

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor Patrocinante: Álvaro Suazo Schwencke

**“DISTRIBUCIÓN DE LA VELOCIDAD Y DIRECCIÓN
DEL VIENTO EN LA COMUNA DE CABRERO”**

**Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el
Título de Ingeniero Civil**

PABLO MATUS MELANI

Concepción, Agosto de 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por estar en cada momento de mi vida y darme las fuerzas necesarias para terminar este proceso universitario.

Agradezco también a mi madre, por ser la mayor motivación para finalizar mi formación de universitaria, por los sacrificios realizados y por su amor incondicional en cada momento de mi vida.

Agradezco mis seres queridos, por el cariño y preocupación constante durante el transcurso de mi vida estudiantil.

Agradezco a Katy por llegar a mi vida, por su compañía y comprensión durante el desarrollo de este trabajo.

Agradezco mi profesor guía por los consejos, orientación e interés que siempre manifestó en el desarrollo de este Proyecto de Título.

Índice General

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TÍTULO	3
1.2. OBJETIVOS.....	4
1.2.1. Objetivo General.....	4
1.2.2. Objetivos Específicos	4
1.3. VIENTO.....	5
2. METODOLOGÍA.....	6
2.1. RECOPIACIÓN DE LOS REGISTROS DISPONIBLES	6
2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS SERIES DE DATOS SEGÚN SU ESCALA TEMPORAL.....	6
2.3. PROCESO ESTADÍSTICO DE LAS SERIES	7
2.4. DETERMINACIÓN DE HOMOGENEIDAD ENTRE ESTACIONES	7

2.5	IDENTIFICACIÓN DE PERÍODOS CARACTERÍSTICOS SEGÚN LA DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO	9
2.6	ANÁLISIS DE VARIABILIDAD HORARIA DIURNA Y NOCTURNA DEL VIENTO.....	10
2.6.1	Variabilidad Horaria a Largo Plazo.....	10
2.7	ANÁLISIS DE CLASES DE VIENTO Y DIRECCIONES.....	10
2.7.1	Análisis de la Dirección del Viento Según la Rosa de los Vientos	11
2.8	EXTRAPOLACIÓN DE DATOS	12
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	13
3.1	ESCALA TEMPORAL	13
3.2	HOMOGENEIDAD DE LAS ESTACIONES	18
3.3	PERÍODOS CARACTERÍSTICOS SEGÚN LA DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO.....	19
3.4	VARIABILIDAD HORARIA DIURNA Y NOCTURNA DEL VIENTO	22
3.4.1	Variabilidad Horaria a Largo Plazo.....	22
3.5	CLASES DE VIENTO Y DIRECCIONES	26
3.6	EXTRAPOLACIÓN DE LA INFORMACIÓN	30
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
	BIBLIOGRAFÍA.....	33

ANEXOS.....	35
ANEXO A: ANTECEDENTES GENERALES Y REGISTRO DE DATOS UTILIZADOS DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO	36
ANEXO B: DETERMINACION DE HOMOGENEIDAD DE LAS ESTACIONES.....	57
B1. Prueba de Hipótesis con Respecto a las Medias de dos Distribuciones con Varianzas Desconocidas	58
ANEXO C: IDENTIFICACIÓN DE PERÍODOS CARACTERÍSTICOS	64
C1. PRUEBA CON RESPECTO A LAS MEDIAS DE DOS DISTRIBUCIONES CON VARIANZAS CONOCIDAS	65
C2. IDENTIFICACIÓN DE PATRONES CARACTERÍSTICOS	73
ANEXO D: VARIABILIDAD HORARIA DIURNA Y NOCTURNA DEL VIENTO	75
D1. VARIABILIDAD HORARIA A LARGO PLAZO	76

DISTRIBUCIÓN DE LA VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO EN LA COMUNA DE CABRERO, CHILE

Autor: Pablo Fernando Matus Melani

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío -Bío

Correo electrónico: pabmatus@alumnos.ubiobio.cl

Profesor patrocinante: Álvaro Suazo Schwencke

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

Correo electrónico: asuazo@ubiobio.cl

RESUMEN

En esta investigación se estudia la velocidad y dirección del viento de la comuna de Cabrero, región del Biobío, Chile. El análisis se realizó con los datos proporcionados por el sistema de información nacional de la calidad del aire (SINCA). Los resultados obtenidos por la estación Colicheu y Progreso permitieron visualizar hacia donde se dirige y con qué velocidad se comporta el viento. Se comparó estadísticamente diferentes escalas temporales (anual, mensual, diaria) y con eso se logró observar la existencia de períodos característicos y también cómo se comporta el viento durante el día y la noche. Para corroborar la existencia de períodos característicos, se realizó la prueba de hipótesis estadística, dando como resultado cuatro períodos similares a las estaciones del año. Para escalas anuales y mensuales se observó mayor velocidad del viento en el día que en la noche, y en la dirección del viento diferencias hasta 40°aproximadamente. Finalmente, se extrapola los datos a toda la comuna de Cabrero, donde se establece que la dirección del viento predominante está entre S-SSW y la velocidad del viento se concentra en un rango de 0 a 3 m/s. Estos resultados aportan en la ubicación para la instalación de futuros proyectos ingenieriles, tener un control de los contaminantes del aire y como base para el estudio del viento como fuente de energía.

Palabras claves: Dirección, velocidad, viento, Colicheu, Progreso.

6.564 Palabras Texto + 17Figuras/Tablas*250 + 0Figuras/Tablas*500 =10.814 Total

DISTRIBUTION OF SPEED AND DIRECTION OF THE WIND IN CABRERO, CHILE

Author: Pablo Fernando Matus Melani

Civil and Environmental Engineering Department, University of Bío -Bío

E-mail: Pabmatus@alumnos.ubiobio.cl

Advisor: Álvaro Suazo Schwencke

Civil and Environmental Engineering Department, University of Bío -Bío

E-mail: asuazo@ubiobio.cl

ABSTRACT

In this research speed and direction of the wind are studied in Cabrero, a city located in the Biobío region, Chile. The analysis was performed with data provided by the national information system for air quality (SINCA). The results obtained by the Colicheu and Progress stations allowed to visualize where the winds is going to and how fast it behaves. Data was statistically compared by different time scales (annually, monthly, daily). With the information provided, it was possible to observe the existence of characteristic periods and also how the wind behaves during the day and night. To corroborate the existence of characteristic periods a statistical hypothesis testing was performed, resulting four periods similar to the seasons of the year. For annual and monthly scales, it was observed major speed of the wind in day that in the night, and in wind direction differences up to 40° approximately. Finally, data was extrapolated to the entire Cabrero area, which states that the prevailing wind direction is between S-SSW and wind speed and focus on a range of 0 to 3 m/s. This results provide the location for future engineering projects installations, to have control of air pollutants and as a base for the study of wind as an energy source.

Keywords: Direction, speed, wind, Colicheu, Progreso.

6.564 Text words + 17 Figures/Tables*250 + 0 Figures/Tables*500 = 10.814 Total

1. INTRODUCCIÓN

Cabrero es una comuna chilena perteneciente a la Provincia del Biobío, Región del Biobío. Esta comuna presenta problemas de contaminación del aire (Actas CCOSC, 2014), los cuales generan impactos en la salud de la población. En este contexto, se hace necesaria la revisión y la modelación de distribución de los contaminantes emitidos por la actividad industrial y energética en la zona.

En el presente estudio se trabajará con los datos del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA). Las estaciones Colicheu y Progreso de la comuna de Cabrero entregan los parámetros contaminantes y meteorológicos para abordar y buscar una solución al problema que se enfrenta esta comuna.

1.1 Justificación del Proyecto de Título

La comuna de Cabrero, al igual que otras ciudades de la depresión intermedia del centro sur de Chile, sufre problemas de contaminación del aire por material particulado. En esta comuna se han desarrollado proyectos, como centrales de biomasa, a los cuales se les ha exigido registrar la calidad del aire a través del sistema de evaluación ambiental. Una de las variables relevantes en la dispersión del material particulado es el viento. Además del control de la contaminación del aire, estos datos pueden aportar a determinar la capacidad de aprovechamiento de la energía eólica potencialmente disponible.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo General

Analizar la distribución de la velocidad y dirección del viento en la comuna de Cabrero, a partir de datos del sistema de información de la calidad del aire (SINCA).

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar promedios de la velocidad y de la dirección del viento con los registros de la información disponible.
- Comparar estadísticamente la velocidad y dirección del viento de las estaciones disponibles de acuerdo a la variabilidad anual, mensual, diaria y horaria.
- Identificar la distribución de la velocidad y dirección del viento según períodos característicos.
- Extrapolar los datos al resto de la comuna.

1.3 El Viento

El viento es un parámetro meteorológico de estado de movimiento del aire, en que la dirección de éste se dirige paralelamente a la superficie de la tierra. En meteorología se estudia el viento como aire en movimiento tanto horizontal como verticalmente. Los movimientos verticales del aire caracterizan los fenómenos atmosféricos locales, como la formación de nubes de tormenta.

Se denomina propiamente "viento" a la corriente de aire que se desplaza en sentido horizontal, reservándose la denominación de "corriente de convección" para los movimientos de aire en sentido vertical.

El viento es causado por las diferencias de temperatura existentes al producirse un desigual calentamiento de las diversas zonas de la Tierra y de la atmósfera. Las masas de aire más caliente tienden a ascender, y su lugar es ocupado entonces por las masas de aire circundante más frío y, por lo tanto, más denso. Al producirse este desequilibrio, las masas de aire se moverán de manera discontinua e irregular, lo que conduce su desplazamiento a zonas donde existe menor presión.

La dirección del viento depende de la distribución y evolución de los centros isobáricos; se desplaza de los centros de alta presión (anticiclones) hacia los de baja presión (ciclones o depresiones) y su fuerza es tanto mayor cuanto mayor es la gradiente de presiones. En su movimiento, el viento se ve alterado por diversos factores tales como el relieve y la fuerza de Coriolis.

En superficie, el viento viene definido por dos parámetros: la dirección en el plano horizontal y la velocidad. Para analizar la dirección, ésta se fija indicando el punto de procedencia, por ejemplo, viento norte. Para determinar la velocidad, puede ser por medición directa por algún equipo o por medio de la presión dinámica ejercida sobre algún objeto.

2. METODOLOGÍA

Para lograr de manera satisfactoria los objetivos de este estudio, se entrega la descripción de la metodología general empleada.

2.1 Recopilación de los registros estadísticos disponibles

Esta actividad contempló la recopilación de los registros de datos disponibles por el Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINCA). Las estaciones Colicheu y Progreso proporcionaron los parámetros meteorológicos: dirección y velocidad del viento. Las estaciones de Progreso y Colicheu se ubican en la comuna de Cabrero perteneciente a la Región del Biobío. La estación Progreso con coordenadas UTM (740990 E; 5894115 N) y Colicheu con Coordenadas UTM (743195 E; 5899021 N).

2.2 Clasificación de las series de datos según su escala temporal

La estación de Colicheu tiene fecha de primer registro el 13 de marzo del 2012 y la estación de Progreso el 04 de septiembre del 2012.

Después de recopilar los datos meteorológicos de cada estación, se clasificaron en tablas de acuerdo a la velocidad y la dirección del viento y, por otra parte, según una escala temporal, es decir, en series anuales, mensuales, diarias y horarias, ya que la frecuencia con la que las estaciones registran los datos es cada una hora.

Se confeccionó un resumen anual de los datos disponibles y faltantes de dirección y velocidad para las dos estaciones disponibles. Los datos que faltan se muestran en el Anexo A, en la Tabla A.2 y A.3.

El “Test de Datos Dudosos”, recomendado por la U.S Water Resources Council, se aplica para asegurar que no existan datos que se alejen significativamente de la tendencia general de la información restante. Por lo general, los datos dudosos surgen por fallas en los equipos de medición o por errores humanos. No se aplicará este test, debido a que la dirección y velocidad del tiempo son parámetros que arrojan valores continuos y que se encuentran un rango determinado. También porque el porcentaje de datos faltantes es pequeño en general y, por otro lado, las dos estaciones presentan tramos de datos faltantes prácticamente en el mismo período. Por consiguiente, se trabaja con los datos existentes, para una mejor representación de los datos.

Sin embargo, para el análisis de resultados se tendrá en consideración la ausencia de datos en los meses de abril, mayo y junio de 2013, puesto que es la más significativa.

2.3 Proceso estadístico de las series

Con las series estadísticas completas y ordenadas, se procederá a efectuar la caracterización estadística de las mismas. Este proceso consiste en la determinación de los indicadores estadísticos básicos para las series anuales, mensuales y diarias.

Se determinará para las series medias anuales, mensuales y diaria los indicadores estadísticos: valor medio, varianza muestral y desviación estándar.

2.4 Determinación de homogeneidad entre estaciones

Con la necesidad de determinar si los datos de la estación Colicheu es homogénea con los datos de la estación Progreso, se hace indispensable un correcto análisis. Para ello, se utiliza dos tipos de análisis que se hacen de forma independiente a la velocidad y dirección del viento.

Para corroborar el análisis preliminar, que consiste en ver si las dos estaciones en estudio son homogéneas, se recurrirá a un proceso estadístico de contraste de hipótesis para comparar los datos registrados y ver si la diferencia es significativa. Se consideró un nivel de significancia de un 5%.

Este análisis estadístico consiste en plantear una hipótesis que se podrá o no rechazar con toda certeza. En este caso, se seguirá un proceso donde se estudiará parte de la población total de cada una de las estaciones. Asumiendo el riesgo de estar equivocados, se decidirá si rechazar o no la hipótesis planteada.

Se escoge muestras independientes de cada estación y se verá si los valores de esa muestra tienen tendencia a ser mayores que los de la otra.

Consiste en formular la hipótesis estadística: El promedio mensual del año 2014 de la estación Colicheu presenta una diferencia suficiente en comparación con el promedio mensual de la estación Progreso para corroborar si son homogéneas las estaciones.

Hipótesis nula (H_0): No existe una diferencia significativa entre la media de un mes de la estación de Colicheu con respecto la media de un mes de la estación Progreso, del año 2014. $H_0: \mu_x - \mu_y = \delta_0$

Hipótesis Alternativa (H_1): Existe una diferencia significativa entre la media de un mes de la estación de Colicheu con respecto la media de un mes de la estación Progreso, del año 2014. $H_1: \mu_x - \mu_y \neq \delta_0$, en donde δ_0 representa la diferencia propuesta entre los valores desconocidos de las medias y toma valores positivos o cero.

Se utilizó la Prueba de Hipótesis con Respecto a las Medias de dos Distribuciones con Varianzas Iguales pero Desconocidas, donde el valor estadístico t, grado de libertad ν y valor crítico del cuantil se encuentran tabulados en el Anexo B.

2.5 Identificación de períodos característicos según la dirección y velocidad del viento

Se identificó patrones de característicos según la estación de Colicheu en el año 2014, con el software SPSS Statistics 23. La hipótesis del Investigador considera que el promedio mensual del año 2014 presenta una diferencia suficiente de cada mes entre sí para separar por períodos característicos esta información.

Hipótesis nula (H_0): No existe una diferencia significativa entre la media de un mes respecto a los otros meses del año 2014.

Hipótesis Alternativa (H_1): Existe una diferencia significativa entre la media de un mes respecto a los otros meses del año 2014.

Criterio para decidir si se rechaza o no la hipótesis es:

Si la probabilidad obtenida $\text{Sig} \leq \alpha$, implica que se rechace H_0 (Se acepta H_1)

Si la probabilidad obtenida $\text{Sig} > \alpha$, implica que no rechace H_0 (Se acepta H_0)

Sig: Grado o nivel de significancia entregado por el software SPSS.

α : 0,05 Grado o nivel de significancia preestablecido de acuerdo a un nivel de confianza 95%.

2.6 Análisis de variabilidad horaria diurna y nocturna del viento

Con el fin de encontrar variaciones significativas de la velocidad y dirección del viento durante la noche y el día, se hace necesario un análisis estadístico más detallado. Para ello, se profundiza en las series anuales, mensuales de cada estación.

Se estableció un período diurno desde las 8:00 horas hasta las 19:59 horas, y un período nocturno entre las 20:00 horas hasta las 7:59 horas del día siguiente.

2.6.1 Variabilidad Horaria a Largo Plazo

Con los períodos diurno y nocturno se volvieron analizar las medias de las series anuales y mensuales del año 2012 al año 2016, para cada estación. Este análisis sirve para poder comparar la variabilidad en períodos de tiempo largos. Los datos utilizados se encuentran en el Anexo D.

2.7 Análisis de clases de viento y direcciones

La velocidad del viento se puede medir según la escala de Beoufort, que consiste en asignar distintas intensidades del viento según su velocidad. Se contabilizó las distintas velocidades estudiadas en el trabajo de investigación para asignarle su clase de viento según la escala descrita en el Anexo A, Tabla A1.

Ya asignada cada velocidad es necesaria una distribución de clase o de datos agrupados que consiste en una distribución en la que las disposiciones tabulares de los datos estadísticos se encuentran ordenados en clases y con la frecuencia de cada clase, es decir, los datos originales de varios valores adyacentes del conjunto se combinan para formar un intervalo de clase.

2.7.1 Análisis de la Dirección del Viento Según la Rosa de los Vientos

La rosa de los vientos sirve para representar de manera gráfica simultáneamente la relación que existe entre las características que componen el viento. En este caso, se representa la velocidad y dirección del viento, que son los parámetros meteorológicos de la investigación. Para este caso, el análisis se hizo con dieciséis direcciones que se detallan en la tabla N° 1.

Para este análisis que relaciona la velocidad con la dirección del viento, se tabula los registros teniendo en consideración los valores que no tienen velocidad o dirección. Éstos son valores perdidos o incompletos que pueden afectar los resultados finales. Pese a lo anterior, es a través de la Rosa de los Vientos que se visualiza de mejor manera las direcciones y clases de viento más predominantes de cada estación. También se añadió el vector promedio de la dirección del viento de los datos analizados.

Tabla N° 1: Rumbos co-colaterales considerados, expresados según la Rosa de los Vientos y en grados. (Fuente: Elaboración Propia)

DIRECCIÓN ROSA DE LOS VIENTOS	DIRECCIÓN EN GRADOS (°)	DIRECCIÓN ROSA DE LOS VIENTOS	DIRECCIÓN EN GRADOS (°)
N	348,75 - 11,25	S	168,75 - 191,25
NNE	11,25 - 33,75	SSW	191,25 - 213,75
NE	33,75 - 56,25	SW	213,75 - 236,25
ENE	56,25 - 78,75	WSW	236,25 - 258,75
E	78,75 - 101,25	W	258,75 - 281,25
ESE	101,25 - 123,75	WNW	281,25 - 303,75
SE	123,75 - 146,25	NW	303,75 - 326,25
SSE	146,25 - 168,75	NNW	326,25 - 348,75

2.8 Extrapolación de datos

Es el proceso de estimar más allá del intervalo de observación original el valor de la variable, con base en su relación con otra variable. Es similar a la interpolación, la cual produce estimados entre las observaciones conocidas. A diferencia de ésta, la extrapolación es sujeta a una mayor incertidumbre y a un mayor riesgo de producir resultados insignificantes. Extrapolación también puede significar extensión de un método, asumiendo que se pueden aplicar métodos similares.

Para este estudio se extrapolan los datos de las estaciones para saber cómo se comporta el viento principalmente donde se concentra el flujo de personas en la comuna de Cabrero, con los resultados de las series completas (2012-2016) mostrados en la rosa de los vientos, en la cual se visualiza dónde se dirige el viento con la magnitud de la intensidad de la clase de viento. Teniendo esto, más las coordenadas UTM por medio de Google Earth, se enlaza la rosa de los vientos con en el sector donde se ubican las estaciones.

El perímetro que abarca cada rosa de los vientos es de 1 km por lo que se expande a 3 km. Teniendo en consideración esto, se formaron polígonos de acuerdo a como incide el viento de cada estación y dividió en 3 áreas de influencia. Por otra parte, para una mejor representación se promedió los datos de las dos estaciones y se creó una rosa de los vientos en el área de la zona intermedia.

En base a lo anterior, la extrapolación en este proyecto de investigación consiste en tener áreas de influencia con el fin de una mejor interpretación de cómo se comporta el viento en la zona céntrica de Cabrero.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Con la metodología propuesta aplicada a los datos registrados de las estaciones de Cabrero, se obtienen los resultados para cada sección estudiada. Se harán tablas resumidas y anexo de resultados para la información que sea necesaria.

3.1 Escala temporal

Se clasificaron los datos de cada estación según una escala temporal, es decir, en series anuales, mensuales, diarias y horarias. Las tablas correspondientes a cada serie se encuentran en el Anexo A.

a-) **Serie Anual:** Corresponde al promedio de los datos mensuales de cada año. Desde el año 2012 a 2016.

De la gráfica de la serie media anual para la dirección del viento (Figura N°1) se puede observar que para ambas estaciones el año 2012 registra el menor promedio de datos, con 168°; por su parte, el año 2016 registra el promedio mayor para la estación Progreso, con 186 y para la estación Colicheu el mayor promedio el año 2013, con 183. Esto indica que en general la dirección predominante para ambas estaciones a escala anual corresponde a la dirección S.

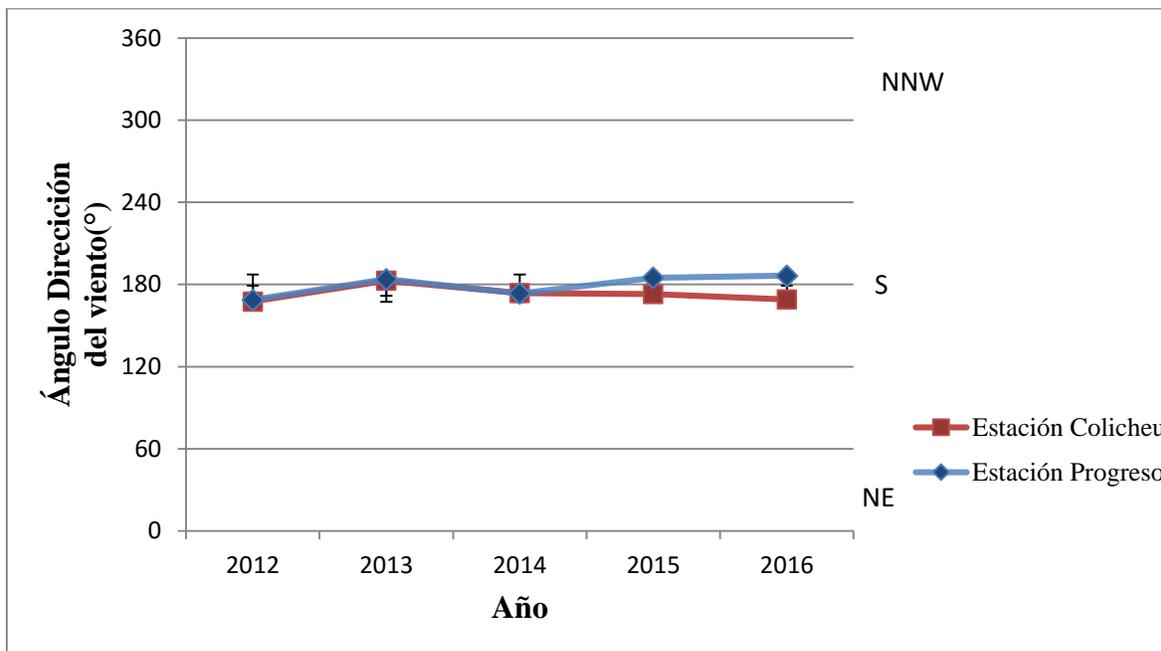


Figura N°1: Registro Medio Anual de Datos de Dirección de Viento (Fuente: Elaboración Propia)

De la gráfica de la serie media anual para la velocidad del viento (Figura N°2) se puede observar que para la estación Colicheu el año 2016 registra el menor promedio de datos, con 1,15 m/s y el año 2014 registra el promedio mayor para la estación Progreso, con 2,06 m/s. Sin embargo, para los años 2012, 2013 y 2016 son series incompletas, por lo que la más representativa son los años 2014 y 2015. Por lo tanto, la velocidad predominante el general a escala anual se encuentra entre 1,5 y 2 m/s.

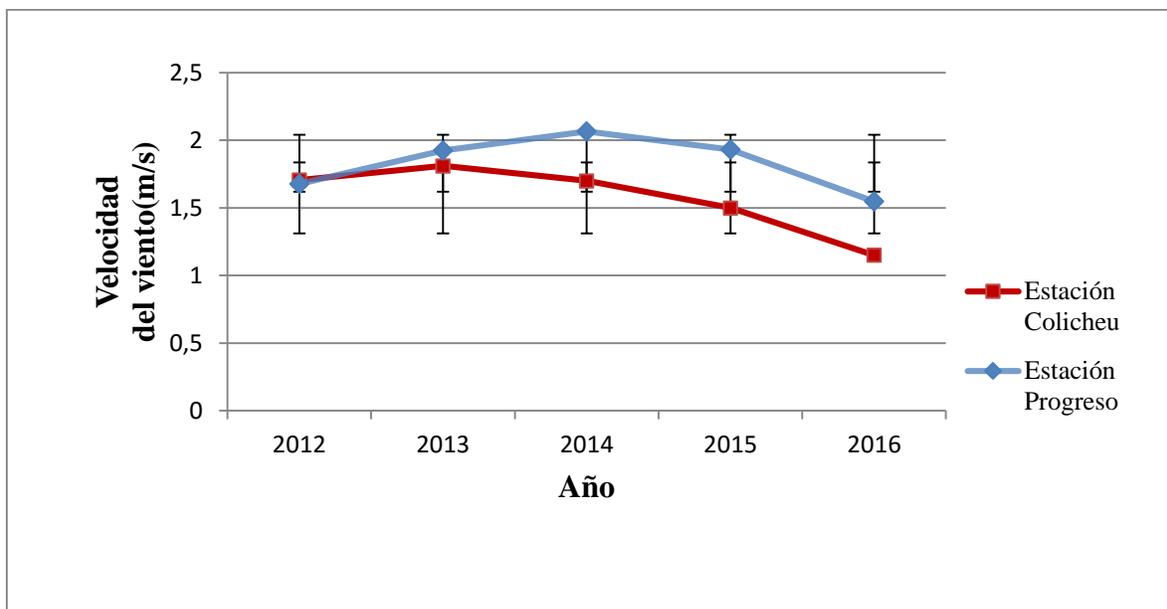


Figura N°2: Registro Medio Anual de Datos de Velocidad del Viento (Fuente: Elaboración Propia)

b-) **Serie Mensual:** Es el promedio de los datos diarios de cada mes de un año característico.

Con el mismo análisis a escala mensual para la dirección del viento, la Figura N°3 muestra que ambas estaciones siguen la misma tendencia direccional a lo largo del año. El promedio mínimo ocurre durante el mes junio, con 126 para Colicheu y 145 para Progreso, lo que corresponde a una dirección SE.

El promedio máximo ocurre durante el mes de enero, con 205 para Colicheu y 202 para Progreso, lo que indica una dirección SSW.

Estos valores indican que en las direcciones existen tendencias estacionales que se encuentran según el abanico de direcciones entre SE-SSW en una escala mensual.

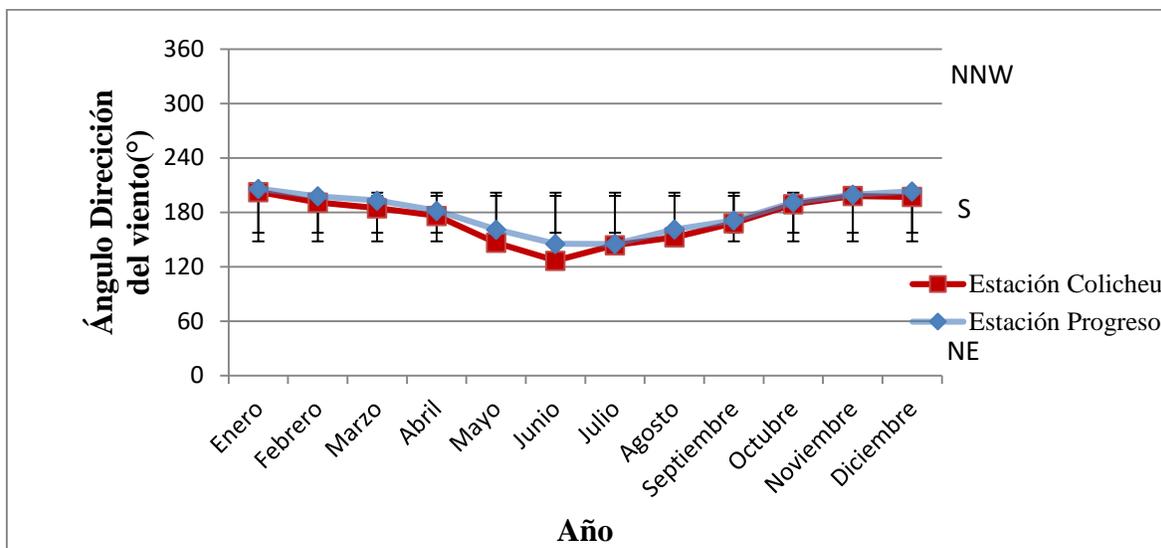


Figura N°3: Registro Medio Mensual de Datos de Dirección de Viento (Fuente: Elaboración Propia)

El análisis a escala mensual para la velocidad del viento en la Figura N°4 muestra que en ambas estaciones de Enero a Abril la velocidad disminuye, luego aumenta y se mantiene constante, lo que reafirma que existen tendencias estacionales.

Por otro lado, la velocidad promedio de la estación Progreso en general está sobre el promedio de la estación Colicheu en el transcurso de un año. Por último, al igual que la escala anual, la velocidad promedio es similar a la escala mensual, ya que ésta se encuentra entre 1,26 y 2,27 m/s.

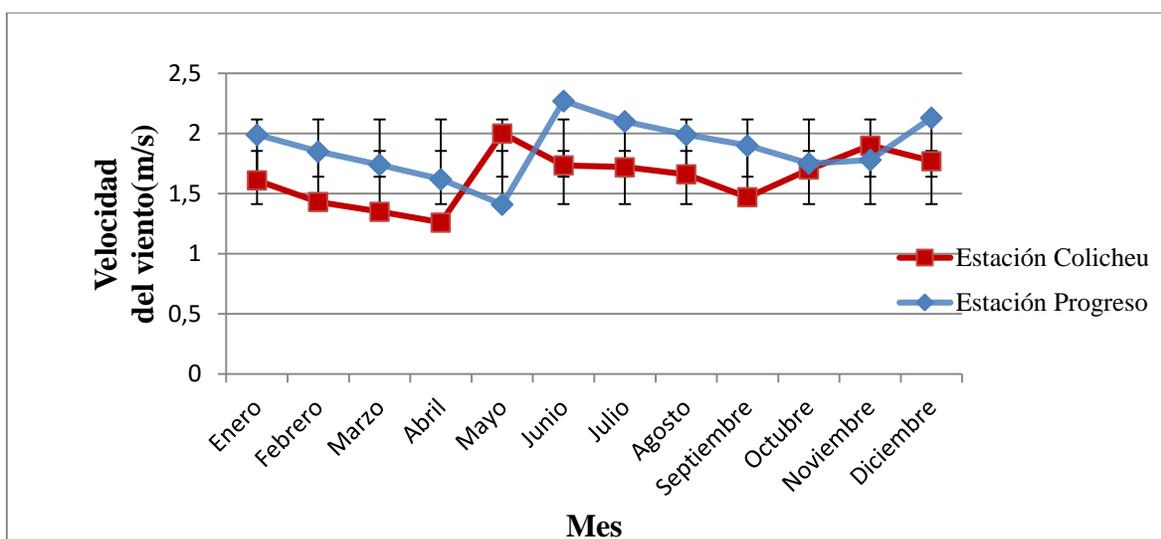


Figura N° 4: Registro Medio Mensual de Datos de Velocidad del Viento. (Fuente: Elaboración Propia)

c-) **Serie Diaria:** Es el promedio de cada día de un año característico.

En la gráfica de la serie media diaria (Figura N°5) para la dirección del viento se observa que el comportamiento es similar al de la escala mensual, sin embargo, se produce una disminución significativa al transcurrir los días del 1 de mayo al 1 de junio y un aumento del 1 de junio al 1 de julio. Por consiguiente, es el promedio mínimo un punto de inflexión con dirección NE.

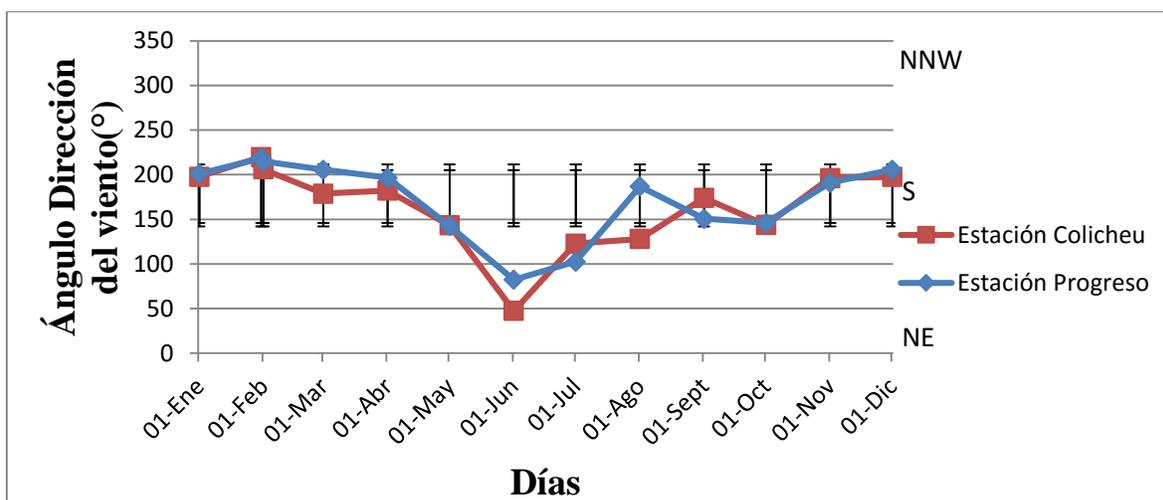


Figura N° 5: Registro Medio Diario de Datos de Dirección de Viento. (Fuente: Elaboración Propia)

En la gráfica de la serie media diaria que se encuentra en el Anexo A Figura A.4, para la velocidad del viento se observa que la velocidad promedio de la estación Progreso es mayor a la velocidad promedio de la estación de Colicheu, por lo general. La diferencia entre máximos y mínimos se acentúa, se encuentran entre 0,9 y 3,2 m/s.

Para entender de mejor manera el comportamiento de las series medias diarias de las estaciones, se tiene que segmentar los datos en clases de vientos según la escala Beaufort.

3.2 Homogeneidad de las estaciones

Para identificar si las estacionales son homogéneas, se analizó la variabilidad de la serie media mensual de datos de dirección y velocidad del viento, para cada estación correspondiente a cada mes de un año normal.

A continuación, se muestra los resultados de las decisiones con respecto a la hipótesis nula de la prueba t-student:

Tabla N° 2: Decisiones con respecto a la hipótesis nula de la prueba t, Año 2014, Dirección y Velocidad del viento (Fuente: Elaboración Propia)

MES	DIRECCION VIENTO	VELOCIDAD DEL VIENTO
Enero	NO SE RECHAZA	RECHAZA
Febrero	NO SE RECHAZA	NO SE RECHAZA
Marzo	NO SE RECHAZA	NO SE RECHAZA
Abril	NO SE RECHAZA	NO SE RECHAZA
Mayo	NO SE RECHAZA	NO SE RECHAZA
Junio	NO SE RECHAZA	RECHAZA
Julio	NO SE RECHAZA	NO SE RECHAZA
Agosto	NO SE RECHAZA	NO SE RECHAZA
Septiembre	NO SE RECHAZA	NO SE RECHAZA
Octubre	NO SE RECHAZA	NO SE RECHAZA
Noviembre	NO SE RECHAZA	NO SE RECHAZA
Diciembre	NO SE RECHAZA	NO SE RECHAZA

Para la dirección del viento no se rechaza ningún mes, pues el valor estadístico t se encuentra en los rangos de aceptación. También se puede ver de la tabla N°4 del Anexo B que los parámetros estadísticos necesarios (promedio, desviación y N° datos) para realizar la prueba t-student son similares y no se logran apreciar diferencias significativas.

Por otro lado, de la Figura N°4 en la escala mensual se aprecia la similitud de los datos entre las dos estaciones, salvo el mes de mayo a junio, donde difieren un poco más; sin embargo, el test consideró pequeña esa variación.

Para la velocidad del viento se rechaza el mes de Enero y Junio, ya que la prueba de hipótesis no cumple con el 95% de confiabilidad, lo que implica que la diferencia es significativa entre el mes de una estación con respecto a otra.

Se puede apreciar la diferencia de la Figura N° 5 de la escala diaria para los meses enero, mayo y junio.

3.3 Períodos característicos según la dirección y velocidad del viento

Para identificar patrones estacionales o mensuales se consideró la variabilidad de la serie media mensual mediante un análisis de las medias, correspondientes a cada mes de un año normal.

Se realizó la prueba con respecto a las medias de dos distribuciones con varianzas iguales pero desconocidas, donde los resultados de los períodos característicos para dirección y velocidad del viento se muestran en las tablas N°3 y N°4, lo que permitió identificar y analizar los siguientes períodos característicos:

- Período 1: Corresponde a los meses de enero, febrero y marzo. Son los meses correspondientes al verano.
- Período 2: Éste contempla a los meses abril y mayo, se encuentran dentro de la estación del otoño. Pese a que el nivel de significancia, los rechaza. Entre ellos se consideró de igual manera un período característico, debido a que la diferencia para ser aceptado es pequeña y sigue las mismas tendencias direccionales.
- Período 3: Reúne los meses junio, julio, agosto y septiembre. Siguen la tendencia del patrón estacional observado en los meses de invierno.

- Período 4: Dentro de este se encuentran los últimos meses del año octubre, noviembre y diciembre. Son meses característicos de la primavera.

Las diferencias existentes en las tendencias direccionales y de velocidad son visibles gráficamente en los registros medios mensual (Figura N°3 y N°4).

Tabla N°3: Decisiones con respecto a la hipótesis nula de la prueba (Fuente: Elaboración Propia)

MES	DECISIÓN DE HIPÓTESIS DIRECCIÓN DEL VIENTO(AÑO 2014)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic
Enero	---	NR	NR	R	R	R	R	R	R	NR	NR	NR
Febrero	NR	---	NR	R	R	R	R	R	R	NR	NR	NR
Marzo	NR	NR	---	R	R	R	R	R	R	NR	NR	R
Abril	R	R	R	---	R	R	R	NR	NR	R	R	R
Mayo	R	R	R	R	---	R	NR	NR	NR	R	R	R
Junio	R	R	R	R	R	---	NR	NR	NR	R	R	R
Julio	R	R	R	R	NR	NR	---	NR	NR	R	R	R
Agosto	R	R	R	NR	NR	NR	NR	---	NR	R	R	R
Septiembre	R	R	R	NR	NR	NR	NR	NR	---	R	R	R
Octubre	NR	NR	NR	R	R	R	R	R	R	---	NR	NR
Noviembre	NR	NR	NR	R	R	R	R	R	R	NR	---	NR
Diciembre	NR	NR	R	R	R	R	R	R	R	NR	NR	---

DONDE:

NR: NO SE RECHAZA

R: RECHAZA

Período 1:  Enero, Febrero y Marzo.

Período 2:  Abril y Mayo.

Período 3:  Junio, Julio, Agosto y Septiembre.

Período 4:  Octubre, Noviembre y Diciembre.

Tabla N°4: Decisiones con respecto a la hipótesis nula de la prueba (Fuente: Elaboración Propia).

MES	DECISIÓN DE HIPÓTESIS VELOCIDAD DEL VIENTO(AÑO 2014)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic
Enero	---	NR	NR	NR	R	NR	NR	NR	NR	R	R	R
Febrero	NR	---	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	R	R
Marzo	NR	NR	---	NR	R	NR	NR	NR	NR	R	R	R
Abril	NR	NR	NR	---	R	NR	NR	NR	NR	NR	R	R
Mayo	R	NR	R	R	---	NR	NR	NR	R	NR	NR	NR
Junio	NR	NR	NR	NR	NR	---	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Julio	NR	NR	NR	NR	NR	NR	---	NR	NR	NR	NR	NR
Agosto	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	---	NR	NR	NR	NR
Septiembre	NR	NR	NR	NR	R	NR	NR	NR	---	NR	R	R
Octubre	R	NR	R	NR	NR	NR	NR	NR	NR	---	NR	NR
Noviembre	R	R	R	R	NR	NR	NR	NR	R	NR	---	NR
Diciembre	R	R	R	R	NR	NR	NR	NR	R	NR	NR	---

DONDE:

NR: NO SE RECHAZA

R: RECHAZA

Período 1: ■ Enero, Febrero y Marzo.

Período 2: ■ Abril y Mayo.

Período 3: ■ Junio, Julio, Agosto y Septiembre.

Período 4: ■ Octubre, Noviembre y Diciembre.

3.4 Variabilidad horaria diurna y nocturna del viento

Se analizó las series anuales y mensuales del apéndice 3.1 para observar las variaciones de la velocidad y dirección del viento durante el día y la noche.

Un período diurno que fluctúa desde las 8:00 horas hasta las 19:59 horas y un período nocturno, entre las 20:00 horas y las 7:59 horas.

3.4.1 Variabilidad horaria a largo plazo

Se vuelven calcular las medias de las series anuales y mensuales del año 2012 al año 2016, para cada estación, pero en este caso se calculan para un período diurno y nocturno. Los resultados sirven para poder comparar la variabilidad en períodos de tiempo largos. Se visualizan de mejor manera estas variaciones (Figura N°6 a Figura N°9). En estas gráficas se puede observar que:

- i. Para la variabilidad de la serie anual de dirección del viento entre estaciones, durante el día en el año 2012 se presentó la mayor diferencia direccional, debido a que las estaciones en ese año tienen diferente longitud de datos. Durante la noche en el año 2012 y 2016 se produce un desfase de 12° aproximadamente.

Al analizar de forma independiente cada estación durante el día y la noche, es posible observar claramente una diferencia entre los 30° a 40°, lo que indica que la dirección predominante durante el día se encuentra en S-SSW y durante la noche se encuentra el abanico direccional en SSE-S.

- ii. Con el mismo análisis anterior para la serie anual de velocidad del viento entre estaciones, durante el día la diferencia es pequeña, entre 0 y 0,34 m/s, y durante la noche la diferencia es un poco mayor, rondando entre los 0 y 0,5 m/s.

Al analizar de forma independiente cada estación durante el día y noche se puede apreciar una diferencia más significativa entre los 0,5 a 1 m/s, y se deduce que la velocidad del viento para ambas estaciones durante el período diurno es mayor al período nocturno.

Cabe mencionar que para todos los casos la velocidad del viento disminuye considerablemente del año 2015 al 2016. Esto se debe a que el año 2016 es una serie anual incompleta donde faltan meses por analizar.

- iii. Para la variabilidad de la serie mensual de dirección del viento entre estaciones, durante el día y la noche de los primeros y últimos meses, se comportan de manera similar, es decir, en los meses correspondientes a la primavera y al verano no existe gran variación en la dirección del viento. Se aprecia en el mes de junio la mayor diferencia, de 40° aproximadamente.

Al analizar de forma independiente cada estación, durante el día para la estación Colicheu la dirección del viento se encuentra entre S-SW y para noche entre SE-S. Para la estación Progreso la dirección del viento en el período diurno varía entre S-SSW y el período nocturno el viento de mueve entre SSE-S.

- iv. Finalmente, al analizar la serie mensual de velocidad del viento entre las dos estaciones, durante el día los meses de abril y agosto presentan la mayor diferencia. Sin embargo, para los demás meses la velocidad varía entre 1,7 y 2,4 m/s. Durante la noche los meses mayo, junio y julio, que corresponden a meses de invierno, se comportan de manera similar y la velocidad promedio es 1,5 m/s. para los demás meses se encuentra entre 1 y 1,7 m/s. De esta forma, se ratifica que la velocidad del viento aumenta durante el día y decae en la noche.

Por otro lado, la velocidad del viento en período diurno y nocturno es mayor en la estación Progreso sobre la estación Colicheu en el transcurso del año.

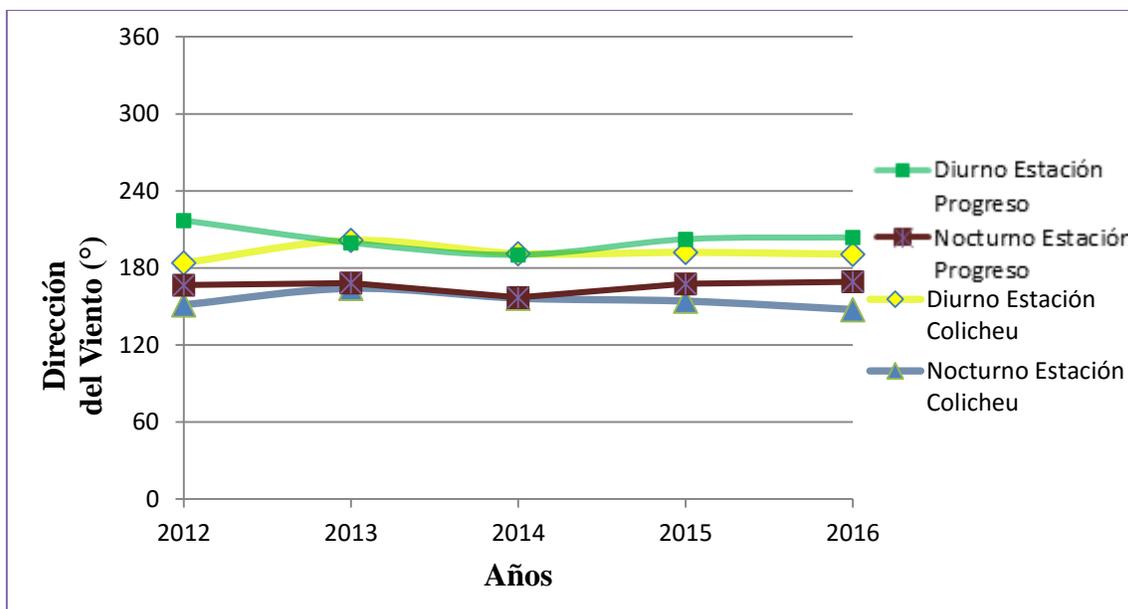


Figura N°6: Variabilidad de la Serie Media Anual Diurno y Nocturno, de Datos de Dirección Viento registrados en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia)

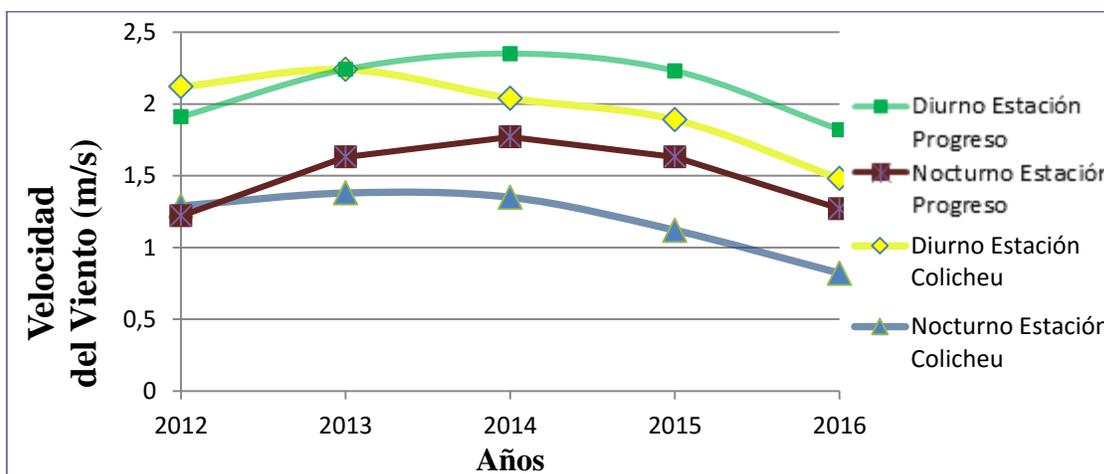


Figura N°7: Variabilidad de la Serie Media Anual Diurno y Nocturno, de Datos de Velocidad del Viento registrados en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia)

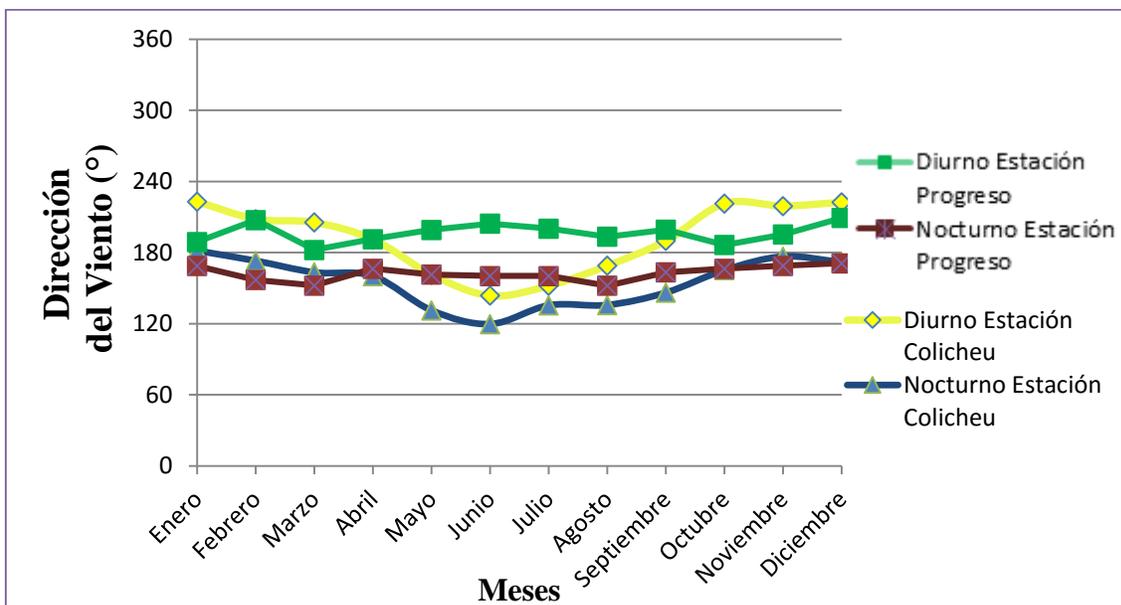


Figura N°8: Variabilidad de la Serie Media Mensual Diurno y Nocturno, de Datos de Dirección del viento registrados en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia)

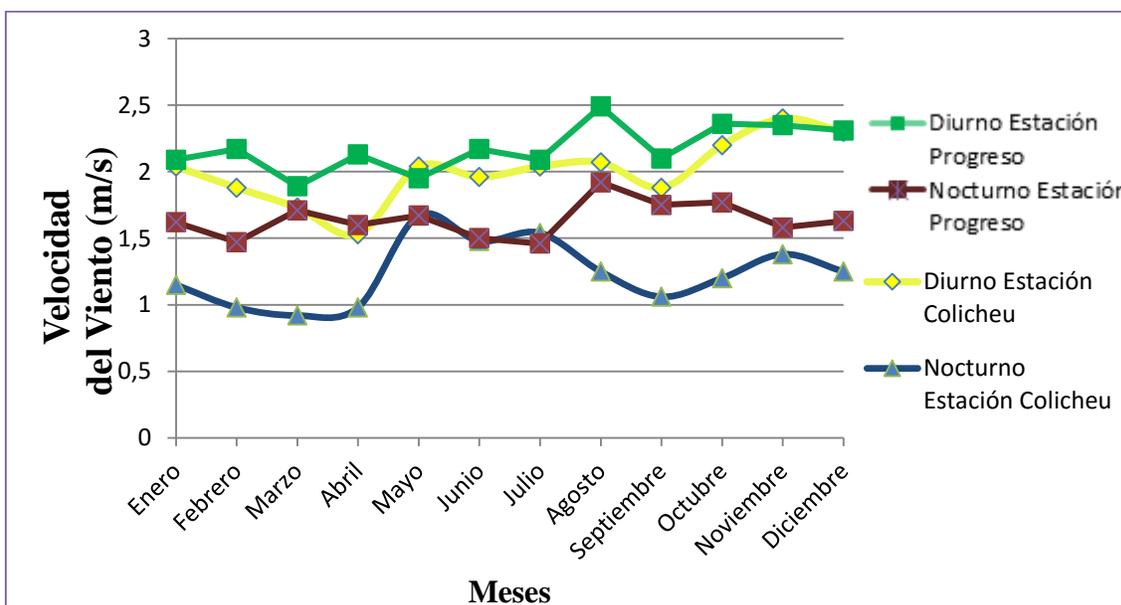


Figura N°9: Variabilidad de la Serie Media Mensual Diurno y Nocturno, de Datos de Velocidad del Viento registrados en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia)

3.5 Clases de viento y direcciones

Los resultados se basan en las clases de viento para la velocidad y en la rosa de los vientos para la dirección. La dirección del vector unitario resultante es una forma común de representar a la dirección media del viento.

A continuación, se visualizan los gráficos de frecuencia para la estación Colicheu y Progreso para la serie anual de datos completas.

De la Figura N°10 donde se muestran la distribución de frecuencias de las clases de viento se ve que el mayor porcentaje se concentra en los intervalos de 0,3 a 1,5 m/s y 1,5 a 3,3 m/s. Las calmas tienen un porcentaje de ocurrencia bajo 8,3 % y también las brisas leves tienen un 8,2%.

Para la estación Progreso la Figura N°10 muestra el mayor porcentaje, que también se encuentra en el rango de 0,3 a 1,5 m/s y 1,5 a 3,3 m/s, que son brisas suaves que se pueden sentir en el rostro o que la dirección del viento es mostrada por el humo de las chimeneas. Sin embargo, para esta estación las clases de viento más altas tiene un mayor porcentaje que la estación Colicheu, como brisas leves con un 11,8 % de frecuencia. Estos son vientos con velocidad que están entre 3,3 a 5,5 m/s. Hay un porcentaje mucho menor del 0,9 % que son ráfagas que levantan polvo y hacen volar papeles.

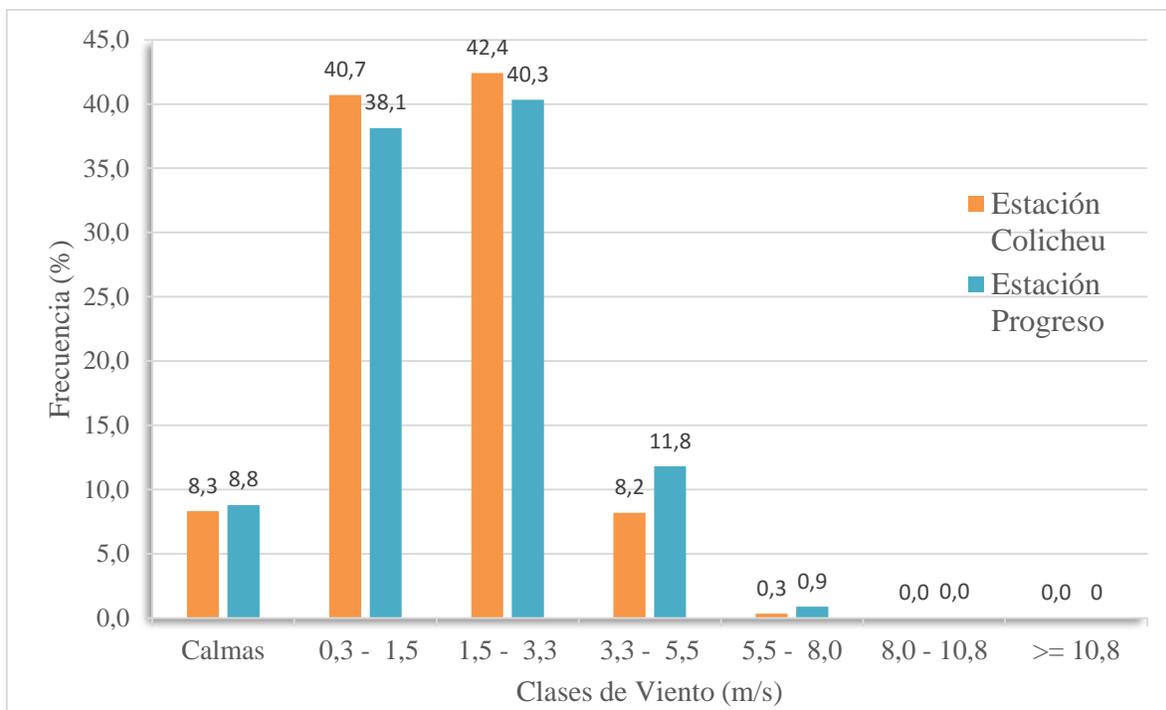


Figura N°10: Distribución de Frecuencias de Clases de Viento Según la Escala de Beaufort, Año 2012-2016 (Fuente: elaboración propia).

En la Figura N°11 se muestra la rosa de los vientos de toda la información disponible de la estación Progreso. Se observa como la dirección predominante es desde el Sur, pero en gran parte también se proviene del SSW. Al realizar el estudio de cada año, se observa cómo este comportamiento es predominante en el transcurso de los años, dando como resultado un porcentaje de concurrencia en período 2012-2016 (23%) en dirección Sur. Cabe mencionar que, a pesar de que la Figura N°11 se puede observar que hay cierta cantidad de viento que predominan entre el N-NNE, la ocurrencia de los mismos es poco frecuentes entre 7 y 10%.

Por otro lado, se muestra cómo el intervalo de velocidad más consistente es de 1,5 a 3,3 m/s mientras que los de menos frecuencias son los intervalos de 3,3 a 5,5 m/s y 0,3 a 1,5 m/s.

Se debe mencionar que en la rosa de los vientos los momentos de calma están presentes en todas las direcciones, con una proporción similar con la que ocurren.

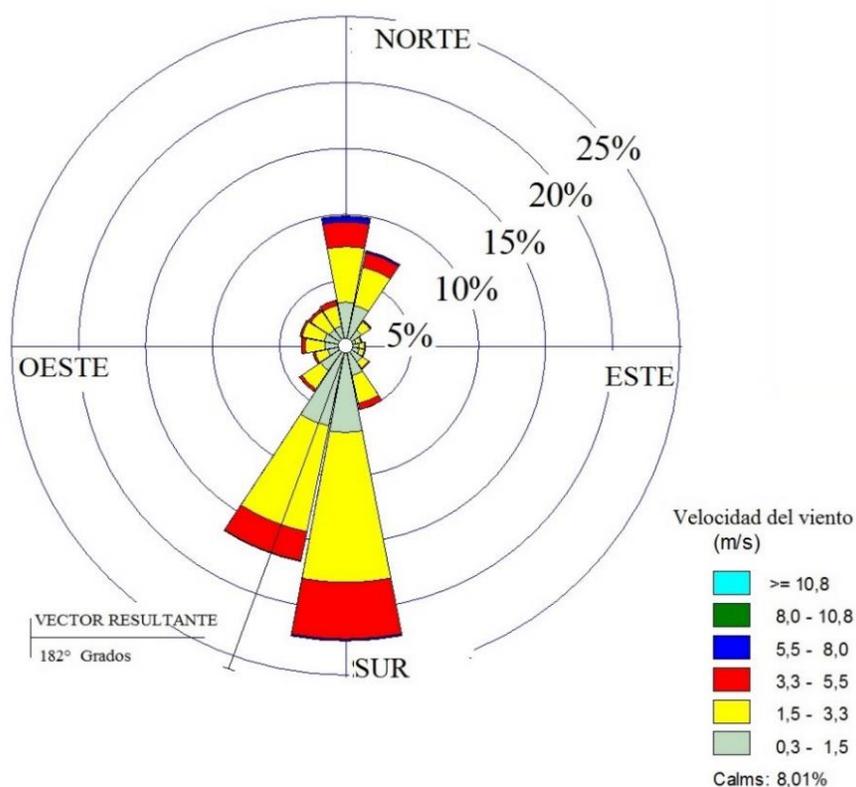


Figura N°11: Representación de la Rosa de los Vientos, Estación Progreso, Año 2012-2016
(Fuente: elaboración propia)

La Figura N°12, correspondiente a la estación Colicheu, muestra la misma tendencia direccional predominante que la estación Progreso entre S-SSW, aunque en este caso el porcentaje de ocurrencia en dirección Sur es cercano al 20%. También hay vientos en menos ocurrencia que provienen de N-NE. El rango de velocidad se encuentra 1,5 a 3,3 m/s el de mayor consistencia y de menos frecuencia de 3,3 a 5,5 m/s y 0,3 a 1,5 m/s.

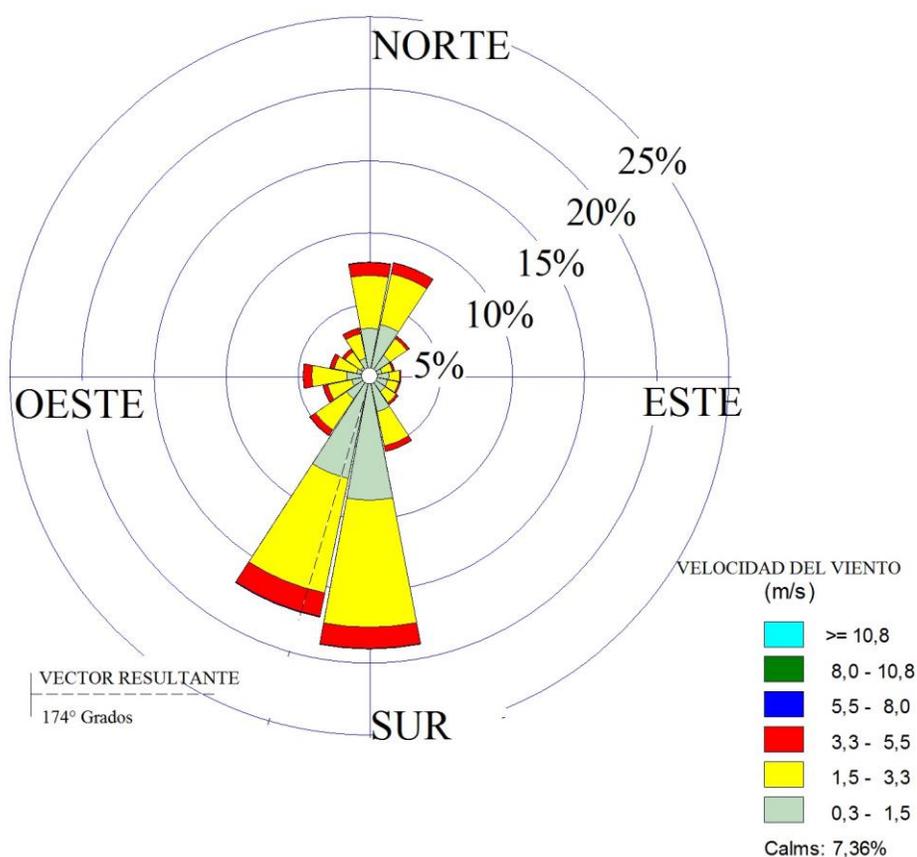


Figura N°12: Representación de la Rosa de los Vientos, Estación Colicheu, Año 2012-2016

(Fuente: elaboración propia)

3.6 Extrapolación de la información

La Figura N°13 muestra la división en áreas de influencia, y se aprecia cómo se comporta el viento en ese sector, sin embargo, los datos que tienen mayor incidencia en la población son los de la estación de Colicheu. Por otra parte, la zona intermedia que muestra el promedio de datos de las dos estaciones, donde se aprecia una mayor concurrencia de vientos en dirección Sur.

Las dos estaciones tienen un comportamiento similar del viento. Se tiene en cuenta el poco relieve, lo que implica que no se presentan grandes obstáculos, que la altura de medición es de 10 metros sobre la superficie terrestre y que los vientos provienen de la misma dirección.

En la zona central de la comuna, los vientos van predominantemente el dirección Sur y Suroeste, con menos frecuencia el viento incide en la comuna en dirección NNW y NNE. Se observa actividad industrial en dirección SSE y ESE, cercana a la comuna. Lo anterior indica que los contaminantes llegan de alguna manera a la población.

La velocidad del viento puede desde sentirse en el rostro hasta mover hojas y ramas, lo suficiente para distribuir los contaminantes del aire, por lo que es de suma importancia la ubicación y distancia adecuada para la instalación de cualquier proyecto.



Figura N°13: Extrapolación de las Rosa de los Vientos, Estación Progreso y Estación Colicheu, Año 2012-2016 (Fuente: Google Earth).

4. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Las conclusiones y comentarios del estudio realizado se describen a continuación:

- La consistencia de datos entre las dos estaciones con el test de contraste de hipótesis mostró que no existe una diferencia significativa en la dirección del viento, pero sí en la velocidad del viento en los meses de enero y junio, siendo no muy relevante debido que las velocidades de esos meses se encuentran en un mismo intervalo de clasificación.
- De la serie media anual para los años 2012 y 2016, se presentan diferencias significativas, tanto para la dirección como para la velocidad del viento. Esto es porque las series no están completas para esos años. Por lo tanto, la velocidad promedio se encuentra entre 1,5 y 2 m/s y claramente para la dirección claramente son vientos desde el sur.

De la serie media mensual se dedujo que existen tendencias estacionales que para la dirección del viento. Al analizar las series anuales y mensuales durante el día y noche, se observó diferencias significativas donde se puede concluir que la velocidad del viento durante el día es mayor que en la noche y que la dirección del viento en la noche se mueve entre SSE-S y durante el día tiene una tendencia S-SSW. También, del análisis de las series se observa que la velocidad de la estación Progreso siempre es mayor que la de la estación Colicheu.

- Con el grado de significancia de la prueba de contraste de hipótesis fue posible ver la consistencia en los datos de las estaciones, con los que, aplicándoles el mismo procedimiento, se identificaron patrones estacionales de la serie media anual.
- En los períodos característicos la información se obtuvo períodos similares a las estaciones del año, dependiendo del período estacional que se encuentre, la dirección se va desplazando en la rosa de los vientos, pues en primavera y verano la

dirección predomina desde SSW, y a medida que se acerca el otoño e invierno ésta va moviéndose en sentido antihorario, hasta llegar a la dirección SE.

Para la velocidad del viento en primavera y comienzos de verano se mantiene una condición que no varía significativamente. Al terminar el verano y comienzos de otoño esta empieza a decaer. Finalmente, la velocidad del viento aumenta terminando el otoño y en pleno invierno.

- De la extrapolación de información se visualiza como el viento se comporta en la población y zonas aledañas, que si bien no hay grandes diferencias en las áreas de influencia estas pueden aportar para estudios en zonas específicas.
- Con los resultados obtenidos, se recomienda la instalación de algún proyecto en las zonas más descontaminadas que es dirección entre WNW y NNW, teniendo en cuenta hay vientos menos frecuentes desde el norte y que la velocidad es un factor relevante, hay que tener en consideración el radio de influencia que los agentes atmosféricos pudieran alcanzar. De lo anterior es conveniente una distancia considerable entre la Comuna y la instalación de algún proyecto.
- Se recomienda para modelar de mejor manera el comportamiento del viento y poder complementar este estudio, que se investigue la variación de la velocidad del viento en altura. Por otro lado, como la energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan desde zonas de alta presión atmosférica hacia zonas adyacentes de menor presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión, se recomienda investigar sobre la presión atmosférica, parámetro meteorológico que lo proporciona el sistema de información nacional de la calidad del aire (SINCA).

BIBLIOGRAFÍA

- Albornoz, Erika (2009) “Metodología para la determinación de la energía eólica aprovechable incorporando la dirección del viento”. Proyecto de título, Ingeniería Civil, Universidad del Biobío.
- ATMÓSFERA, METEOROLOGÍA INTERACTIVA. Sitio del departamento de geofísica, Universidad de Chile. 2006-2009. [en Línea], [http:// www.atmosfera.cl/](http://www.atmosfera.cl/)
- Biblioteca Científica “Scientific Electronic Library Online”, Chile (2002). [En Línea], <https://www.scielo.cl/>
- Caro, Joseling (2010) “Análisis de la variabilidad de la dirección del viento registrado en la estación Tigo”. Proyecto de título, Ingeniería Civil, Universidad del Biobío.
- Chereque Morán, Wendor (1989); Hidrología: para estudiantes de Ingeniería Civil, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Consejo Comunal de las Organizaciones de la Sociedad Civil, Acta Sesión Ordinaria N°13, Julio de 2014, http://www.cabrero.cl/transparencia_cabrero/. Acceso el 10 de Mayo de 2016.
- GOOGLE EARTH (2016). Versión 7.1.5.1557, Earth Viewer 3D. <https://Earth.google.com>
- Ministerio de Energía, Chile (2010). [En Línea], <http://www.energia.gob.cl/>
- Portal Educativo Educar Chile, Chile (2001). [En Línea], <http://www.educarchile.cl/>

- Santana Oyarzo, Luís. 2007. Apunte de Hidrología, Dirección de Pregrado. Universidad del Biobío. 176 p
- Serrano, J.C (2007) “Análisis de las características del viento y potencial de energía eólica para Cúcuta- Colombia”. 8° Congreso Iberoamericano, Ingeniería Mecánica, Universidad de Pamplona.
- Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, (2009). Ministerio de Medio Ambiente, [En Línea] , <http://sinca.mma.gob.cl/>
- Villodas, Rubén (2008); Hidrología II, Guía de Estudio para Cátedras, Universidad Nacional de Cuyo.

ANEXOS.

ANEXO A

Antecedentes Generales y
Registro de Datos Utilizados
Dirección y Velocidad del Viento

Anexo A: Antecedentes Generales y Registro de Datos Utilizados

Dirección y Velocidad del Viento

Velocidad del viento

Es la velocidad con la que el aire de la atmósfera se mueve sobre la superficie de la tierra. La velocidad y el vector (dirección en la que el viento se desplaza) del viento tienen un gran impacto en el clima de la tierra y en la civilización.

La magnitud de la velocidad se mide con un instrumento llamado anemómetro, el más común es el de rotación. En este el viento imprime un movimiento rotatorio a un molinete formado por 3 o 4 cápsulas semiesféricas huecas denominadas coperolas, soldadas en los extremos de barras perpendiculares entre sí.

Existen otros anemómetros donde el viento imprime rotación a una hélice que gira sobre un eje horizontal.

En los dos casos, las rotaciones son proporcionales a la velocidad del viento las cuales son transmitidas a un contador de vueltas, por medio de un juego de engranaje, de lectura directa, dando lugar a los denominados anemómetros registradores, que con ellos se puede calcular, en función del número de vueltas, la velocidad media del viento en el periodo considerado.

La unidad del viento en el Sistema Internacional es m/s, sin embargo, aún se usan los nudos (kt) y km/h.

1 kt = 1.8 km/h ó 1 kt = 0.5 m/s.

Dirección del viento

La dirección del viento viene definida por la orientación del vector del viento en el plano horizontal. En la meteorología y para efectos de este estudio, la dirección del viento se define como el punto del horizonte del observador en dirección desde la cual sopla el viento,

La rosa de los vientos es para representar de manera gráfica simultáneamente la relación que existe entre las características que componen el viento, fundamental para representar la dirección de transporte dominante de los vientos de un área.

La rosa de los vientos es un símbolo en forma de círculo que tienen marcados alrededor los rumbos en que se divide la circunferencia del horizonte. Su dirección se muestra en la siguiente figura A.1.

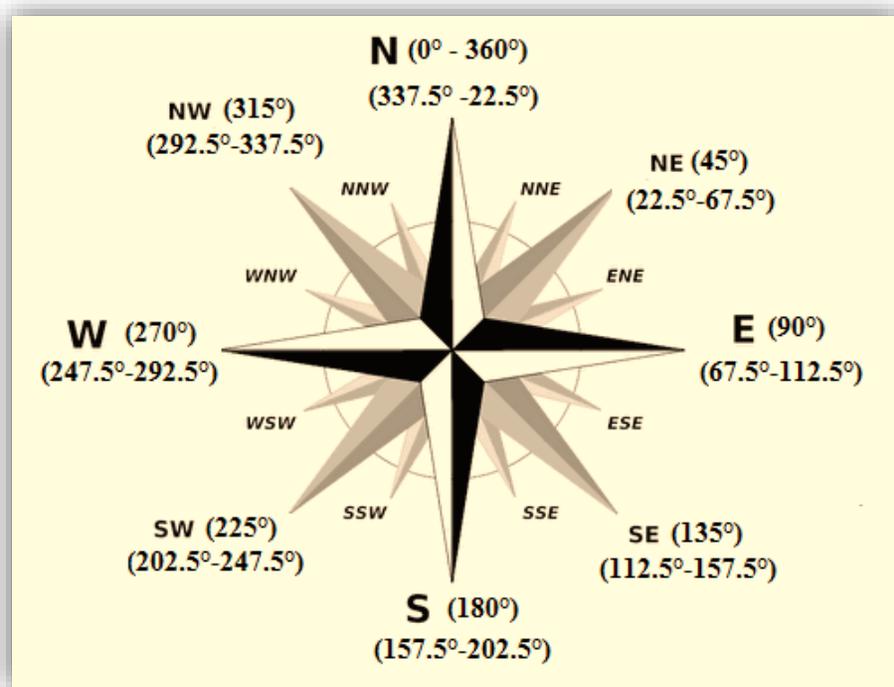


Figura A.1: Rosa de los vientos (Fuente: Huilli Wekeche Calbuco)

En la actualidad, se usa internacionalmente la rosa de viento dividida en 4 partes de 90°, los puntos cardinales son: Norte (N), Sur (S), Este (E) y Oeste (O/W), se puede identificar mejor estos puntos usando nuestro cuerpo de referencia. Orientando nuestro frente hacia el Norte, atrás el Sur, a la derecha el Este y la izquierda el Oeste.

Al dividir estas orientaciones principales obtenemos los rumbos laterales: NE (Norte-Este)-Nordeste, SE (Sur-Este)-Sudeste, SO/SW (Sur-Oeste)-Sudoeste, NO/NW (Norte-Oeste)-Noroeste.

Finalmente, del ángulo formado por las orientaciones principales con los rumbos colaterales se divide en 8 rumbos colaterales que son: NNE (Nornordeste), ENE (Etenordeste), ESE (Estesudeste), SSE (Sudsudeste), SSO/SSW (Sudsudoeste), OSO/WSW (Oesudoeste), ONO/WNW (Oesnoroeste), NNO/NNW (Nornoroeste).

Para el caso del estudio la dirección Norte es el ángulo 0° o 360°, el sentido es horario siguiendo las manecillas del reloj, se forma un ángulo tomando de referencia N y que varía desde 0° hasta 360° ver figura A.1.

Intensidad del viento

Una medida empírica para la intensidad del viento es la escala de Beoufort, es una escala de aceptación universal para designar distintas intensidades del viento en función de su velocidad fue propuesta en 1805 por el almirante inglés Sir Francis Beoufort.

La escala define las descripciones y los respectivos equivalentes del viento a fin de tener una idea de orden de la magnitud de la velocidad de los vientos. Consta de 13 grados (tabla A.1).

Tabla A.1: Medición de la Velocidad del Viento Según la Escala Beaufort (Fuente: Elaboración Propia)

Número Beoufort	Denominación	Efecto en Tierra	Velocidad	
			nudos	km/h
0	Calma	Calma, el humo sube verticalmente	<1	<1
1	Ventolina	La dirección de viento es mostrada por el humo	1 a 3	1 a 5
2	Flojito (Brisa Suave)	El viento se siente en el rostro, hay susurro de las hojas	4 a 6	6 a 11
3	Flojo (Brisa Leve)	Las hojas y ramas tienen movimientos constantes, el viento extiende banderas livianas	7 a 10	12 a 19
4	Bonancible (Brisa Moderada)	Las ráfagas levantan polvo y vuelan papeles	11 a 16	20 a 28
5	Fresquito (Viento Refrescante)	Los árboles pequeños empiezan a oscilar, en las aguas interiores se forman olas	17 a 21	29 a 38
6	Fresco(Viento fuerte)	Se mueven las ramas grandes de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas	22 a 27	39 a 49
7	Frescachón (Viento Fuerte)	Árboles enteros en movimiento, se siente molestia al caminar en contra el viento	28 a 33	50 a 61
8	Temporal (viento duro)	Se arrancan ramas chicas, generalmente no se puede caminar	34 a 40	62 a 74
9	Temporal Fuerte (Muy duro)	Comienzan daños estructurales (vuelan las tapas de chimeneas y pizarras)	41 a 47	75 a 88
10	Temporal duro(Temporal)	Raramente se da en tierras no costeras, se arrancan los árboles, los daños estructurales son considerables	48 a 55	89 a 102
11	Temporal muy duro	Destrucción en todas partes, voladura de autos, arboles, casas, techos y personas. Puede generar un huracán o tifón	56 a 63	103 a 117
12	Huracán		>64	>118

Variación en altura

La velocidad del viento varía con las alturas, los datos registrados se miden a una altura estándar de 10 metros sobre el nivel del suelo por lo que si se quiere implementar un estudio de potencial energético es necesario conocer como varia la velocidad del viento con la altura. En las capas inferiores de la atmósfera la velocidad se reduce y su dirección es desviada debido a la fricción producida por los obstáculos como árboles, edificios y otros. Tales efectos se vuelven insignificantes para alturas superiores a los 600 metros. A ésta capa inferior se la conoce como “capa de fricción”. Los vientos superficiales tienen una velocidad promedio cercana al 40% de la velocidad del aire que sopla en la capa inmediatamente superior a la capa de fricción, La velocidad en el mar es cercana al 70%. La variación de la velocidad del viento con la altura, o “perfil del viento”, en la capa de fricción, se expresa mediante funciones del tipo logarítmico o exponencial. Ver figura A.2.

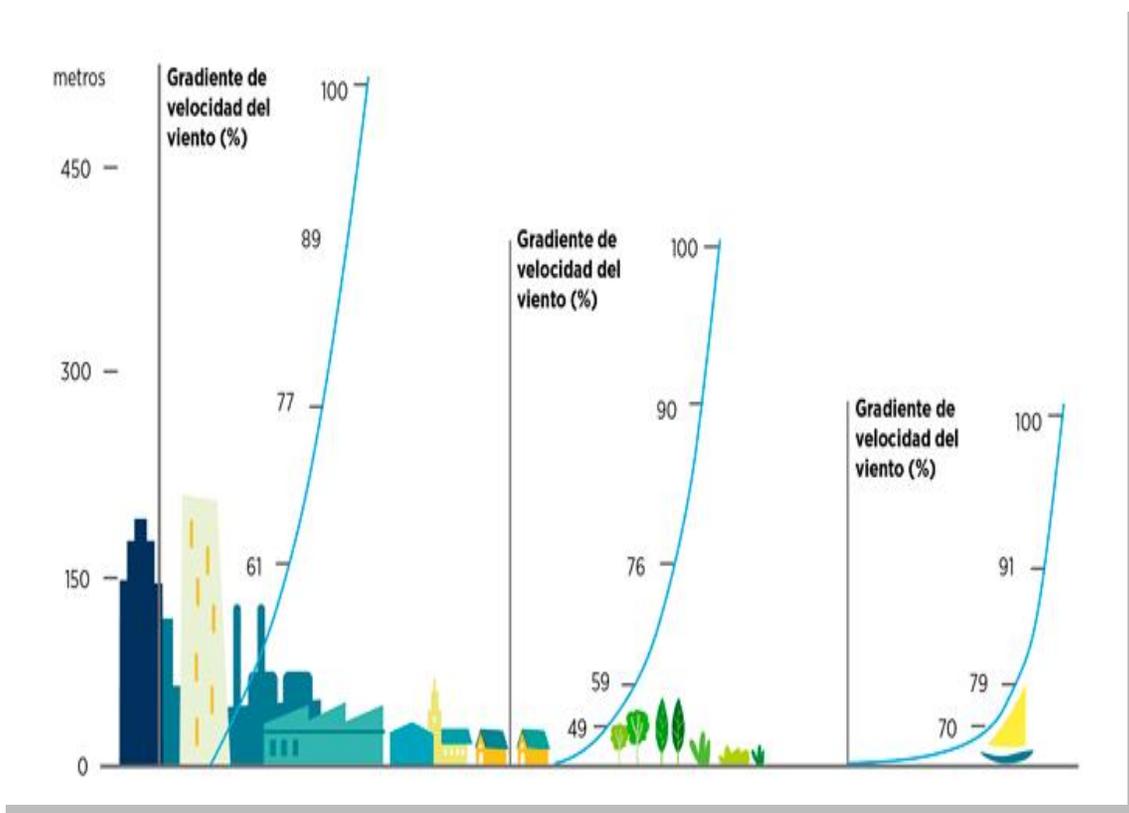


Figura A.2: Gradiente vertical de la velocidad del viento (Fuente: Energía (2013), Origo Ed. Chile)

Variación geográfica y distribución de los vientos

Existen vientos planetarios, regionales y locales. Los primeros se ubican bajo el dominio de las calmas ecuatoriales, donde en esas zonas las posibilidades de energía eólica son escasas. En el hemisferio sur los alisios se hacen sentir en Sudamérica, principalmente en el norte de Chile, norte de Argentina y Perú. La generación de energía eléctrica con estos vientos puede aprovechar varias condiciones geográficas importantes debido a que son constantes. Los vientos del oeste están prácticamente ausentes en el hemisferio sur, pero en Chile y Argentina se dejan sentir en la zona sur y fuertemente en la Patagonia. Estos vientos sumados los vientos locales, son un gran recurso, por su persistencia a lo largo del año y por sus velocidades que son generalmente altas.

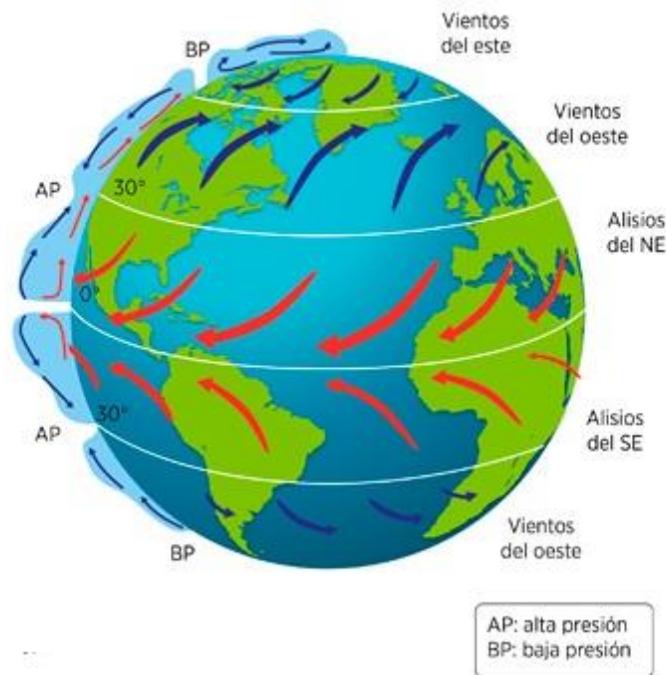


Figura A.3: Circulación general de la atmósfera (Fuente: Energía (2013), Origo Ed. Chile)

Los vientos locales son causados por la radicación en una determinada evolución y distribución de la presión atmosférica y masa de aire, unido a la fisiografía del lugar.

En Chile las brisas tierra-mar son vientos locales que están prácticamente en todo el territorio. El desplazamiento de los vientos comienza desde el océano hacia el interior cerca del mediodía. Pasa la Depresión Intermedia y luego se internan hacia los Andes a lo largo de los valles de los ríos. Las brisas se vuelven vientos fuertes desde mediodía hasta el atardecer, especialmente en verano. Al revés sucede en invierno y en la noche, cuando las brisas soplan desde áreas interiores más frías del continente hacia el océano, que permanecen a mayor temperatura.

Tabla A.2: Resumen de la no disponibilidad de información de velocidad y dirección de viento de la estación Colicheu (Fuente: Elaboración Propia)

CANTIDAD DE DATOS FALTANTES ESTACIÓN COLICHEU										
M E S E S	Velocidad					Dirección				
	AÑOS									
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	NR	1 a 2; 31	-	1	-	NR	1 a 2; 31	-	1	-
Febrero	NR	1 a 4	-	25a 28	12 a 13	NR	1 a 4	-	25a 28	12 a 13
Marzo	NR	4	-	1 a 5	23 a 24	NR	4	-	1 a 5	23 a 24
Abril	-	11a 31	-	-	-	-	11 a 31	-	-	-
Mayo	-	1 a 31	8 a 9	-	30 a 31	-	1 a 31	8 a 9	-	30 a 31
Junio	-	1 a 25	-	-	NR	-	1 a 25	-	-	NR
Julio	21	-	-	-	NR	21	-	-	-	NR
Agosto	27	-	-	-	NR	27	-	-	-	NR
Septiembre	-	-	-	-	NR	-	-	-	-	NR
Octubre	-	.	-	-	NR	-	.	-	-	NR
Noviembre	-	-	-	-	NR	-	-	-	-	NR
Diciembre	27 a 31		-	15	NR	27 a 31	-	-	15	NR

NR: No hay registro de datos

- La tabla muestra los días en que la información no existe o está incompleta.

Tabla A.3: Resumen de la no disponibilidad de información de datos de velocidad y dirección de viento de la estación Progreso (Fuente: Elaboración Propia)

DATOS FALTANTES ESTACIÓN PROGRESO										
M E S E S	Velocidad					Dirección				
	AÑOS									
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	NR	-	-	12	6 a 7	NR	-	-	12	6 a 7
Febrero	NR	-	-	-	12 a 13	NR	-	-	-	12 a 13
Marzo	NR	4	10	4	23 a 24	NR	4	10	4	23 a 24
Abril	NR	11 a 30	-	15	-	NR	11 a 30	-	15	-
Mayo	NR	1 a 31	-	-	31	NR	1 a 31	-	-	31
Junio	NR	1 a 25	-	-	NR	NR	1 a 25	-	-	NR
Julio	NR	-	-	-	NR	NR	-	-	-	NR
Agosto	NR	-	-	-	NR	NR	-	-	-	NR
Septiembre	NR	-	-	-	NR	NR	-	-	-	NR
Octubre	-	-	-	-	NR	-	-	-	-	NR
Noviembre	23	-	-	-	NR	23	-	-	-	NR
Diciembre	-	-	-	15	NR	-	-	-	15	NR

NR: No hay registro de datos

- La tabla muestra los días en que la información no existe o está incompleta.

En las siguientes tablas están los registros de la velocidad y dirección del viento en un resumen de escala temporal de las estaciones Progreso y Colicheu de la comuna de Cabrero.

Para la estación Colicheu los registros son del período entre Abril del 2012 y Mayo del 2016.

Para la estación de Progreso los registros son del período entre Octubre del 2012 y Mayo del 2016.

Tabla A.4: Resumen Serie Media Anual de Datos de Dirección y Velocidad del Viento registrados en la Estación Colicheu en el período 2012-20016 (Fuente: Elaboración Propia)

ESTACION COLICHEU		
Año	Promedio Anual Dirección del viento (°)	Promedio Anual Velocidad del viento (m/s)
2012	167,60	1,706
2013	182,80	1,81
2014	173,75	1,7
2015	173,11	1,50
2016	169,09	1,15

Tabla A.5: Resumen Serie Media Anual de Datos de Dirección y Velocidad del Viento registrados en la Estación Progreso en el período 2012-20016 (Fuente: Elaboración Propia)

ESTACION PROGRESO		
Año	Promedio Anual Dirección del viento (°)	Promedio Anual Velocidad del viento (m/s)
2012	168,76	1,677
2013	183,94	1,924
2014	173,58	2,066
2015	184,96	1,932
2016	186,47	1,548

Tabla A.6: Resumen Serie Media Mensual de Datos de Dirección de Viento registrados en la Estación Colicheu en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia).

Mes	Promedio Anual Dirección del viento (°)	Promedio Anual Velocidad del viento (m/s)
Enero	202,35	1,61
Febrero	190,89	1,43
Marzo	184,57	1,35
Abril	176,20	1,26
Mayo	146,41	2
Junio	126,61	1,734
Julio	143,77	1,72
Agosto	152,37	1,66
Septiembre	168,12	1,47
Octubre	188,89	1,7
Noviembre	198,06	1,9
Diciembre	196,93	1,77

Tabla A.7: Resumen Serie Media Mensual de Datos de Dirección de Viento registrados en la Estación Progreso en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia).

Mes	Promedio Anual Dirección del viento (°)	Promedio Anual Velocidad del viento (m/s)
Enero	205,975	1,99
Febrero	197,645	1,85
Marzo	192,8925	1,74
Abril	181,795	1,62
Mayo	161,06	1,41
Junio	145,31	2,27
Julio	145,1133333	2,1
Agosto	161,26	1,99
Septiembre	171,0275	1,90
Octubre	191,0725	1,75
Noviembre	199,4325	1,78
Diciembre	203,215	2,13

Tabla A.8: Resumen Serie Media Mensual de Datos de Dirección del Viento registrados en la Estación Colicheu en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia).

Mes	Promedio Mensual por Año				
	Dirección del Viento				
	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	----	205,06	197,9	200,26	206,18
Febrero	----	195,52	195,41	192,08	180,58
Marzo	----	191,23	186,95	188,61	171,52
Abril	178,58	179,62	172,34	187,75	162,72
Mayo	147,47	----	157,78	155,12	125,30
Junio	122,79	106,96	127,28	149,42	-----
Julio	165,10	141,55	138,90	129,54	-----
Agosto	142,32	169,29	153,89	144,00	-----
Septiembre	177,67	177,06	162,48	155,3	-----
Octubre	191,46	190,02	195,46	178,65	-----
Noviembre	196,25	197,30	192,59	206,12	-----
Diciembre	190,47	196,44	203,94	196,88	-----

Tabla A.9: Resumen Serie Media Mensual de Datos de Velocidad del Viento registrados en la Estación Colicheu en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia).

Mes	Promedio Mensual por Año				
	Velocidad del Viento (m/s)				
	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	----	1,76	1,53	1,69	1,46
Febrero	----	1,58	1,6	1,33	1,20
Marzo	----	1,45	1,49	1,2	1,25
Abril	1,52	----	1,45	1,33	0,73
Mayo	1,87	2,44	2,01	1,68	0,67
Junio	1,87	1,86	1,61	1,53	-----
Julio	1,73	1,86	1,72	1,85	-----
Agosto	1,49	1,8	1,75	1,59	-----
Septiembre	1,39	1,63	1,58	1,29	-----
Octubre	1,79	1,72	1,81	1,48	-----
Noviembre	2,00	1,98	1,86	1,72	-----
Diciembre	1,7	2,13	1,9	1,37	-----

Tabla A.10: Resumen Serie Media Mensual de Datos de Dirección del Viento registrados en la Estación Progreso en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia).

Mes	Promedio Mensual por Año				
	Dirección del Viento				
	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	----	210,08	198,86	196,15	218,81
Febrero	----	202,82	198,13	194,92	194,71
Marzo	----	196,09	186,43	192,79	196,26
Abril	----	185,64	172,19	192,40	176,95
Mayo	----	----	160,73	175,61	146,84
Junio	----	----	120,57	170,05	----
Julio	----	141,31	133,75	160,28	----
Agosto	----	158,70	157,39	167,69	----
Septiembre	186,14	172,14	161,97	163,86	----
Octubre	195,5	178,07	201,95	188,77	----
Noviembre	184,5	206,94	192,01	214,28	----
Diciembre	199,6	210,52	199	203,74	----

Tabla A.11: Resumen Serie Media Mensual de Datos de Velocidad del Viento registrados en la Estación Progreso en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia).

Mes	Promedio Mensual por Año				
	Velocidad del Viento (m/s)				
	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	----	1,6	2,47	2,35	1,53
Febrero	----	1,7	1,67	2,08	1,97
Marzo	----	1,7	1,93	1,62	1,7
Abril	----	1,53	1,87	1,42	1,65
Mayo	----	----	1,7	1,62	0,92
Junio	----	2	2,66	2,15	-----
Julio	----	1,98	2,2	2,10	-----
Agosto	----	1,5	2,14	2,32	-----
Septiembre	1,44	2,11	1,98	2,09	-----
Octubre	1,4	1,95	1,85	1,78	-----
Noviembre	1,42	1,95	2,20	1,58	-----
Diciembre	1,99	2,4	2,1	2,05	-----

Tabla A.12: Resumen Diario de Datos de Dirección de Viento registrados en la Estación Colicheu en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia).

Día	Promedio Diario (°)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	197,66	206,14	178,74	182,11	143,40	47,48	122,84	128,00	174,07	143,69	196,35	197,61
2	199,81	208,02	183,28	187,99	154,11	128,28	128,45	155,90	151,41	189,18	203,67	176,02
3	193,39	203,30	189,35	196,38	190,78	146,47	131,05	147,12	149,19	191,24	168,57	199,47
4	191,34	205,20	186,36	167,48	152,15	166,33	162,35	136,60	167,52	133,20	203,24	211,70
5	200,07	193,49	207,64	189,47	151,00	186,60	146,79	111,32	138,05	154,29	206,21	208,41
6	208,60	193,77	187,14	145,91	137,37	171,67	137,92	150,89	108,68	195,98	174,14	210,65
7	181,15	210,47	181,87	187,70	174,67	121,59	153,18	186,60	115,00	174,75	213,83	187,45
8	188,62	189,86	185,07	177,39	136,39	79,13	107,98	164,04	154,01	214,84	291,50	179,16
9	185,75	166,13	181,76	176,21	155,84	128,35	139,66	175,82	184,58	190,65	185,46	191,00
10	184,04	181,68	194,77	184,40	144,98	134,58	123,28	163,33	218,30	193,70	197,55	181,18
11	198,93	186,53	183,62	194,76	152,00	144,39	123,69	200,05	179,52	193,72	194,50	210,08
12	195,15	176,28	186,81	206,62	152,70	95,73	169,58	165,68	189,95	181,30	189,07	202,64
13	203,78	200,04	195,37	175,07	157,70	156,42	136,23	186,41	172,14	161,02	201,70	194,37
14	209,32	191,99	188,45	146,58	167,98	124,46	124,75	116,49	195,70	188,35	226,41	190,71
15	217,98	191,12	198,29	208,64	159,29	190,52	144,69	101,94	179,48	186,4/	194,72	208,46
16	210,62	203,15	168,99	185,87	164,87	135,40	136,46	152,10	180,42	199,42	199,10	194,19
17	214,22	196,78	190,29	175,50	127,76	131,49	176,44	180,03	174,36	220,44	203,18	174,91
18	202,24	189,70	180,95	178,37	138,28	190,51	189,21	178,55	205,46	219,62	188,21	187,42
19	216,11	182,40	182,07	178,91	101,95	105,65	169,54	128,77	149,70	163,10	184,10	210,86
20	208,70	190,71	164,57	149,77	133,52	120,17	116,71	155,60	171,06	190,76	207,65	174,51
21	229,69	187,43	184,28	181,75	129,44	91,86	160,30	110,47	161,73	205,71	212,20	185,65
22	199,38	191,32	184,71	179,86	167,13	131,12	183,81	100,86	157,95	178,26	220,75	190,05
23	181,97	205,13	184,49	158,08	157,37	154,65	166,65	144,90	170,66	193,29	216,22	175,69
24	204,56	168,69	164,81	157,50	135,07	137,78	174,99	135,66	140,70	175,41	181,88	205,50
25	224,38	176,41	191,38	192,48	106,86	125,81	154,81	152,53	202,02	200,59	201,75	210,95
26	203,77	198,54	197,02	153,70	134,41	140,91	106,19	153,81	194,14	202,08	198,01	205,29
27	186,00	171,64	189,40	167,31	147,26	121,18	134,49	165,51	109,84	202,04	183,24	218,83
28	199,97	196,70	179,58	148,66	157,89	147,46	147,09	171,44	188,23	225,77	198,15	214,35
29	206,33	132,76	172,36	179,13	134,33	115,72	179,64	165,62	185,71	221,65	194,75	233,13
30	210,34		189,55	144,86	137,91	93,25	109,43	173,79	174,26	197,80	195,77	192,21
31	219,73		167,49		129,02		98,68	164,00		168,08		211,58

Tabla A.13: Resumen Diario de Datos de la Velocidad de Viento registrados en la Estación Colichue en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia).

Día	Promedio Diario (m/s)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1,63	1,59	1,58	1,26	1,10	1,72	1,58	1,47	1,15	1,95	1,93	1,08
2	1,36	1,09	1,22	1,2	1,13	1,70	2,20	1,53	1,17	2,04	2,03	1,93
3	1,61	1,19	0,81	0,97	2,06	2,36	2,54	2,13	1,12	1,65	2,09	1,82
4	1,40	1,70	1,07	1,58	2,30	1,49	2,23	1,69	0,98	1,60	1,75	1,94
5	1,35	1,45	1,05	1,10	2,09	1,36	1,72	1,98	1,93	1,36	2,00	1,88
6	1,67	1,39	0,85	1,09	2,60	1,33	1,65	1,65	1,86	1,46	1,92	2,03
7	1,47	1,45	0,90	1,25	2,14	1,40	2,15	1,58	1,45	1,39	1,81	1,71
8	1,37	1,45	1,43	1,14	2,72	1,18	1,51	2,08	1,32	1,69	1,75	2,12
9	1,25	1,72	1,42	1,23	2,39	2,16	1,82	1,80	1,48	1,20	2,31	1,94
10	1,48	1,54	0,98	0,99	2,16	2,12	2,15	2,08	1,69	1,96	2,01	2,02
11	1,68	1,62	1,21	1,18	1,02	1,90	2,08	1,82	2,06	1,10	1,77	1,99
12	1,78	1,61	1,80	1,42	1,75	1,11	1,55	1,30	1,35	1,48	1,84	2,01
13	1,53	1,28	1,36	0,58	1,56	1,28	1,94	1,65	1,70	1,77	2,07	2,28
14	2,03	1,20	1,36	1,07	2,62	1,96	1,84	2,10	1,93	1,58	1,92	1,89
15	1,53	1,23	1,72	1,03	1,92	1,46	1,87	2,14	1,59	1,87	1,76	1,75
16	1,70	1,12	2,17	1,14	1,64	1,82	1,58	1,00	1,35	1,91	1,69	2,20
17	1,71	1,06	1,43	1,08	1,19	2,01	2,00	1,49	1,32	2,03	1,65	1,54
18	1,76	1,71	1,15	0,95	1,68	1,68	2,76	1,11	1,58	1,64	1,73	1,63
19	1,93	1,66	1,46	1,31	2,50	2,23	0,86	1,10	1,06	1,55	2,34	2,04
20	2,01	1,86	1,26	1,24	1,39	1,33	1,33	1,43	1,33	1,80	1,82	1,38
21	1,72	1,63	1,37	1,97	1,12	1,36	1,92	1,44	1,24	1,69	1,67	1,46
22	1,71	1,60	1,74	1,17	2,09	1,51	1,01	1,30	1,19	1,56	1,74	1,55
23	1,59	1,17	1,41	0,92	2,53	1,44	1,84	1,81	1,45	1,55	1,97	1,81
24	1,47	1,38	1,75	0,70	1,68	1,81	2,54	1,98	1,56	1,72	2,41	1,47
25	1,54	1,55	1,86	1,28	1,09	2,00	1,81	2,11	1,32	1,77	2,34	2,00
26	1,76	1,34	1,11	1,74	2,05	1,66	1,53	1,89	1,63	2,17	1,42	1,71
27	1,70	0,95	1,35	1,93	1,37	2,13	2,30	1,28	1,35	1,77	1,78	1,26
28	1,42	1,41	1,23	1,25	1,66	2,37	1,18	1,71	1,37	1,57	1,53	1,58
29	1,39	1,22	1,05	2,23	3,21	1,93	0,96	1,97	2,09	1,57	1,74	1,64
30	1,60		1,48	1,49	1,77	1,74	1,80	1,45	1,58	2,05	1,71	1,62
31	1,19		1,14		1,40		1,36	1,33		2,25		1,57

Tabla A.14: Resumen Diario de Datos de Dirección de Viento registrados en la Estación Progreso en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia).

Día	Promedio Diario (°)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	201,08	214,73	205,56	196,64	142,64	82,26	102,46	186,84	150,59	146,07	190,90	205,55
2	194,32	205,14	205,41	190,03	172,35	86,91	101,88	229,74	126,00	205,20	193,51	203,98
3	190,30	192,27	178,99	207,45	191,65	148,42	102,45	128,64	142,93	199,34	157,84	209,00
4	180,82	189,91	208,23	180,81	141,76	204,42	185,22	109,41	157,25	153,60	202,35	220,05
5	196,96	194,97	213,02	190,72	177,90	204,32	150,83	95,66	130,76	172,76	213,04	205,96
6	210,26	200,83	200,52	148,44	179,66	181,83	163,65	185,96	100,63	198,54	200,25	215,04
7	203,38	208,79	196,88	190,32	162,01	99,47	170,68	182,43	111,33	176,40	225,20	192,75
8	197,72	177,45	199,63	182,74	169,22	46,29	102,84	155,32	166,29	203,74	208,21	177,74
9	205,14	160,61	196,33	178,55	189,20	153,54	154,40	175,98	174,72	187,74	189,61	190,59
10	193,09	198,61	194,02	181,75	167,98	106,11	112,50	134,49	208,67	187,85	193,99	175,31
11	207,84	187,46	191,24	174,09	142,52	143,03	96,03	190,40	182,86	205,69	200,29	213,98
12	201,68	189,06	191,60	193,00	156,30	141,71	167,40	177,63	190,49	224,71	206,00	198,93
13	212,16	199,46	202,89	204,21	160,53	144,99	139,05	198,17	171,37	183,99	190,50	233,55
14	221,47	187,26	191,29	123,26	177,76	100,40	125,77	194,29	200,91	195,48	237,12	182,48
15	204,09	183,17	200,76	234,19	178,69	101,15	125,04	112,41	181,91	199,61	195,97	207,09
16	188,85	218,46	175,19	193,66	187,41	182,00	147,38	192,52	187,59	202,11	205,47	200,67
17	206,74	199,56	199,86	173,40	164,92	176,10	180,86	199,14	173,13	226,55	208,43	167,54
18	206,29	183,93	205,11	188,34	119,31	189,57	187,23	173,55	207,99	246,33	190,73	202,05
19	205,73	187,45	200,94	195,82	133,70	135,25	162,43	130,60	170,17	149,37	184,57	216,71
20	198,45	209,57	177,66	148,77	152,55	97,83	151,44	164,15	191,41	164,92	188,70	194,06
21	256,26	203,87	190,04	182,12	159,93	97,19	162,89	129,91	168,90	205,30	195,27	203,57
22	198,60	212,45	192,23	176,76	185,55	174,14	189,07	136,06	173,26	173,39	196,12	215,55
23	188,87	222,82	185,88	189,36	162,79	180,38	184,53	134,60	177,82	191,05	228,71	173,54
24	217,53	186,79	171,39	167,65	139,89	134,92	176,33	155,27	140,73	182,43	198,51	202,93
25	234,80	188,75	192,07	184,00	116,18	119,67	181,54	183,44	198,47	190,66	208,40	196,67
26	223,64	207,93	206,48	154,83	167,21	148,24	91,54	165,73	221,57	208,43	193,97	214,71
27	203,85	197,62	182,43	179,99	171,37	134,33	148,32	152,47	119,30	207,23	191,64	221,52
28	201,77	225,27	187,80	185,60	168,42	142,66	158,27	184,80	194,44	202,85	195,20	203,05
29	194,42	191,53	161,73	184,64	169,08	133,34	179,70	191,91	206,96	212,45	203,43	230,78
30	218,91		205,15	140,21	163,85	104,44	73,96	157,63	164,75	170,74	192,69	213,32
31	218,61		166,03		119,50		122,79	132,85		147,40		211,15

Tabla A.15: Resumen Diario de Datos de la Velocidad de Viento registrados en la Estación Progreso en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia).

Día	Promedio Diario (m/s)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1,99	1,55	1,36	0,90	1,70	3,10	2,02	3,20	2,86	1,21	1,77	2,22
2	2,20	1,42	1,72	1,05	1,17	4,16	2,44	2,52	2,10	0,98	1,16	2,35
3	2,42	1,71	1,79	1,05	2,17	3,18	1,90	2,44	2,87	0,84	1,23	2,13
4	2,60	2,09	1,44	0,89	1,55	3,27	1,17	2,31	2,25	2,12	1,08	2,28
5	2,03	1,52	1,71	0,95	1,12	2,96	1,91	3,60	2,01	2,27	0,81	1,76
6	2,55	1,34	1,60	1,63	1,00	3,29	1,96	2,21	2,56	1,65	1,20	1,74
7	2,24	1,23	1,70	1,82	0,88	2,84	1,54	2,25	2,33	1,56	1,12	2,22
8	2,42	1,75	1,92	1,16	1,81	4,04	2,77	2,71	2,50	1,47	2,01	3,01
9	2,33	2,02	1,60	1,38	1,37	1,43	1,88	2,57	2,15	2,26	1,26	2,63
10	2,38	1,79	2,08	2,28	1,60	2,93	1,65	1,70	1,27	2,92	1,90	2,41
11	2,80	1,75	2,13	1,80	1,56	1,95	1,26	2,19	1,88	1,75	2,13	2,16
12	2,30	2,45	2,09	1,66	0,60	1,40	1,50	2,36	2,47	2,09	1,78	2,27
13	2,02	1,87	1,87	2,35	1,49	2,31	1,93	2,45	2,57	2,53	2,12	2,14
14	2,53	2,02	1,68	3,00	1,52	2,50	1,87	1,48	0,91	1,80	1,99	1,92
15	1,50	1,87	1,71	1,70	0,76	1,55	2,90	1,68	1,47	1,39	2,66	1,93
16	2,08	1,73	1,20	1,43	1,42	1,62	2,52	2,54	1,13	1,47	1,73	1,80
17	2,59	2,32	1,62	1,82	1,12	2,65	1,76	0,90	1,19	1,79	1,88	2,24
18	1,38	2,79	1,98	1,51	1,78	2,05	2,49	1,54	1,57	1,00	2,24	2,63
19	1,29	2,31	1,45	1,64	1,08	1,04	1,78	2,36	1,49	1,48	2,32	1,60
20	1,29	2,17	1,76	2,29	2,31	1,73	1,35	1,10	1,16	1,22	1,68	1,88
21	1,47	1,91	2,77	1,79	1,20	3,81	2,04	2,34	2,01	1,13	0,77	2,09
22	1,51	1,65	2,47	2,30	1,26	2,42	2,13	3,55	2,28	1,61	0,97	2,15
23	2,31	1,80	2,06	2,55	0,99	1,33	2,25	2,55	2,78	1,96	1,47	2,93
24	2,12	2,16	1,35	1,55	1,70	2,95	1,84	1,89	2,53	1,70	2,83	2,58
25	1,11	2,21	1,76	1,68	1,62	1,68	1,69	2,61	1,24	1,69	2,15	1,35
26	1,47	1,52	1,79	1,63	0,58	1,83	2,78	1,44	1,82	1,43	1,69	2,05
27	1,72	1,50	1,31	1,18	0,68	3,36	3,30	1,13	2,54	1,43	2,07	1,97
28	1,77	1,68	0,97	1,83	2,37	1,76	2,89	2,78	1,71	2,45	2,35	2,29
29	1,95	1,86	1,84	1,38	2,34	1,26	1,52	1,74	1,22	1,69	2,88	1,89
30	1,77		1,81	1,85	1,07	1,76	2,39	1,88	1,19	2,38	2,47	1,32
31	1,55		1,56		1,89		3,41	2,10		2,69		2,05

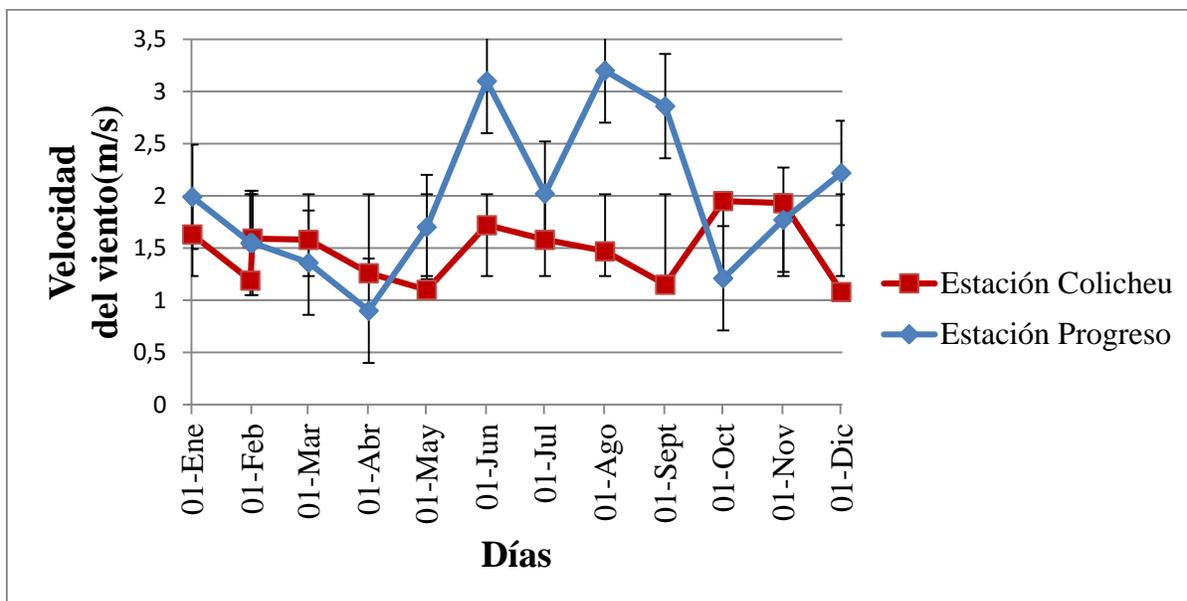


Figura A.4: Registro Medio Diario de Datos de Velocidad de Viento. (Fuente: Elaboración Propia)

ANEXO B

ANEXO B

Determinación de Homogeneidad De las Estaciones

ANEXO B

Anexo B: Prueba de Hipótesis con Respecto a las Medias de dos Distribuciones con Varianzas Iguales pero Desconocidas para un 95% de Confiabilidad

Tabla B.1: Parámetros estadísticos de la Dirección del viento necesarios para obtención del valor de estadística de prueba t (Fuente: Elaboración Propia)

DIRECCION DEL VIENTO AÑO 2014						
Mes	ESTACIÓN COLICHEU			ESTACION PROGRESO		
	Promedio	Desviación	Nº Datos (n)	Promedio	Desviación	Nº Datos (n)
Enero	197,9	28,01	31	198,86	28,70736	31
Febrero	195,41	17,82	28	198,13	28,61527	28
Marzo	186,95	27,57	31	186,43	38,0169	31
Abril	172,34	13,26	30	172,19	35,98583	30
Mayo	157,78	31,35	31	160,73	38,10939	31
Junio	127,28	64,44	30	120,57	69,23377	30
Julio	138,9	52,40	31	133,75	54,00607	31
Agosto	153,89	56,06	31	157,39	60,58716	31
Septiembre	162,48	51,74	30	161,97	56,48066	30
Octubre	195,46	29,85	31	201,95	31,63199	31
Noviembre	192,59	19,9	30	192,01	22,69435	30
Diciembre	203,94	23,28	31	199	28,98213	31

ANEXO B

Tabla B.4: Valores críticos $t_{\alpha/2}$ obtenidos (Fuente: Elaboración Propia)

$t_{\alpha/2}$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ene	1,671	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Feb	-	1,673	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar	-	-	1,671	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abr	-	-	-	1,672	-	-	-	-	-	-	-	-
May	-	-	-	-	1,671	-	-	-	-	-	-	-
Jun	-	-	-	-	-	1,672	-	-	-	-	-	-
Jul	-	-	-	-	-	-	1,671	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-	-	1,671	-	-	-	-
Sep	-	-	-	-	-	-	-	-	1,672	-	-	-
Oct	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,671	-	-
Nov	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,672	-
Dic	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,671

Tabla B.5: Decisiones con respecto a la hipótesis nula de la prueba (Fuente: Elaboración Propia).

ESTACION COLICHEU	DECISION	ESTACION PROGRESO
Enero	NO SE RECHAZA	Enero
Febrero	NO SE RECHAZA	Febrero
Marzo	NO SE RECHAZA	Marzo
Abril	NO SE RECHAZA	Abril
Mayo	NO SE RECHAZA	Mayo
Junio	NO SE RECHAZA	Junio
Julio	NO SE RECHAZA	Julio
Agosto	NO SE RECHAZA	Agosto
Septiembre	NO SE RECHAZA	Septiembre
Octubre	NO SE RECHAZA	Octubre
Noviembre	NO SE RECHAZA	Noviembre
Diciembre	NO SE RECHAZA	Diciembre

ANEXO B

Tabla B.6: Parámetros estadísticos de la Dirección del viento necesarios para obtención del valor de estadística de prueba t (Fuente: Elaboración Propia)

VELOCIDAD DEL VIENTO AÑO 2014						
Mes	ESTACIÓN COLICHEU			ESTACION PROGRESO		
	Promedio	Desviación	N° Datos (n)	Promedio	Desviación	N° Datos (n)
Enero	1,53	0,45	31	2,47	1,13429	31
Febrero	1,6	0,56	28	1,67	0,86644	28
Marzo	1,49	0,596	31	1,93	0,94436	31
Abril	1,45	0,86	30	1,87	0,86177	30
Mayo	2,01	0,99	31	1,7	1,15362	31
Junio	1,61	0,87	30	2,66	1,37871	30
Julio	1,72	0,91	31	2,2	1,33058	31
Agosto	1,75	0,81	31	2,14	1,16949	31
Septiembre	1,58	0,61	30	1,98	1,21909	30
Octubre	1,81	0,6	31	1,85	0,92471	31
Noviembre	1,86	0,42	30	2,2	1,05711	30
Diciembre	1,9	0,53	31	2,1	0,84731	31

ANEXO B

Tabla B.9: Valores críticos $t_{\alpha/2}$ obtenidos (Fuente: Elaboración Propia)

$t_{\alpha/2}$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ene	1,671	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Feb	-	1,673	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar	-	-	1,671	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abr	-	-	-	1,672	-	-	-	-	-	-	-	-
May	-	-	-	-	1,671	-	-	-	-	-	-	-
Jun	-	-	-	-	-	1,672	-	-	-	-	-	-
Jul	-	-	-	-	-	-	1,671	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-	-	1,671	-	-	-	-
Sep	-	-	-	-	-	-	-	-	1,672	-	-	-
Oct	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,671	-	-
Nov	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,672	-
Dic	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,671

Tabla B.10: Decisiones con respecto a la hipótesis nula de la prueba (Fuente: Elaboración Propia).

ESTACION COLICHEU	DECISION	ESTACION PROGRESO
Enero	RECHAZA	Enero
Febrero	NO SE RECHAZA	Febrero
Marzo	NO SE RECHAZA	Marzo
Abril	NO SE RECHAZA	Abril
Mayo	NO SE RECHAZA	Mayo
Junio	RECHAZA	Junio
Julio	NO SE RECHAZA	Julio
Agosto	NO SE RECHAZA	Agosto
Septiembre	NO SE RECHAZA	Septiembre
Octubre	NO SE RECHAZA	Octubre
Noviembre	NO SE RECHAZA	Noviembre
Diciembre	NO SE RECHAZA	Diciembre

ANEXO C

Identificación de Periodos Característicos

Anexo C1: Prueba de Hipótesis con Respecto a las Medias de dos Distribuciones con Varianzas Iguales pero Desconocidas para un 95% de Confiabilidad

Tabla C.1: Parámetros estadísticos de la Dirección del viento necesarios para obtención del valor de estadística de prueba t (Fuente: Elaboración Propia)

DIRECCION DEL VIENTO AÑO 2014						
Mes	ESTACIÓN COLICHEU			ESTACION PROGRESO		
	Promedio	Desviación	N° Datos (n)	Promedio	Desviación	N° Datos (n)
Enero	197,9	28,01	31	198,86	28,70736	31
Febrero	195,41	17,82	28	198,13	28,61527	28
Marzo	186,95	27,57	31	186,43	38,0169	31
Abril	172,34	13,26	30	172,19	35,98583	30
Mayo	157,78	31,35	31	160,73	38,10939	31
Junio	127,28	64,44	30	120,57	69,23377	30
Julio	138,9	52,40	31	133,75	54,00607	31
Agosto	153,89	56,06	31	157,39	60,58716	31
Septiembre	162,48	51,74	30	161,97	56,48066	30
Octubre	195,46	29,85	31	201,95	31,63199	31
Noviembre	192,59	19,9	30	192,01	22,69435	30
Diciembre	203,94	23,28	31	199	28,98213	31

Tabla C.2: Valores del estadístico t con respecto a las medias para prueba con varianzas iguales pero desconocidas, estación Colicheu (Fuente: Elaboración Propia)

VALOR T												
DIRECCIÓN DEL VIENTO (AÑO 2014)												
t	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ene	0	-0,402	-1,551	-4,530	-5,313	-5,582	-5,529	-3,91	-3,34	-0,332	-0,851	0,923
Feb	0,402	0	-1,383	-5,619	-5,586	-5,402	-5,426	-3,749	-3,194	0,008	-0,567	1,568
Mar	1,551	1,383	0	-2,623	-3,890	-4,729	-4,518	-2,946	-2,316	1,157	0,914	2,622
Abr	4,530	5,619	2,623	0	-2,348	-3,751	-3,391	-1,755	-1,011	3,887	4,638	6,35
May	5,313	5,586	3,890	2,348	0	-2,363	-1,722	-0,337	0,431	4,846	5,158	6,582
Jun	5,582	5,402	4,729	3,751	2,363	0	0,774	1,722	2,333	5,331	5,304	6,219
Jul	5,529	5,426	4,518	3,391	1,722	-0,774	0	1,088	1,768	5,222	5,256	6,316
Ago	3,910	3,749	2,946	1,755	0,337	-1,722	-1,088	0	0,621	3,644	3,569	4,591
Sep	3,340	3,194	2,316	1,011	-0,431	-2,333	-1,768	-0,621	0	3,062	2,975	4,058
Oct	0,332	-0,008	-1,157	-3,887	-4,846	-5,331	-5,222	-3,644	-3,062	0	-0,443	1,244
Nov	0,851	0,567	-0,914	-4,638	-5,158	-5,304	-5,256	-3,569	-2,975	0,443	0	2,044
Dic	-0,923	-1,568	-2,622	-6,350	-6,582	-6,219	-6,316	-4,591	-4,058	-1,244	-2,044	0

Tabla C.3: Valores del estadístico Sig con respecto a las medias para prueba con varianzas iguales entregado por el Software SPSS Statistics 23, Estación Colicheu (Fuente: Elaboración Propia)

VALOR DE SIGNIFICANCIA												
DIRECCIÓN DEL VIENTO(AÑO 2014)												
SIG	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ener	0	0,689	0,126	0,00002	0	0	0	0,00028	0,001	0,741	0,398	0,36
Feb	0,689	0	0,1172	0	0	0,000001	0,000001	0,00041	0,002	0,994	0,573	0,123
Mar	0,126	0,1172	0	0,011	0,00025	0,00001	0,00003	0,005	0,024	0,252	0,365	0,011
Abr	0,00002	0	0,011	0	0,022	0,0004	0,001	0,084	0,316	0,0002	0,00002	0
May	0,000002	0	0,00025	0,022	0	0,021	0,090	0,737	0,668	0	0,000003	0
Jun	0	0,000001	0,00001	0,0004	0,021	0	0,442	0,09	0,023	0,000002	0,000002	0
Jul	0	0,000001	0,00003	0,001	0,090	0,442	0	0,281	0,082	0	0,000002	0
Ago	0,00028	0,00041	0,005	0,084	0,737	0,090	0,281	0	0,537	0,001	0,001	0
Sep	0,001	0,002	0,024	0,316	0,668	0,023	0,082	0,537	0	0,003	0,004	0,0001
Oct	0,741	0,994	0,252	0,0002	0	0,000002	0	0,001	0,003	0	0,659	0,218
Nov	0,398	0,573	0,365	0,00002	0	0,000002	0,000002	0,001	0,004	0,659	0	0,045
Dic	0,360	0,123	0,011	0	0	0	0	0,000023	0,0001	0,218	0,045	0

Tabla C.4: Decisiones con respecto a la hipótesis nula de la prueba (Fuente: Elaboración Propia).

DECISION	DECISIÓN DE HIPÓTESIS DIRECCIÓN DEL VIENTO(AÑO 2014)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic
Enero	NR	NR	NR	R	R	R	R	R	R	NR	NR	NR
Febrero	NR	NR	NR	R	R	R	R	R	R	NR	NR	NR
Marzo	NR	NR	NR	R	R	R	R	R	R	NR	NR	R
Abril	R	R	R	NR	R	R	R	NR	NR	R	R	R
Mayo	R	R	R	R	NR	R	NR	NR	NR	R	R	R
Junio	R	R	R	R	R	NR	NR	NR	NR	R	R	R
Julio	R	R	R	R	NR	NR	NR	NR	NR	R	R	R
Agosto	R	R	R	NR	NR	NR	NR	NR	NR	R	R	R
Septiembre	R	R	R	NR	NR	NR	NR	NR	NR	R	R	R
Octubre	NR	NR	NR	R	R	R	R	R	R	NR	NR	NR
Noviembre	NR	NR	NR	R	R	R	R	R	R	NR	NR	NR
Diciembre	NR	NR	R	R	R	R	R	R	R	NR	NR	NR

Tabla C.5: Parámetros estadísticos de la Dirección del viento necesarios para obtención del valor de estadística de prueba t (Fuente: Elaboración Propia)

VELOCIDAD DEL VIENTO AÑO 2014						
Mes	ESTACIÓN COLICHEU			ESTACION PROGRESO		
	Promedio	Desviación	N° Datos (n)	Promedio	Desviación	N° Datos (n)
Enero	1,53	0,45	31	2,47	1,13429	31
Febrero	1,6	0,56	28	1,67	0,86644	28
Marzo	1,49	0,596	31	1,93	0,94436	31
Abril	1,45	0,86	30	1,87	0,86177	30
Mayo	2,01	0,99	31	1,7	1,15362	31
Junio	1,61	0,87	30	2,66	1,37871	30
Julio	1,72	0,91	31	2,2	1,33058	31
Agosto	1,75	0,81	31	2,14	1,16949	31
Septiembre	1,58	0,61	30	1,98	1,21909	30
Octubre	1,81	0,6	31	1,85	0,92471	31
Noviembre	1,86	0,42	30	2,2	1,05711	30
Diciembre	1,9	0,53	31	2,1	0,84731	31

Tabla C.6: Valores del estadístico t con respecto a las medias para prueba con varianzas iguales pero desconocidas, estación Colicheu (Fuente: Elaboración Propia)

VALOR T												
VELOCIDAD DEL VIENTO (AÑO 2014)												
t	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ene	0	0,532	-0,298	-0,457	2,458	0,453	1,042	1,322	0,365	2,079	2,959	2,963
Feb	-0,532	0	-0,728	-0,781	1,929	0,052	0,602	0,819	-0,13	1,385	2,009	2,114
Mar	0,298	0,728	0	-0,212	2,505	0,630	1,177	1,439	0,583	2,107	2,794	2,862
Abr	0,457	0,781	0,212	0	2,355	0,716	1,19	1,403	0,675	1,901	-2,346	2,469
May	-2,458	-1,929	-2,505	-2,355	0	-1,674	-1,201	-1,132	-2,034	-1,123	-0,766	-0,545
Jun	-0,453	-0,052	-0,630	-0,716	1,674	0	0,482	0,651	-0,155	1,048	1,417	1,578
Jul	-1,042	-0,602	-1,177	-1,190	1,201	-0,482	0	0,137	-0,703	0,46	0,767	0,952
Ago	-1,322	-0,819	-1,439	-1,403	1,132	-0,651	-0,137	0	-0,924	0,331	0,662	0,863
Sep	-0,365	0,130	-0,583	-0,675	2,034	0,155	0,703	0,924	0	1,485	2,071	2,189
Oct	-2,079	-1,385	-2,107	-1,901	1,123	-1,048	-0,460	-0,331	-1,485	0	0,376	0,626
Nov	-2,959	-2,009	-2,794	2,346	0,766	-1,417	-0,767	-0,662	-2,071	-0,376	0	0,326
Dic	-2,963	-2,114	-2,862	-2,469	0,545	-1,578	-0,952	-0,863	-2,189	-0,626	-0,326	0

Tabla C.7: Valores del estadístico Sig con respecto a las medias para prueba con varianzas iguales entregado por el Software SPSS Statistics 23, Estación Colicheu (Fuente: Elaboración Propia)

VALOR DE SIGNIFICANCIA												
VELOCIDAD DEL VIENTO(AÑO 2014)												
SIG	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ene	0	0,597	0,767	0,649	0,017	0,652	0,302	0,191	0,716	0,042	0,004	0,004
Feb	0,597	0	0,469	0,438	0,059	0,959	0,549	0,416	0,897	0,171	0,049	0,039
Mar	0,767	0,469	0	0,833	0,015	0,531	0,244	0,155	0,562	0,039	0,007	0,006
Abr	0,649	0,438	0,833	0	0,022	0,477	0,239	0,166	0,502	0,062	0,022	0,016
May	0,017	0,059	0,015	0,022	0	0,099	0,235	0,262	0,046	0,266	0,447	0,587
Jun	0,652	0,959	0,531	0,477	0,099	0	0,631	0,518	0,878	0,299	0,162	0,12
Jul	0,302	0,549	0,244	0,239	0,235	0,631	0	0,891	0,485	0,647	0,446	0,345
Ago	0,191	0,416	0,155	0,166	0,262	0,518	0,891	0	0,359	0,741	0,51	0,392
Sep	0,716	0,897	0,562	0,502	0,046	0,878	0,485	0,359	0	0,143	0,043	0,033
Oct	0,042	0,171	0,039	0,062	0,266	0,299	0,647	0,741	0,143	0	0,708	0,534
Nov	0,004	0,049	0,007	0,022	0,447	0,162	0,446	0,510	0,043	0,708	0	0,746
Dic	0,004	0,039	0,006	0,016	0,587	0,120	0,345	0,392	0,033	0,534	0,746	0

Tabla C.8: Decisiones con respecto a la hipótesis nula de la prueba (Fuente: Elaboración Propia).

DECISION	DECISIÓN DE HIPÓTESIS VELOCIDAD DEL VIENTO(AÑO 2014)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic
Enero	NR	NR	NR	NR	R	NR	NR	NR	NR	R	R	R
Febrero	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	R	R
Marzo	NR	NR	NR	NR	R	NR	NR	NR	NR	R	R	R
Abril	NR	NR	NR	NR	R	NR	NR	NR	NR	NR	R	R
Mayo	R	NR	R	R	NR	NR	NR	NR	R	NR	NR	NR
Junio	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Julio	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Agosto	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Septiembre	NR	NR	NR	NR	R	NR	NR	NR	NR	NR	R	R
Octubre	R	NR	R	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Noviembre	R	R	R	R	NR	NR	NR	NR	R	NR	NR	NR
Diciembre	R	R	R	R	NR	NR	NR	NR	R	NR	NR	NR

Anexo C.2: Identificación de Patrones Característicos

Tabla C.9: Decisiones con respecto a la hipótesis nula de la prueba (Fuente: Elaboración Propia).

DECISION	DECISIÓN DE HIPÓTESIS DIRECCIÓN DEL VIENTO(AÑO 2014)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic
Enero	---	NR	NR	R	R	R	R	R	R	NR	NR	NR
Febrero	NR	---	NR	R	R	R	R	R	R	NR	NR	NR
Marzo	NR	NR	---	R	R	R	R	R	R	NR	NR	R
Abril	R	R	R	---	R	R	R	NR	NR	R	R	R
Mayo	R	R	R	R	---	R	NR	NR	NR	R	R	R
Junio	R	R	R	R	R	---	NR	NR	NR	R	R	R
Julio	R	R	R	R	NR	NR	---	NR	NR	R	R	R
Agosto	R	R	R	NR	NR	NR	NR	---	NR	R	R	R
Septiembre	R	R	R	NR	NR	NR	NR	NR	---	R	R	R
Octubre	NR	NR	NR	R	R	R	R	R	R	---	NR	NR
Noviembre	NR	NR	NR	R	R	R	R	R	R	NR	---	NR
Diciembre	NR	NR	R	R	R	R	R	R	R	NR	NR	---

DONDE:

Período 1:  Enero, Febrero y Marzo.

Período 2:  Abril.

Período 3:  Mayo y Septiembre.

Período 4:  Junio, Julio y Agosto.

Período 5:  Octubre, Noviembre y Diciembre.

Tabla C.10: Decisiones con respecto a la hipótesis nula de la prueba (Fuente: Elaboración Propia).

DECISION	DECISIÓN DE HIPÓTESIS VELOCIDAD DEL VIENTO(AÑO 2014)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic
Enero	---	NR	NR	NR	R	NR	NR	NR	NR	R	R	R
Febrero	NR	---	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	R	R
Marzo	NR	NR	---	NR	R	NR	NR	NR	NR	R	R	R
Abril	NR	NR	NR	---	R	NR	NR	NR	NR	NR	R	R
Mayo	R	NR	R	R	---	NR	NR	NR	R	NR	NR	NR
Junio	NR	NR	NR	NR	NR	---	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Julio	NR	NR	NR	NR	NR	NR	---	NR	NR	NR	NR	NR
Agosto	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	---	NR	NR	NR	NR
Septiembre	NR	NR	NR	NR	R	NR	NR	NR	---	NR	R	R
Octubre	R	NR	R	NR	NR	NR	NR	NR	NR	---	NR	NR
Noviembre	R	R	R	R	NR	NR	NR	NR	R	NR	---	NR
Diciembre	R	R	R	R	NR	NR	NR	NR	R	NR	NR	---

DONDE:

Período 1:  Enero, Febrero, Marzo y Abril.

Período 3:  Mayo, Junio y Julio.

Período 4:  Agosto y Septiembre.

Período 5:  Octubre, Noviembre y Diciembre.

ANEXO D

ANEXO D

Variabilidad Horaria Diurna y Nocturna del Viento

ANEXO D

Anexo D: Variación Horaria a Largo Plazo

En las siguientes tablas se muestran los registros de la velocidad y dirección del viento en un resumen de escala temporal, para periodos diurno que va de las 8:00 horas hasta las 19:59 y un periodo nocturno de esta entre las 20:00 y 7:59 del día siguiente.

Para la estación Colicheu los registros son del período entre Abril del 2012 y Mayo del 2016.

Para la estación de Progreso los registros son del período entre Octubre del 2012 y Mayo del 2016.

Tabla D.1: Resumen Serie Media Anual Diurno y Nocturno, de Datos de Dirección y Velocidad del Viento registrados en la Estación Colicheu en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia)

ESTACIÓN COLICHEU				
DIURNO			NOCTURNO	
AÑO	Promedio Anual Dirección del viento (°)	Promedio Anual Velocidad del viento (m/s)	Promedio Anual Dirección del viento (°)	Promedio Anual Velocidad del viento (m/s)
2012	183,96	2,12	151,25	1,29
2013	201,53	2,24	164,02	1,38
2014	191,16	2,04	156,35	1,35
2015	192,13	1,89	154,07	1,12
2016	190,69	1,48	147,53	0,82

ANEXO D

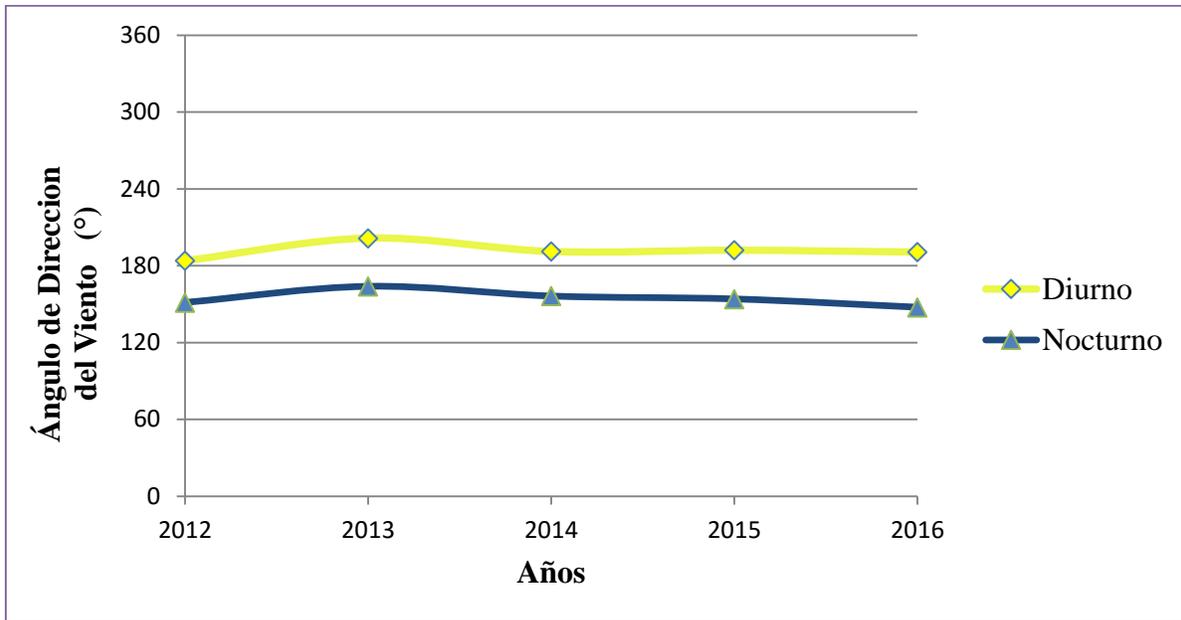


Figura D.1: Variabilidad de la Serie Media Anual Diurno y Nocturno, de Datos de Dirección Viento registrados en la Estación Colicheu en el período 2012-20016 (Fuente: Elaboración Propia)

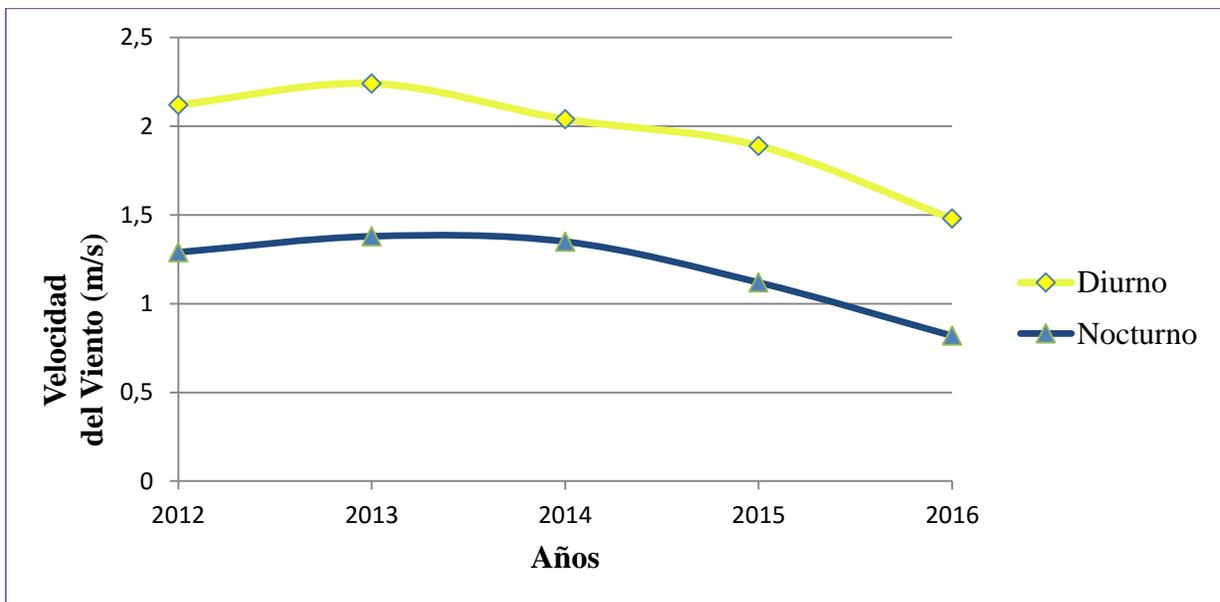


Figura D.2: Variabilidad de la Serie Media Anual Diurno y Nocturno, de Datos de Velocidad del Viento registrados en la Estación Colicheu en el período 2012-20016 (Fuente: Elaboración Propia)

ANEXO D

Tabla D.2: Resumen Serie Media Anual Diurno y Nocturno, de Datos de Dirección y Velocidad del Viento registrados en la Estación Progreso en el período 2012-20016 (Fuente: Elaboración Propia)

ESTACIÓN PROGRESO				
DIURNO			NOCTURNO	
AÑO	Promedio Anual Dirección del viento (°)	Promedio Anual Velocidad del viento (m/s)	Promedio Anual Dirección del viento (°)	Promedio Anual Velocidad del viento (m/s)
2012	216,89	1,91	166,61	1,22
2013	199,60	2,24	168,28	1,63
2014	190,18	2,35	156,98	1,77
2015	202,30	2,23	167,62	1,63
2016	203,72	1,82	169,23	1,27

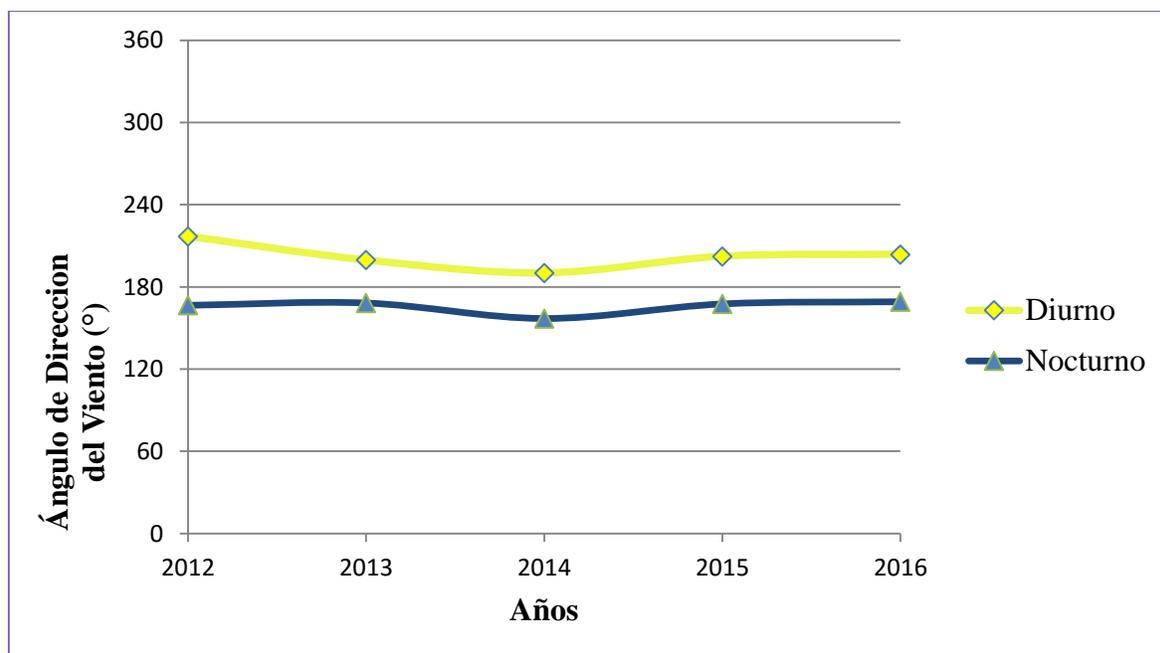


Figura D.3: Variabilidad de la Serie Media Anual Diurno y Nocturno, de Datos de Dirección Viento registrados en la Estación Progreso en el período 2012-20016 (Fuente: Elaboración Propia)

ANEXO D

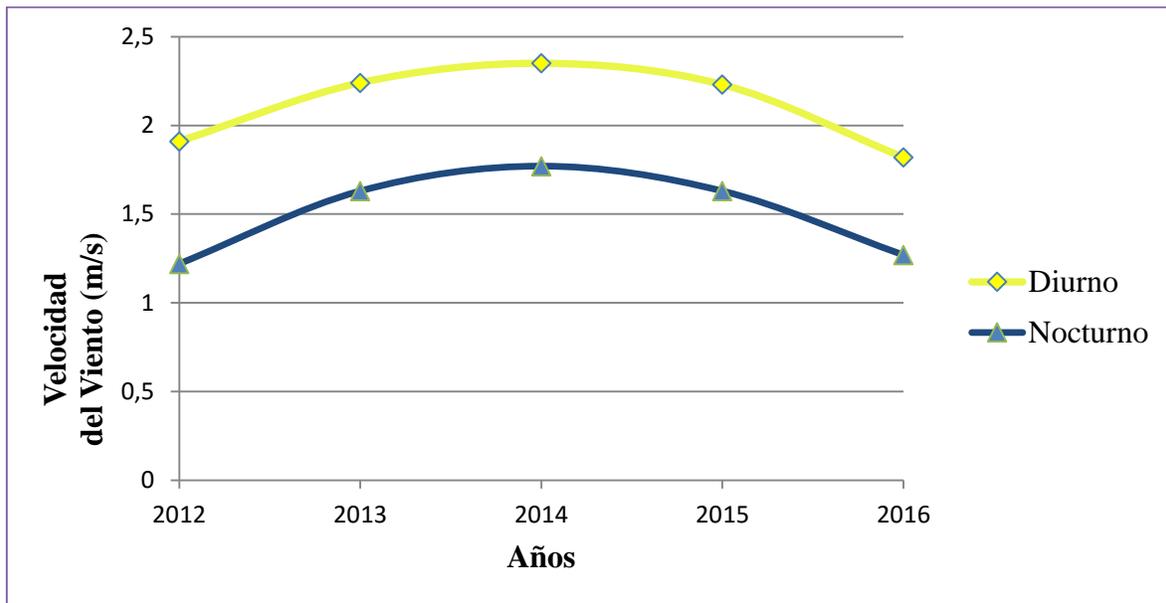


Figura D.4: Variabilidad de la Serie Media Anual Diurno y Nocturno, de Datos de Velocidad del Viento registrados en la Estación Progreso en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia)

ANEXO D

Tabla D.3: Resumen Serie Media Mensual Diurno y Nocturno de Datos de Dirección de Viento registrados en la Estación Colicheu en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia).

Mes	DIURNO		NOCTURNO	
	Promedio Anual Dirección del viento (°)	Promedio Anual Velocidad del viento (m/s)	Promedio Anual Dirección del viento (°)	Promedio Anual Velocidad del viento (m/s)
Enero	222,93	2,04	181,61	1,15
Febrero	208,34	1,88	173,08	0,98
Marzo	205,49	1,73	163,32	0,92
Abril	191,17	1,53	160,24	0,98
Mayo	161,41	2,04	131,12	1,67
Junio	143,73	1,96	119,64	1,48
Julio	152,05	2,04	135,47	1,54
Agosto	169,01	2,07	135,75	1,25
Septiembre	190,01	1,88	146,25	1,06
Octubre	221,51	2,20	165,31	1,20
Noviembre	219,39	2,40	176,73	1,38
Diciembre	222,47	2,30	171,94	1,25

ANEXO D

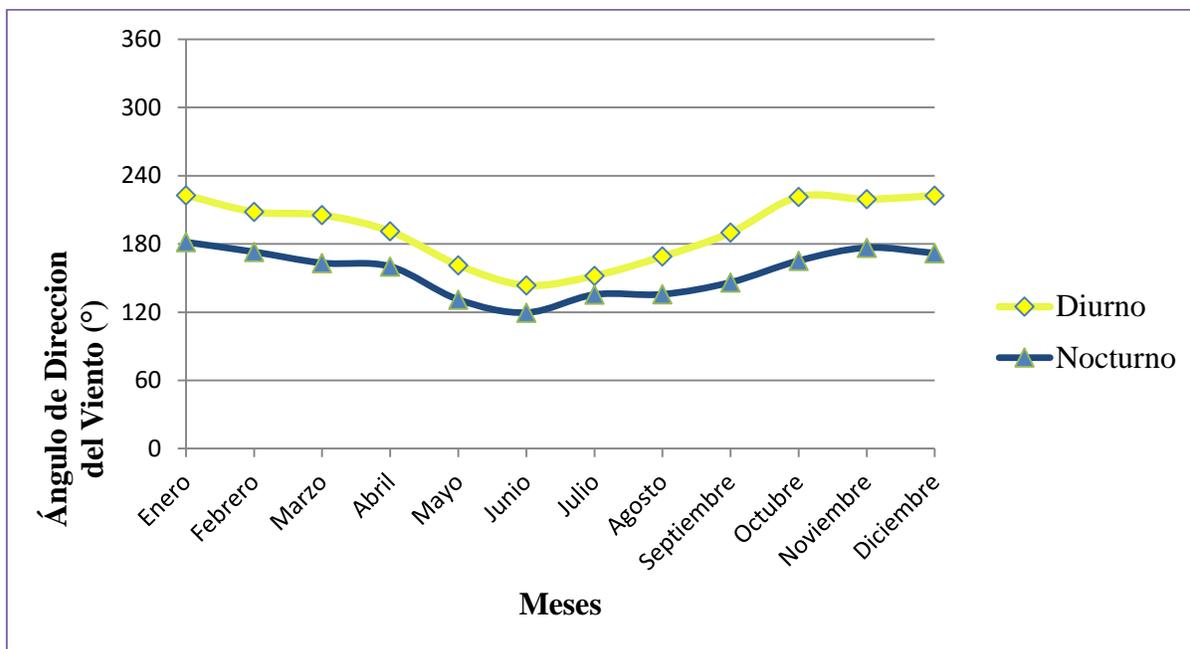


Figura D.5: Variabilidad de la Serie Media Mensual Diurno y Nocturno, de Datos de Dirección Viento registrados en la Estación Colicheu en el período 2012-20016 (Fuente: Elaboración Propia)

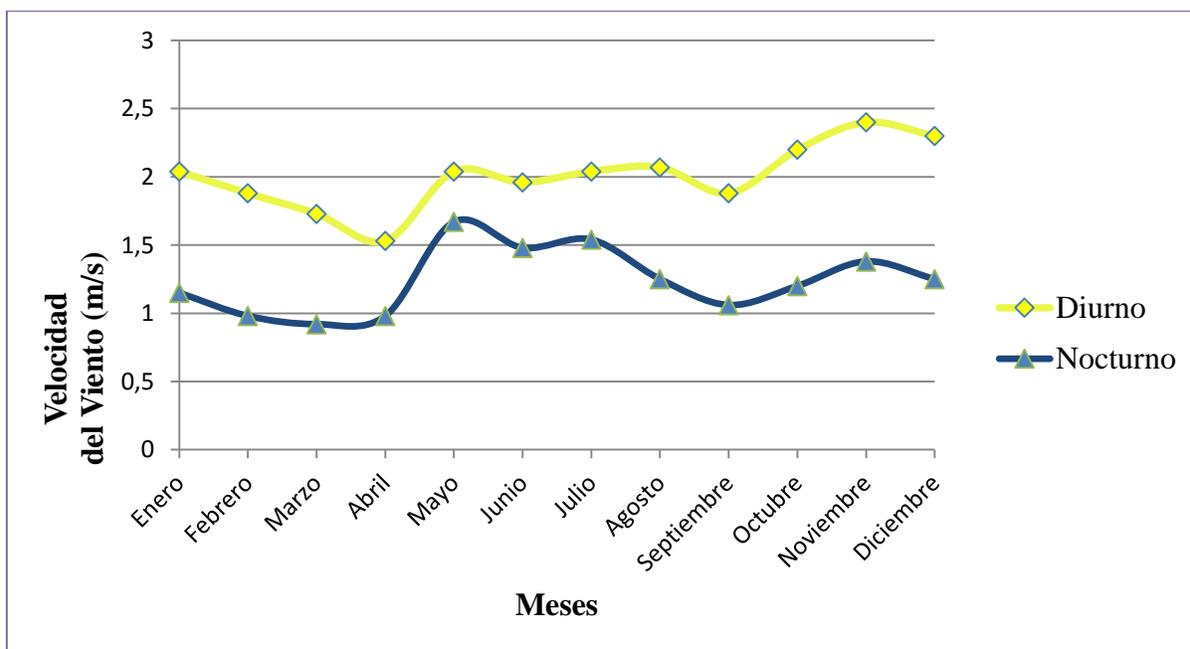


Figura D.6: Variabilidad de la Serie Media Mensual Diurno y Nocturno, de Datos de Velocidad del Viento registrados en la Estación Colicheu en el período 2012-20016 (Fuente: Elaboración Propia)

ANEXO D

Tabla D.4: Resumen Serie Media Mensual Diurno y Nocturno de Datos de Dirección de Viento registrados en la Estación Progreso en el período 2012-2016 (Fuente: Elaboración Propia).

Mes	DIURNO		NOCTURNO	
	Promedio Anual Dirección del viento (°)	Promedio Anual Velocidad del viento (m/s)	Promedio Anual Dirección del viento (°)	Promedio Anual Velocidad del viento (m/s)
Enero	188,96	2,09	1,62	168,78
Febrero	207,57	2,17	1,47	156,91
Marzo	182,29	1,89	1,71	152,26
Abril	191,46	2,13	1,60	166,47
Mayo	199,17	1,95	1,67	161,50
Junio	204,51	2,17	1,50	160,24
Julio	200,28	2,09	1,46	160,36
Agosto	193,39	2,49	1,92	152,14
Septiembre	199,37	2,10	1,75	163,37
Octubre	186,50	2,36	1,77	166,52
Noviembre	195,36	2,35	1,58	168,93
Diciembre	209,35	2,31	1,63	171,06

ANEXO D

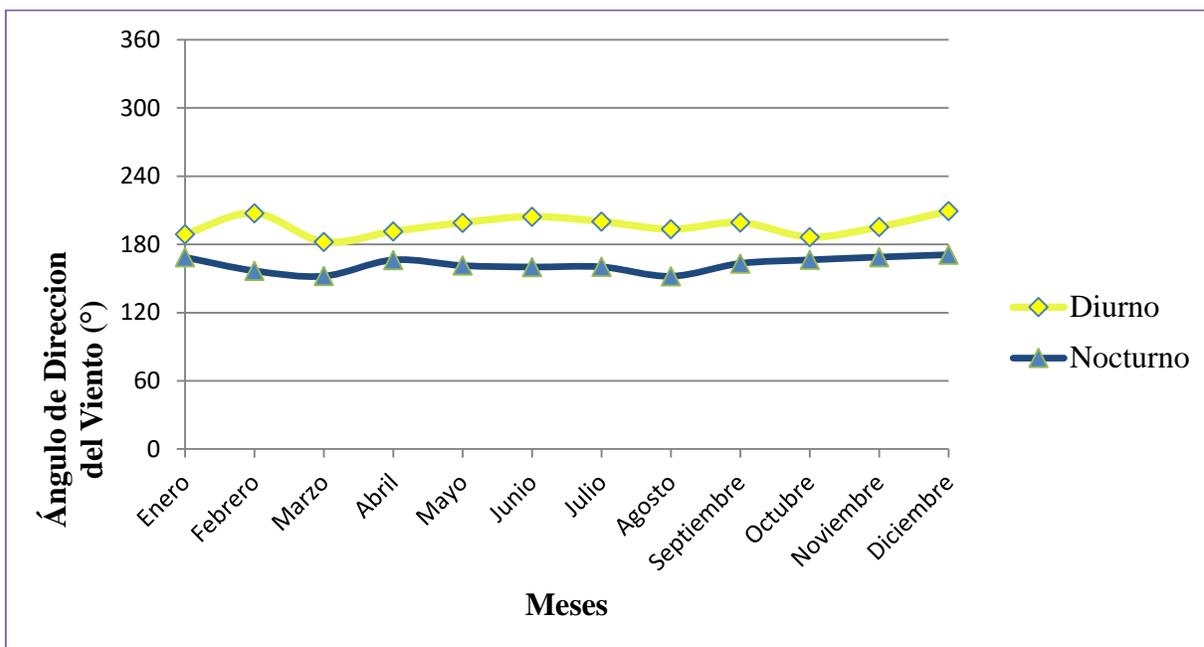


Figura D.7: Variabilidad de la Serie Media Mensual Diurno y Nocturno, de Datos de Dirección Viento registrados en la Estación Progreso en el período 2012-20016 (Fuente: Elaboración Propia)

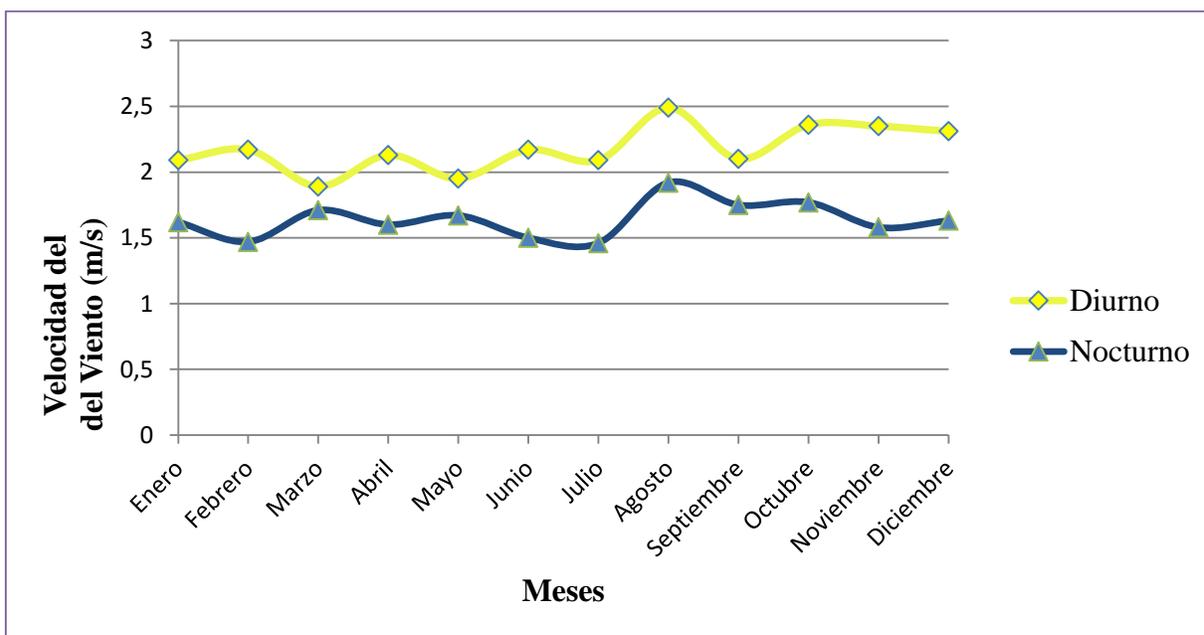


Figura D.8: Variabilidad de la Serie Media Mensual Diurno y Nocturno, de Datos de Velocidad del Viento registrados en la Estación Progreso en el período 2012-20016 (Fuente: Elaboración Propia)