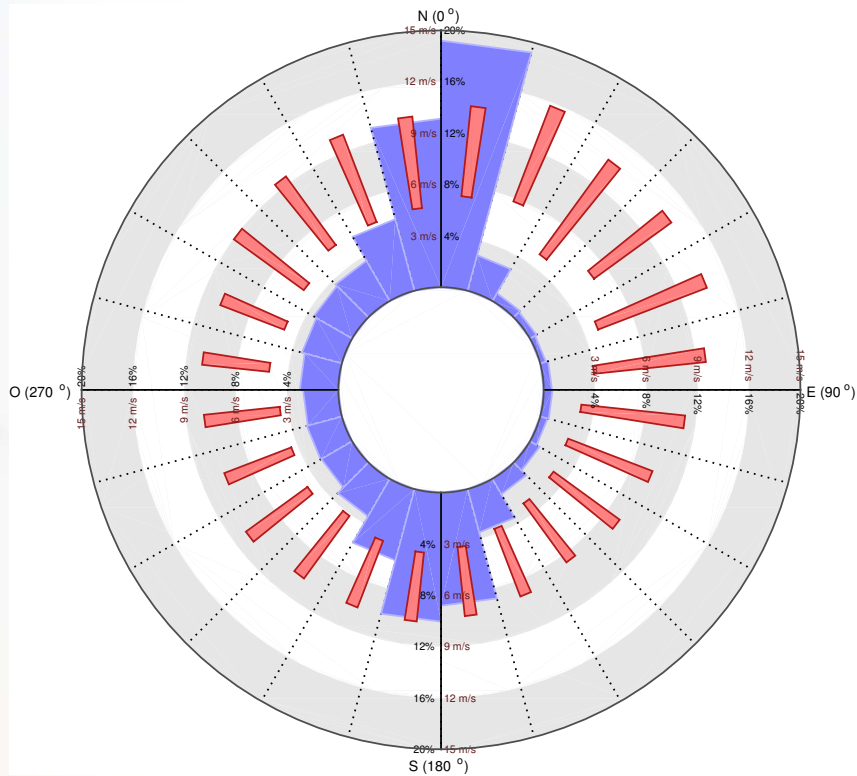


Figura 9: Rosa de la velocidad de viento a 93 metros. Las barras azules indican el porcentaje de los valores horarios según la dirección del viento. Las barras rojas indican el rango inter-cuartil de velocidad de viento para cada intervalo de dirección. La dirección de viento es un ángulo que indica el sector desde donde proviene el viento. En particular: para 0 el viento viene del Norte; para 90 se tiene viento del Este; en el caso de 180 el viento es del Sur; y para 270 se tiene viento del Oeste





### 3.10. Rosa del viento según la estación de año

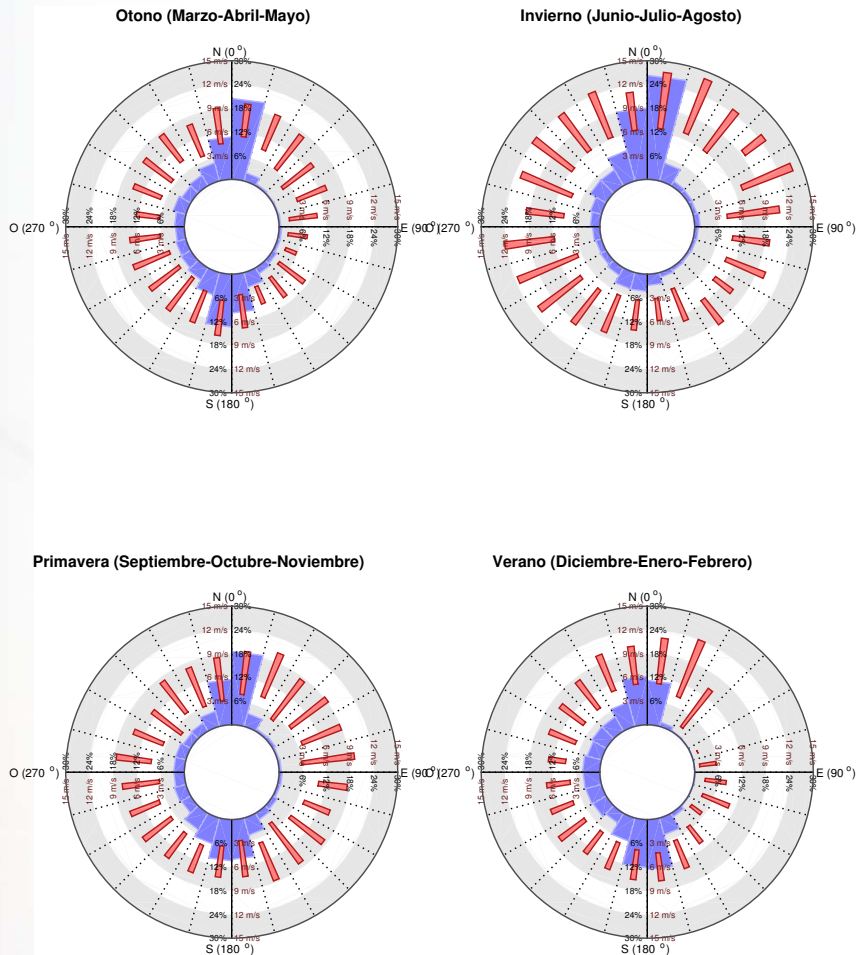


Figura 10: Rosa de la velocidad de viento a 93 metros. Las barras azules indican el porcentaje de los valores horarios según la dirección del viento. Las barras rojas indican el rango inter-cuartil de velocidad de viento para cada intervalo de dirección. La dirección de viento es un ángulo que indica el sector desde donde proviene el viento. En particular: para 0 el viento viene del Norte; para 90 se tiene viento del Este; en el caso de 180 el viento es del Sur; y para 270 se tiene viento del Oeste.



## 4. Perfil vertical

### 4.1. Perfil vertical medio

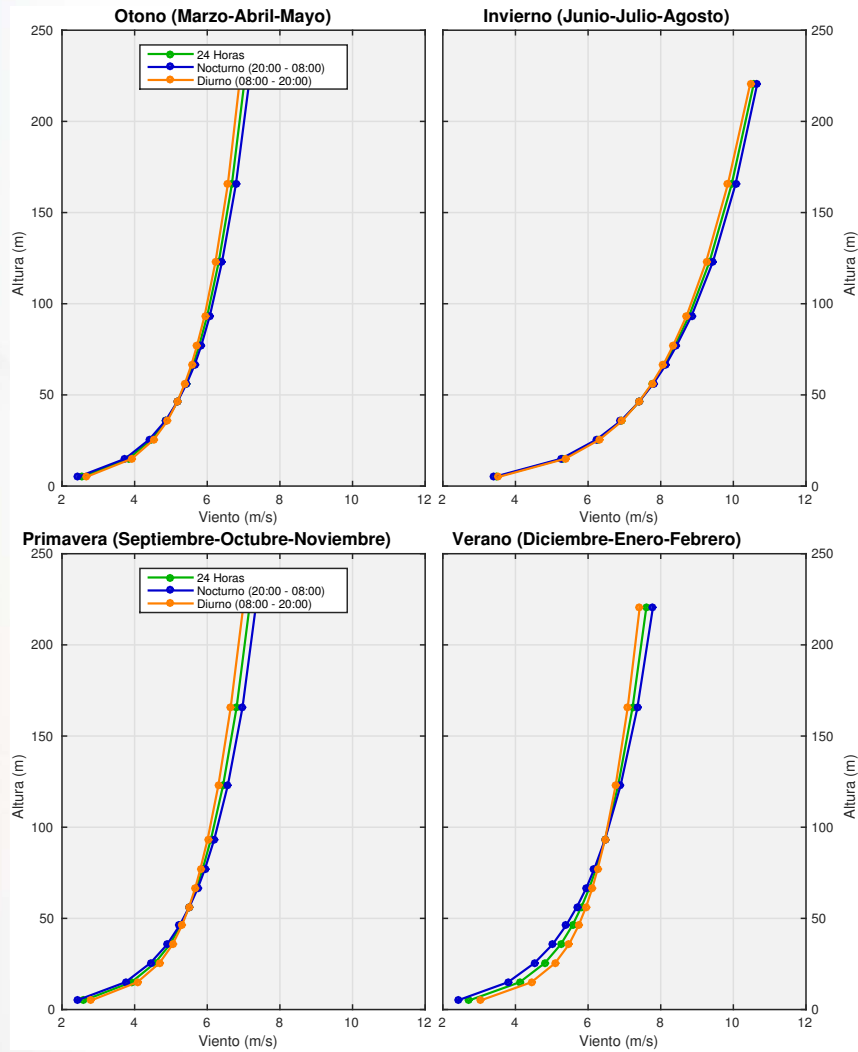


Figura 11: La línea verde representa el promedio de todas las horas del día. La línea azul es el promedio durante la noche, que se considera desde las 20 horas hasta las 8 horas. El perfil naranja corresponde al perfil diurno, y éste considera desde las 8 horas hasta las 20 horas.



## 4.2. Ciclo diario del perfil vertical considerando el año completo

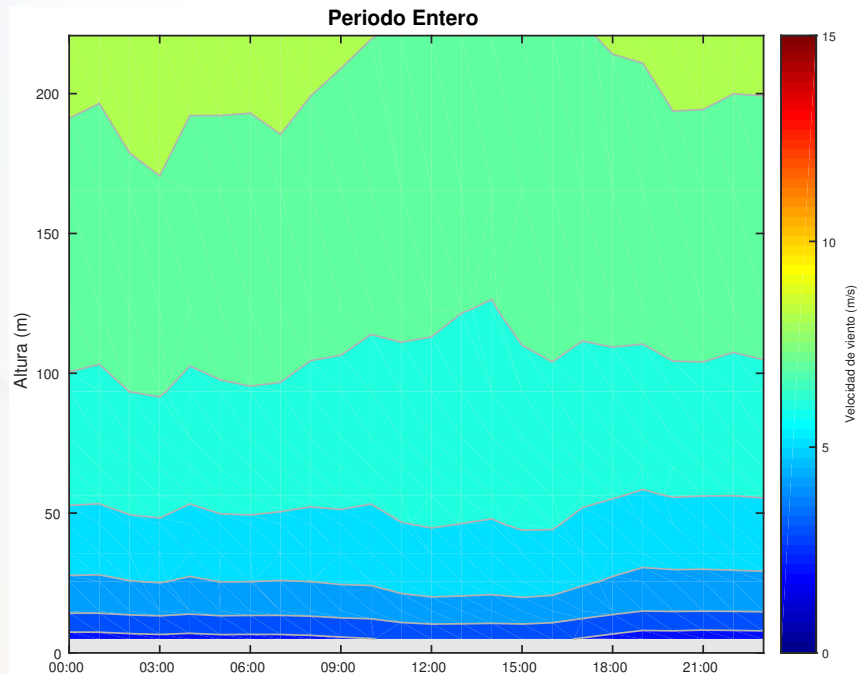


Figura 12: Ciclo diario del perfil vertical. La escala de colores indica la magnitud de la velocidad del viento. Los colores fríos, cercanos al azul, indican valores más bajos, y los colores cálidos, cercanos al rojo, indican valores más altos. Los contornos (líneas grises) tienen un intervalo de 1 m/s.





### 4.3. Ciclo diario del perfil vertical según la estación del año

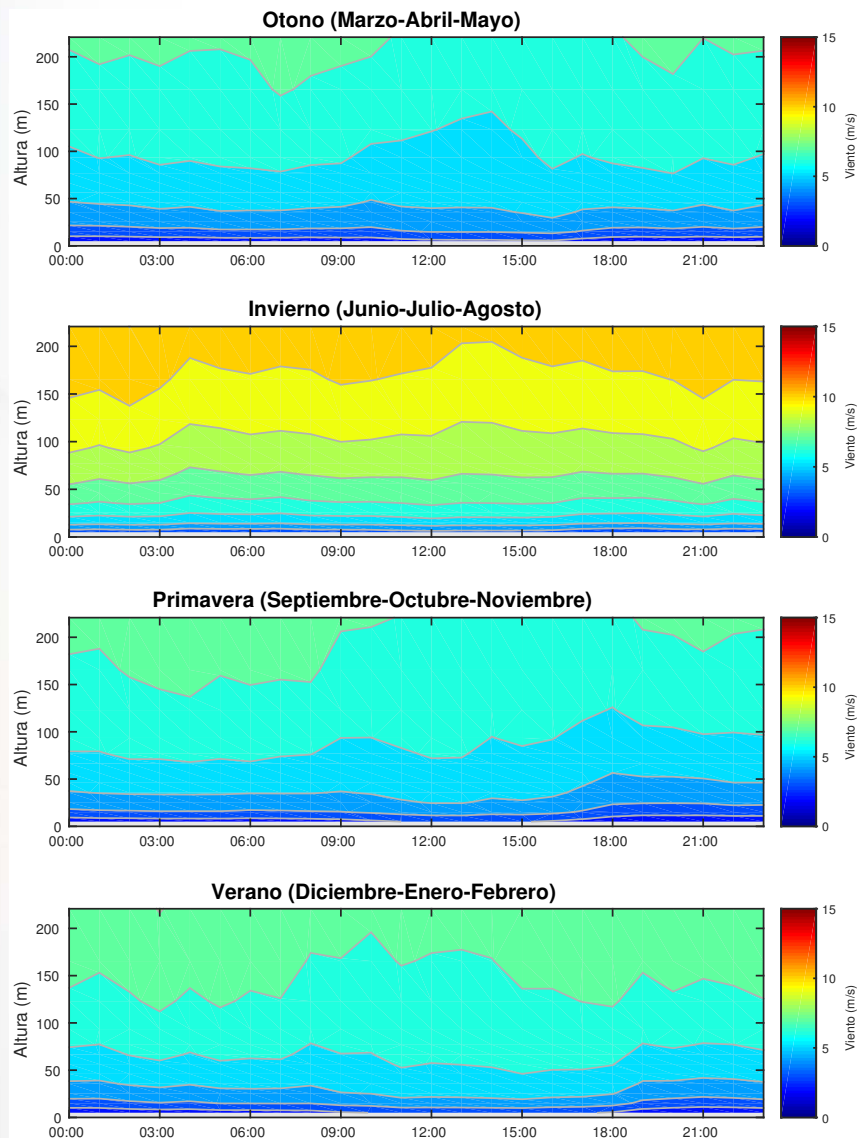


Figura 13: Ciclo diario del perfil vertical. La escala de colores indica la magnitud de la velocidad del viento. Los colores fríos, cercanos al azul, indican valores más bajos, y los colores cálidos, cercanos al rojo, indican valores más altos. Los contornos (líneas grises) tienen un intervalo de 1 m/s.



## 5. ANEXO

### 5.1. Características de la simulación WRF

Modelo Numérico	WRF-ARW (Weather Research and Forecasting: Advanced Research WRF)
Versión	3.2
Resolución horizontal	1 Km
Coordinada vertical	41 niveles, 10 metros de espaciamiento cerca de superficie
Periodo simulado	El año 2010 entero
Intervalo de datos	1 hora
Condición de borde lateral	Análisis operacional del modelo GFS-4 (Global Forecast System)
Elevación de terreno	SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)
Características de superficie	MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectrometer)

Cuadro 3: Información técnica sobre la configuración del modelo atmosférico. Para mayor detalle se recomienda consultar la documentación disponible en línea.

