



Mediciones



Laboratorio



Ingeniería



Diagnóstico



Asesoría

INFORME

Estudio de Impacto Odorante Centro de Piscicultura Quimeyco.

21 de octubre de 2020
Inf01E01.O-20-046

Datos del Proyecto

Empresa : Soc. Quimey-co Ltda.

Planta : Centro Piscicultura Quimeyco Ltda.
Coordinador : Germán Malig

Jefe de Proyecto : Miguel Gatica Rivera
Claudio Burdiles Melgarejo (CBM).

Ingenieros de Proyecto : Carla Torres Valdebenito (CTV).

Fecha : 21 de octubre de 2020.

Emisión	Datos	Preparó	Revisó	Aprobó
Rev0. Versión Final	Nombre	CTV	CBM	CBM
	Fecha	21-10-2020	21-10-2020	21-09-2020

Índice General

1 Resumen.....	6
2 Introducción	9
3 Objetivos General	10
3.1 Objetivos específicos.....	10
4 Metodología.....	11
4.1 Caracterización de las fuentes de emisión de olor.	11
4.2 Estimación de concentración y emisiones de olor	11
4.2.1 Procedimiento.....	11
4.3 Evaluación de la dispersión de las emisiones de olor.....	12
4.3.1 Selección del modelo.....	12
4.3.2 Recopilación de los antecedentes para la modelación.....	13
4.3.3 Variables meteorológicas y geofísicas	13
4.3.4 Evaluación de los resultados	14
4.3.5 Área de Influencia y receptores de interés.	14
4.4 Evaluación del desempeño del archivo de pronóstico utilizado	15
5 Resultados	16
5.1 Caracterización de las fuentes de emisión	16
5.1.1 Fuentes de emisión	16
5.2 Ubicación de fuentes	17
5.3 Emisiones de olor.	18
5.3.1 Emisiones Escenario Actual.....	18
5.3.2 Dispersión de emisiones.....	20
6 Conclusiones	28
7 Anexos.....	29
7.1 Anexo N°1. Esquema de funcionamiento Calpuff y elementos de modelación.	29
7.2 Anexo N°2. Análisis de receptores.	30
7.1 Anexo N°3. Descripción meteorológica y geofísica de la zona.	32
7.1.1 Cantidad de Datos	32
7.1.2 Gráficos Ciclo diario.....	36
7.1.3 Gráficos Distribución de Vientos	40
7.1.4 Rosa de los Vientos.....	41
7.1.5 Ciclo estacional.....	44
7.1.6 Elevación de Terreno.....	46
7.2 Anexo N°4. Análisis de incertidumbre.....	47
7.2.1 Ciclos diarios promedios.....	47
7.2.2 Promedio Mensual.....	51

7.2.3	Rosas de los vientos.....	54
7.2.4	Gráficos Ciclos estacionales	55
7.2.5	Análisis Cuantitativo.....	57

Índice de Tablas

Tabla Nº 1.	Emisiones de olor.	6
Tabla Nº 2.	Concentración receptores. Percentil 98.	8
Tabla Nº 3.	Variables de entrada consideradas en la modelación.	13
Tabla Nº 4.	Características del archivo meteorológico WRF.	14
Tabla Nº 5.	Descripción fuentes y procesos asociados.	16
Tabla Nº 6.	Coordenadas de fuentes de emisión odorantes.....	17
Tabla Nº 7.	Emisión de olor, fuente puntual.	18
Tabla Nº 8.	Emisión de olor, fuente de área pasiva.	18
Tabla Nº 9.	Emisión de olor de las fuentes de volumen.....	18
Tabla Nº 10.	Máxima concentración.	21
Tabla Nº 11.	Receptores discretos considerados en la modelación.	23
Tabla Nº 12.	Concentración receptores. Escenario Actual, percentil 98.	25
Tabla Nº 13.	Protocolo FIDOL.	27
Tabla Nº 14.	Estaciones meteorológicas.	32
Tabla Nº 15.	Datos válidos estación meteorológica Pucón.....	34
Tabla Nº 16.	Datos válidos estación meteorológica Huiscapi.	36
Tabla Nº 17.	Análisis estadístico.	58

Índice de Figuras

Figura Nº 1.	Mapa de concentración de olor generado por las fuentes de emisión de la planta (Percentil 98).....	7
Figura Nº 2.	Área del estudio de impacto odorante.	10
Figura Nº 3.	Diagrama metodología de caracterización de olor.	12
Figura Nº 4.	Fuentes consideradas.....	17
Figura Nº 5.	Distribución porcentual de las emisiones generadas actualmente en Piscicultura Quimeyco.	19
Figura Nº 6.	Mapa de concentración de olor generado por las fuentes de emisión. Promedio horario, percentil 98.....	20
Figura Nº 7.	Área de Influencia.	22
Figura Nº 8.	Receptores de interés considerados en la modelación.	24
Figura Nº 9.	Mapa de horas sobre 3,0 OUE/m ³ generado por las fuentes de emisión de la Piscicultura Quimeyco, promedio horario.	26
Figura Nº 10.	Esquema funcionamiento CALPUFF.	29
Figura Nº 11.	Concentraciones horarias (OUE/m ³), Distribución horaria. Receptor Nº5.....	30
Figura Nº 12.	Concentraciones horarias (OUE/m ³), Distribución horaria. Receptor Nº6.....	30
Figura Nº 13.	Serie de tiempo anual. Velocidad de viento. Estación Pucón.	33
Figura Nº 14.	Serie de tiempo anual. Dirección de viento. Estación Pucón.	33
Figura Nº 15.	Serie de tiempo anual. Temperatura. Estación Pucón.....	34
Figura Nº 16.	Serie de tiempo anual. Velocidad de viento. Estación Huiscapi.....	35
Figura Nº 17.	Serie de tiempo anual. Dirección de viento. Estación Huiscapi.	35
Figura Nº 18.	Serie de tiempo anual. Temperatura. Estación Huiscapi.	36
Figura Nº 19.	Ciclo diario para velocidad de viento. Estación Pucón.	37
Figura Nº 20.	Ciclo diario para velocidad de viento. Estación Huiscapi.....	37

Figura Nº 21. Ciclo diario para dirección de viento. Estación Pucón.	38
Figura Nº 22. Ciclo diario para dirección de viento. Estación Huiscapi.	38
Figura Nº 23. Ciclo diario de temperatura. Estación Pucón.	39
Figura Nº 24. Ciclo diario de temperatura. Estación Huiscapi.	39
Figura Nº 25. Distribución velocidades de viento en la zona del proyecto. Estación Pucón. ...	40
Figura Nº 26. Distribución velocidades de viento en la zona del proyecto. Estación Huiscapi.	40
Figura Nº 27. Rosa de los vientos anual. Estación Pucón.	41
Figura Nº 28. Rosa de los vientos anual. Estación Huiscapi.	41
Figura Nº 29. Rosa de los vientos por estación Pucón, año 2019.	43
Figura Nº 30. Gráfico ciclo estacional, Estación Pucón.	44
Figura Nº 31. Gráfico ciclo estacional, Estación Huiscapi.	44
Figura Nº 32. Elevación de terreno archivo WRF.	46
Figura Nº 33. Comparación ciclo diario de velocidad del viento entre datos observados y modelados para la estación Pucón.	47
Figura Nº 34. Comparación ciclo diario de velocidad del viento entre datos observados y modelados para la estación Huiscapi.	48
Figura Nº 35. Comparación ciclo diario de dirección de viento entre datos observados y modelados para la estación Pucón.	48
Figura Nº 36. Comparación ciclo diario de dirección de viento entre datos observados y modelados para la estación Huiscapi.	49
Figura Nº 37. Comparación ciclo diario de temperatura entre los datos observados y modelados para la estación Pucón.	49
Figura Nº 38. Comparación ciclo diario de temperatura entre los datos observados y modelados para la estación Huiscapi.	50
Figura Nº 39. Comparación ciclo mensual de velocidad de viento entre los datos observados y modelados para la estación Pucón.	51
Figura Nº 40. Comparación ciclo mensual de velocidad de viento entre los datos observados y modelados para la estación Huiscapi.	51
Figura Nº 41. Comparación ciclo mensual de dirección de viento entre datos observados y modelados para la estación Pucón.	52
Figura Nº 42. Comparación ciclo mensual de dirección de viento entre datos observados y modelados para la estación Huiscapi.	52
Figura Nº 43. Comparación ciclo mensual de temperatura entre datos observados y modelados para la estación Pucón.	53
Figura Nº 44. Comparación ciclo mensual de temperatura entre datos observados y modelados para la estación Huiscapi.	53
Figura Nº 45. Rosa de los vientos Estación Pucón.	54
Figura Nº 46. Rosa de los vientos Estación Huiscapi.	55
Figura Nº 47. Variación estacional de velocidad y dirección de viento EM Pucón.	56
Figura Nº 48. Variación estacional de velocidad y dirección de viento WRF Pucón.	56
Figura Nº 49. Variación estacional de velocidad y dirección de viento EM Huiscapi.	57
Figura Nº 50. Variación estacional de velocidad y dirección de viento WRF Huiscapi.	57

1 Resumen

Sociedad Quimeyco Ltda solicitó los servicios de Proterm S.A. para realizar un Estudio de Impacto Odorante, en Adelante EIO. El presente estudio incorporó la realización de mediciones en las principales fuentes emisoras de olor y una modelación de dispersión atmosférica para determinar y/o descartar la posible afectación a la calidad de vida de las personas, producto de la operación de la planta ubicada en la comuna de Pucón, provincia de Cautín, Región de La Araucanía.

La Piscicultura Quimeyco es un proyecto en operación, por lo que se procedió a determinar las emisiones de referencia de la operación actual, tal como lo indica la “Guía para predicción y evaluación de los impactos por olor en el SEIA”. Las emisiones consideradas fueron obtenidas mediante mediciones de olor realizados bajo lo indicado en la NCh 3386.of.2015 “Muestreo estático para olfatometría”, NCh N°3431 Of.2020 “Determinación de las emisiones difusas por mediciones” y NCh 3190:2010 “Calidad de aire – Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica”.

Los resultados son presentados en dos informes: (A) Toma de muestra y resultados de concentración de olor mediante olfatometría dinámica en Centro de Piscicultura Quimeyco. (Inf01E01 O-20-046) y (B) Estudio de Impacto Odorante, cuyos resultados se entregan en el presente informe.

El presente estudio de Impacto Odorante, analiza la emisión de olor generada por las siguientes fuentes: (a) Rotofiltros, (b) Sedimentador, (c) Estanque de lodos, y (d) Galpón de ensilaje. A partir de lo evaluado, se obtuvieron las siguientes emisiones de olor:

Tabla N° 1. Emisiones de olor.

Fuente	Concentración de olor (OU _E /m ³)	Superficie abertura (m ²)	Flujo (m ³ /s)	Emisión de olor (OU _E /s)
Estanque de lodos ¹	15.956	0,01	0,012	192,62
Rotofiltro	62	224	-	114,98
Sedimentador	1.042	0,34	0,100	104,55
Galpón de Ensilaje	62	2,15	1,746	107,77

Una vez obtenidas las emisiones de olor de cada fuente, se ingresaron al modelo de dispersión atmosférica calpuff, el cual permitió conocer la concentración y dispersión de los olores, tanto en el área de estudio como en los receptores discretos cercanos al proyecto, los cuales corresponden principalmente a viviendas cercanas a la piscicultura y cabañas.

Debido a que en Chile no existe normativa que regule la emisión ni la inmisión de olores por parte de una planta de estas características, se utiliza como referencias normativas internacionales. Por lo que las concentraciones de olor (OU_E/m³), resultantes del modelo, para cada receptor discreto, fueron comparados con el límite de inmisión establecido en la normativa

¹ Comprende dos ductos de salida, cada uno con un valor de emisión de 192,62 OU_E/s.

de Colombia. En esta normativa establece un límite de inmisión de $3,0 \text{ OU}_E/\text{m}^3$ para percentil 98, que aplica a la contaminación de olor generada en el procesamiento y conservación de carne, pescado, crustáceos y moluscos. Se señala que este valor límite se ha utilizado en diferentes proyectos del rubro pesquero evaluados en el SEA.

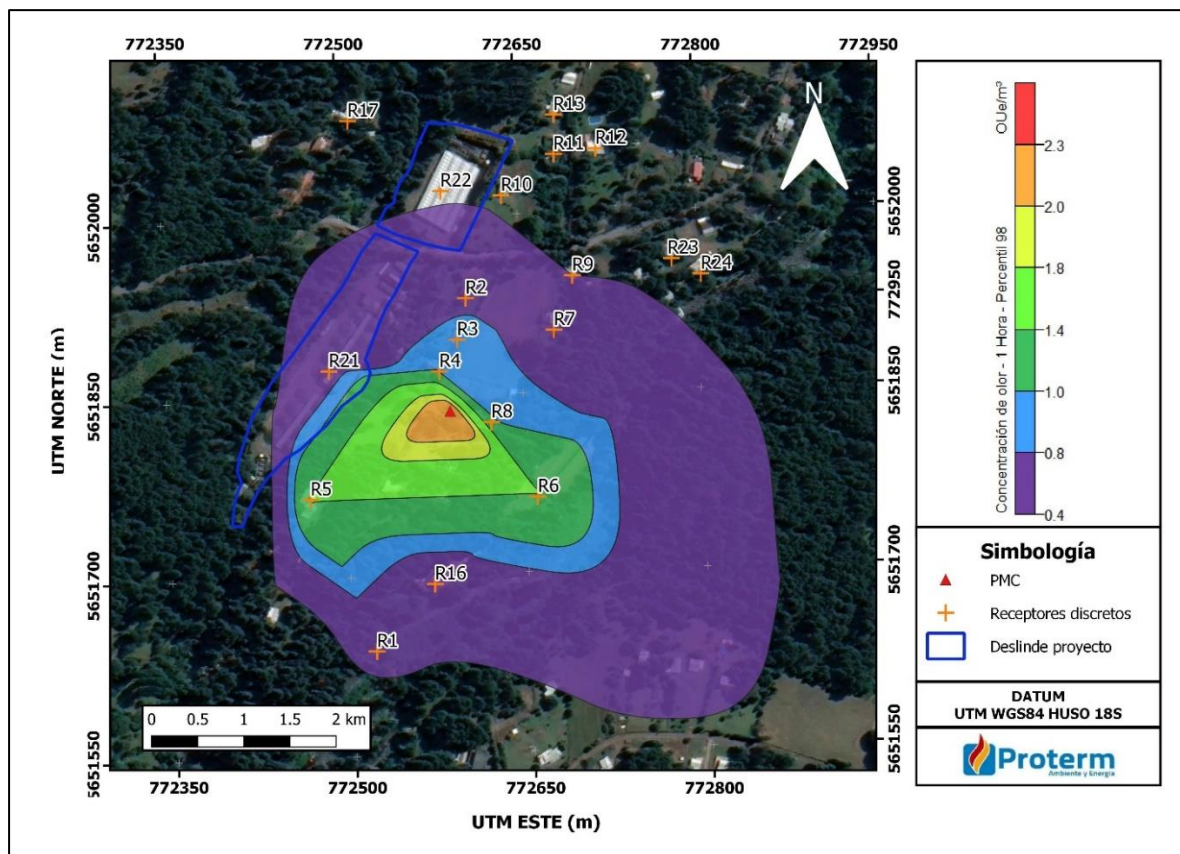


Figura N° 1. Mapa de concentración de olor generado por las fuentes de emisión de la planta (Percentil 98).

La dispersión de las emisiones de olor de la Piscicultura Quimeyco indican que en los alrededores de la planta se producen concentraciones que van entre los $0,4$ y $2,3 \text{ OU}_E/\text{m}^3$ durante el 98% del año, distribuyéndose en forma radial, abarcando un área total de $14,15 \text{ ha}$ para la isodora de $0,4 \text{ OU}_E/\text{m}^3$.

A partir de lo anteriormente señalado, se puede concluir que en ninguno de los receptores se supera el límite de inmisión establecido en la normativa colombiana ($3,0 \text{ OU}_E/\text{m}^3$).

El área de influencia en la operación actual, de las fuentes generadoras de olor de la Piscicultura Quimeyco, cubre un área total de $2,79 \text{ ha}$. Esta área circunscrita por $1 \text{ OU}_E/\text{m}^3$, se establece según la "Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en SEIA" del año 2017, la cual indica la concentración en donde el 50% de la población puede comenzar a detectar un olor.

A continuación, se presentan los resultados de concentración de olor en los receptores considerados:

Tabla Nº 2. Concentración receptores. Percentil 98.

Nº	ID	Descripción	Concentración de inmisión (OU _E /m ³)	Límite inmisión (Norma colombiana)	Horas sobre 3,0 OU _E /m ³
1	R1	Rio Caburgua	0,48	3,0 OU _E /m ³ (percentil 98)	2 (0,023%)
2	R2	Casa habitación	0,74		6 (0,068%)
3	R3	Cabaña	0,94		6 (0,068%)
4	R4	Cabaña	0,93		3 (0,034%)
5	R5	Cabañas Temporada	1,43		12 (0,137%)
6	R6	Piscicultura AquaChile	1,42		20 (0,228%)
7	R7	Casa habitación	0,60		3 (0,034%)
8	R8	Casa	0,95		3 (0,034%)
9	R9	Casa	0,38		4 (0,046%)
10	R10	Casa	0,30		2 (0,023%)
11	R11	Casa	0,21		2 (0,023%)
12	R12	Casa	0,21		2 (0,023%)
13	R13	Casa	0,21		3 (0,034%)
14	R14	Cementerio	0,04		0 (0,000%)
15	R15	Entrada Complejo Ojos del Caburgua	0,21		0 (0,000%)
16	R16	Piscicultura AquaChile	0,54		5 (0,057%)
17	R17	Casa	0,21		1 (0,011%)
18	R18	Casas	0,16		0 (0,000%)
19	R19	Casa habitación	0,23		0 (0,000%)
20	R20	Piscicultura Huililco	0,24		0 (0,000%)
21	R21	Piscicultura Quimeyco	0,58		24 (0,274%)
22	R22	Piscicultura Quimeyco	0,33		8 (0,091%)
23	R23	Casa Habitación	0,26		0 (0,000%)
24	R24	Bodegas	0,27		0 (0,000%)

2 Introducción

El Centro de Piscicultura Quimeyco, se ubica en la comuna de Pucón, provincia de Cautín, Región de La Araucanía. Actualmente, la Piscicultura Quimeyco consta de tratamiento de RILes a través de rotofiltros que permite separar la fracción líquida de la sólida. Los lodos generados son conducidos a un sedimentador y luego son almacenados en un estanque de lodos, para finalmente ser destinado a una planta de revalorización. Finalmente, el efluente generado en el rotofiltro, es transportado y descargado en el río Carhuello.

Por otra parte, consta de un proceso de ensilaje, el que permite evitar la propagación de enfermedades de alto riesgo que puedan afectar a recursos hidrobiológicos, y que consiste en la transformación de la mortalidad mediante una molienda y adición de ácido fórmico, para la luego ser retirado y llevado a una planta de revalorización cada 15 días aproximadamente.

Piscicultura Quimeyco Ltda., solicitó los servicios de Proterm S.A. para realizar un Estudio de Impacto Odorante (EIO), con el objetivo de evaluar el efecto de las emisiones generadas por el Centro de Piscicultura Quimeyco. Para ello, se llevó a cabo una campaña de medición de olor el 02 de octubre del 2020. El muestreo se llevó a cabo de acuerdo a lo establecido en la NCh N°3386.Of.2015 y en la NCh N°3431 Of.2010.

La Piscicultura Quimeyco es un proyecto en operación, por lo que se procedió a determinar las emisiones de referencia de la operación actual de la piscicultura, tal como lo indica la “Guía para predicción y evaluación de los impactos por olor en el SEIA”. Las emisiones consideradas fueron obtenidas mediante mediciones de olor realizados bajo lo indicado en la NCh 3386.of.2015 “Muestreo estático para olfatometría”, NCh N°3431 Of.2020 “Determinación de las emisiones difusas por mediciones” y NCh 3190:2010 “Calidad de aire – Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica”.

A continuación, se detalla la ubicación espacial del área considerada en el Estudio de Impacto Odorante de la Piscicultura Quimeyco.

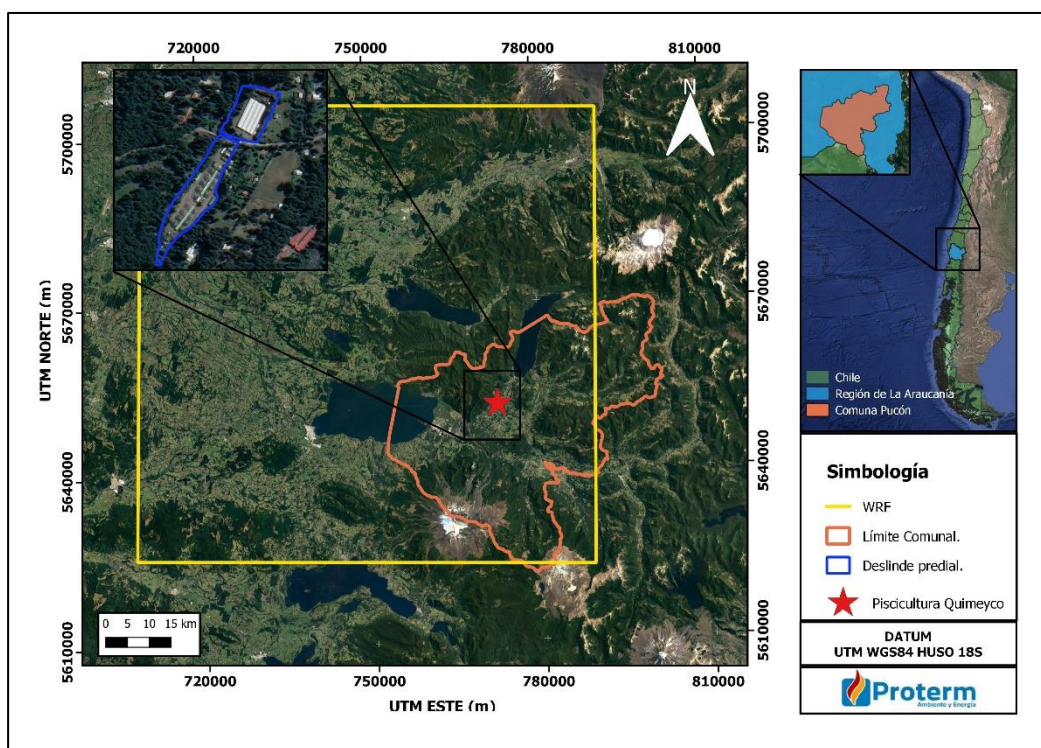


Figura Nº 2. Área del estudio de impacto odorante.

3 Objetivos General

Evaluar el efecto de las emisiones de olor generadas por la Piscicultura Quimeyco, sobre la población cercana.

3.1 Objetivos específicos

- Caracterizar las fuentes de emisión de olor.
- Determinar la tasa de emisión de olor de las fuentes monitoreadas.
- Determinar la dispersión de las emisiones de olor del proyecto en evaluación.
- Comparar los valores de concentración de inmisión de olor con límites establecido en la normativa internacional.

4 Metodología

A continuación, se presenta la metodología que permitió evaluar el efecto de las emisiones de olor del proyecto.

4.1 Caracterización de las fuentes de emisión de olor.

Para poder caracterizar las fuentes generadoras de olor actuales de la planta, se utilizó el siguiente procedimiento:

- Verificación en terreno: Se realizó una ronda de identificación de fuentes, con el objetivo de verificar la ubicación de cada una de ellas, dicho recorrido lo realizó personal de Proterm en conjunto con personal de planta.
- Detección satelital: Mediante Google Earth Pro², se identificaron las superficies de las fuentes generadoras de olor y la distancia de los receptores con respecto a la planta.
- Solicitud de información al cliente: Información donde se especifican dimensiones y emplazamiento de las fuentes actuales y las futuras modificaciones que se implementaran.

4.2 Estimación de concentración y emisiones de olor

Luego de una caracterización del proceso y las fuentes de emisión, se procede a la realización de las siguientes actividades para determinar la tasa de emisión de olor de la piscicultura:

4.2.1 Procedimiento.

El siguiente esquema detalla el procedimiento realizado para medir las emisiones de la piscicultura.

² Versión 7.1.5.1557 de Google Earth

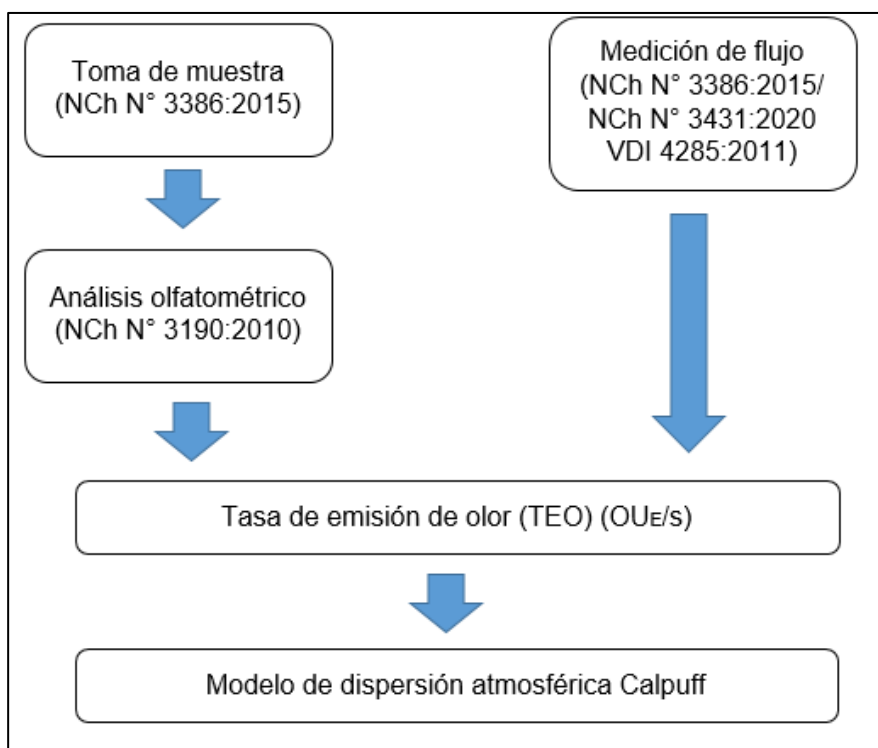


Figura N° 3. Diagrama metodología de caracterización de olor.

Se realizó un muestreo estático bajo la NCh N°3386 Of.2015 y NCh N°3431 Of.2020 para posteriormente realizar un análisis olfatométrico bajo la NCh N°3190 Of.2010, el que se llevó a cabo en el laboratorio móvil de Proterm, el 02 de octubre de 2020. Es importante señalar que los resultados del análisis fueron entregados en el informe Inf01E01-O-20-046. “Toma de muestra y resultados de concentración de olor mediante olfatometría dinámica en Centro de Piscicultura Quimeyco”.

4.3 Evaluación de la dispersión de las emisiones de olor.

Para evaluar la dispersión atmosférica de las emisiones de olor generadas por las fuentes, se realizaron las siguientes actividades.

4.3.1 Selección del modelo

Para seleccionar el modelo se consideraron los lineamientos que establece la Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA, publicada por el Servicio de Evaluación Ambiental el año 2012.

Se consideró un modelo tipo Puff, el cual es una combinación entre los modelos Gaussiano y Lagrangiano, en el sentido que esencialmente calculan la dispersión de gases provenientes de una emisión instantánea, llamada “Puff”, a lo largo de una trayectoria. Su aproximación matemática consiste en estimar la dispersión en forma Gaussiana en cada punto de una trayectoria. Es decir, a diferencia de los modelos Lagrangianos que necesitan el cálculo de un

gran número de trayectorias para una fuente, los modelos tipo “Puff” sólo requieren una trayectoria por “Puff”, lo que hace su cálculo mucho más rápido³.

Para la modelación se utilizó el software Calpuff versión 7.2.1 junto a los módulos CALPOST 7.1.0. y CALRANK 7.0.0. Además, para efectos de la interacción gráfica de los módulos, se usó el software interactivo CALPUFF View 8.5.0.

En el Anexo N°1 se presenta el esquema del modelo utilizado y los elementos de la modelación.

4.3.2 Recopilación de los antecedentes para la modelación

Para conocer la dispersión que tendrán los gases en un área determinada es preciso incorporar en el modelo seleccionando distintos parámetros de manera que la simulación sea lo más parecida a las condiciones reales. Las variables o entradas que requirió el modelo fueron.

Tabla N° 3. Variables de entrada consideradas en la modelación.

Variable	Parámetros	Fuente
Meteorológicas	Dirección de Viento	Tal como lo establece la guía el modelo numérico recomendado para la generación de datos meteorológicos es el Weather Research and Forecasting Model (WRF). WRF es uno de los modelos meteorológicos de pronóstico más avanzados y completos que es mantenido por NCAR/NOAA de Estados Unidos.
	Velocidad de Viento	
	Temperatura	
	Presión	
	Precipitación	
Geofísicas	Elevación del Terreno	Información de fuentes consideradas en los escenarios evaluados.
	Uso de Suelo	
Características de la fuente	Ubicación de las fuentes	Información de fuentes consideradas en los escenarios evaluados.
	Descripción del proceso	
	Periodo de operación	
	Emisiones de olor	
Receptores Discretos	Coordenadas de los receptores	A través del estudio de medio humano, se definieron las viviendas cercanas a la planta.

4.3.3 Variables meteorológicas y geofísicas

Tal como se mencionó en el punto 4.3.2, se utilizó la meteorología de pronóstico WRF en formato calmet.dat, de esta forma se incorporó el archivo directamente al programa. El archivo meteorológico tiene su centro en la comuna de Pucón. Para la ejecución del modelo se modeló una zona más pequeña en comparación al WRF, es importante destacar que la zona modelada tiene una dimensión de grilla de 250 metros. En la tabla N°6 se presentan las características del archivo meteorológico y en la figura N°2 los límites indicados (figura en apartado “introducción”).

³ Guía para el uso de modelos de calidad del aire, 2012

Tabla N° 4. Características del archivo meteorológico WRF.

Datos		Archivo Meteorológico
Comuna Central		Pucón
Dimensión grilla		81x81 km
Espaciado grilla		1 km
Fecha-Hora inicio		01-01-2019 00:00
Fecha-Hora fin		31-12-2019 23:00
Coordenadas NO ⁴	Este	710.238
	Norte	5.706.638
Coordenadas NE ⁵	Este	270.297
	Norte	5.706.100
Coordenadas SO ⁶	Este	707.656
	Norte	5.625.599
Coordenadas SE ⁷	Este	273.079
	Norte	5.625.058

4.3.4 Evaluación de los resultados

Los resultados de las concentraciones de olor (OU_E/m^3) arrojadas por el modelo de dispersión, fueron comparados con el límite de referencia propuesto por Colombia, según la resolución vigente N°1.541 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. La norma señala $3 \text{ OU}_E/\text{m}^3$ como nivel permisible de calidad del aire para el procesamiento y conservación de carne, pescado, crustáceos y moluscos. Es importante mencionar, que este límite se ha indicado en otros proyectos referentes a elaboración y procesamiento de productos del mar en el país. Se define dicho límite, debido a que en Chile no existe normativa de calidad o norma de emisión específica para este tipo de proyectos.

Para evaluar las concentraciones de olor, generadas por Piscicultura Quimeyco, se utilizó como valor límite $3 \text{ OU}_E/\text{m}^3$ dado por la similitud que dicho valor regula las concentraciones que involucran la actividad pesquera y el procesamiento de productos del mar. Se señala que este valor límite se ha utilizado en diferentes proyectos del rubro pesquero evaluados en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

Junto a los resultados de concentración de olor, se identificará el área de influencia de la operación de la planta. Tal como lo indica la guía, el área de Influencia se debe circunscribir en el espacio contenido por la isodora de $1 \text{ OU}_E/\text{m}^3$, que corresponde al umbral de detección del olor compuesto.

4.3.5 Área de Influencia y receptores de interés.

Una vez ejecutado el modelo de dispersión de olor, se realizó el análisis de post-proceso obteniendo las curvas iso-concentración de la dispersión anual. Tal como lo indica la guía el

⁴ Coordenadas WGS-84 Huso 18

⁵ Coordenadas WGS-84 Huso 19

⁶ Coordenadas WGS-84 Huso 18

⁷ Coordenadas WGS-84 Huso 19

Área de Influencia se debe circunscribir en el espacio contenido por la isodora de $1 \text{ OU}_E/\text{m}^3$, que corresponde al umbral de detección del olor compuesto.

De acuerdo a lo establecido en la Guía para la predicción y evaluación de impacto por olor en el SEIA, señala que *“La evaluación de los impactos ambientales por olor debe realizarse según las consideraciones y criterios establecidos en los artículos del 5 al 9 del Reglamento del SEIA, según lo siguiente”*:

- *Población en cuanto a la salud de la población (letra a).*
- *Grupos humanos, en cuanto a los sistemas de vida y costumbres (letra c).*
- *Población protegida (letra d).*
- *Visitantes o turistas, en cuanto componente el valor turístico de una zona (letra e).*

4.4 Evaluación del desempeño del archivo de pronóstico utilizado

El modelo numérico recomendado para la generación de datos meteorológicos es el Weather Research and Forecasting Model (WRF). WRF es uno de los modelos meteorológicos de pronóstico más avanzados y completos, que es mantenido por NCAR/NOAA de Estados Unidos.

Todos los modelos tienen asociados errores e incertidumbre. Los resultados del modelo se analizan en base a la comparación de los gráficos indicados en los puntos 6.6.3 y 6.7 de la “Guía para uso de modelos de Calidad del aire en el SEIA”. En base a la comparación de los ciclos diarios de las variables meteorológicas observadas y simuladas, en la misma, ubicación, se debe caracterizar la capacidad del modelo de reproducir las observaciones tanto en magnitud como en su variabilidad.

Para cumplir con lo indicado por la guía para uso de modelos de dispersión del SEA, se realizó un análisis del desempeño de la meteorología de pronóstico WRF utilizada para la modelación. Este análisis permite detectar posibles desviaciones en el modelo de pronóstico que podrían causar efectos en los resultados del modelo de dispersión.

5 Resultados

A continuación, se presentan los resultados que permitieron evaluar el efecto de las emisiones de olor del Centro de Piscicultura Quimeyco de la comuna de Pucón.

5.1 Caracterización de las fuentes de emisión

A continuación, se describen las fuentes generadoras de olor para ambos escenarios de modelación. Lo anterior, de acuerdo a lo señalado en el punto 3.3 de la guía para la predicción y evaluación de olores.

5.1.1 Fuentes de emisión

Actualmente, la Piscicultura Quimeyco presenta un sistema de tratamiento de RILES a través de rotofiltros que permite separar la fracción líquida de la sólida. Los lodos generados son conducidos a un sedimentador y luego son almacenados en un estanque de lodos, para finalmente ser destinado a una planta de revalorización. Finalmente, el efluente generado en el rotofiltro, es transportado y descargado en el río Carhuello.

Por otra parte, consta de un proceso de ensilaje, el que permite evitar la propagación de enfermedades de alto riesgo que puedan afectar a recursos hidrobiológicos, y que consiste en la transformación de la mortalidad mediante una molienda y adición de ácido fórmico, para la luego ser retirado y llevado a una planta de revalorización cada 15 días aproximadamente.

A continuación, se presenta una tabla descriptiva de los procesos correspondientes a cada fuente considerada en el estudio.

Tabla Nº 5. Descripción fuentes y procesos asociados.

Fuente	Descripción de referencia
Rotofiltro	El RIL que se genera en el proceso de piscicultura, pasa a un tratamiento con filtro rotatorio, en donde los sólidos retenidos son eliminados del filtro mediante la inyección de agua a presión y la fracción líquida del efluente que es descargado hacia el río Carhuello.
Sedimentador	Una vez pasado por el rotofiltro, la fracción sólida es conducida por medio de tuberías hasta la parte alta del sedimentador, de ahí el agua cola o RIL, baja por un sistema de lámelas interiores, sedimentando y logrando separar aún mejor el lodo.
Estanque de lodos.	Luego se almacena en un estanque donde se le aplican hidróxilos (a través de la maquina macra Odorox) y desde donde se elevan las dos chimeneas que tienen filtros de carbón activado, para finalmente ser destinada a una planta de revalorización.
Galpón de ensilaje.	Corresponde al procedimiento de transformación de la mortalidad mediante una molienda y adición de ácido fórmico hasta alcanzar y mantener un pH de 3,5 ⁸ , obteniendo una mezcla homogénea, para finalmente ser retirado y llevado a una planta de revalorización cada 15 días aproximadamente.

⁸ Dado por normativa, el PH debe estar o mantenerse bajo 4, idealmente de 3,3 a 3,7.

5.2 Ubicación de fuentes

A continuación, se presenta la ubicación de las fuentes evaluadas, mientras que en la imagen se muestra la ubicación espacial de cada una de ellas.

Tabla N° 6. Coordenadas de fuentes de emisión odorantes.

Fuente	Tipo de Fuente ⁹	Coordenadas WGS-84 Huso 18S	
		Este (m)	Norte (m)
Rotofiltro	De área pasiva	254.592	5.652.688
Sedimentador	De volumen	254.688	5.652.824
Estanque de lodos	Puntual	254.686	5.652.826
Galpón de Ensilaje	De volumen	254.687	5.652.845

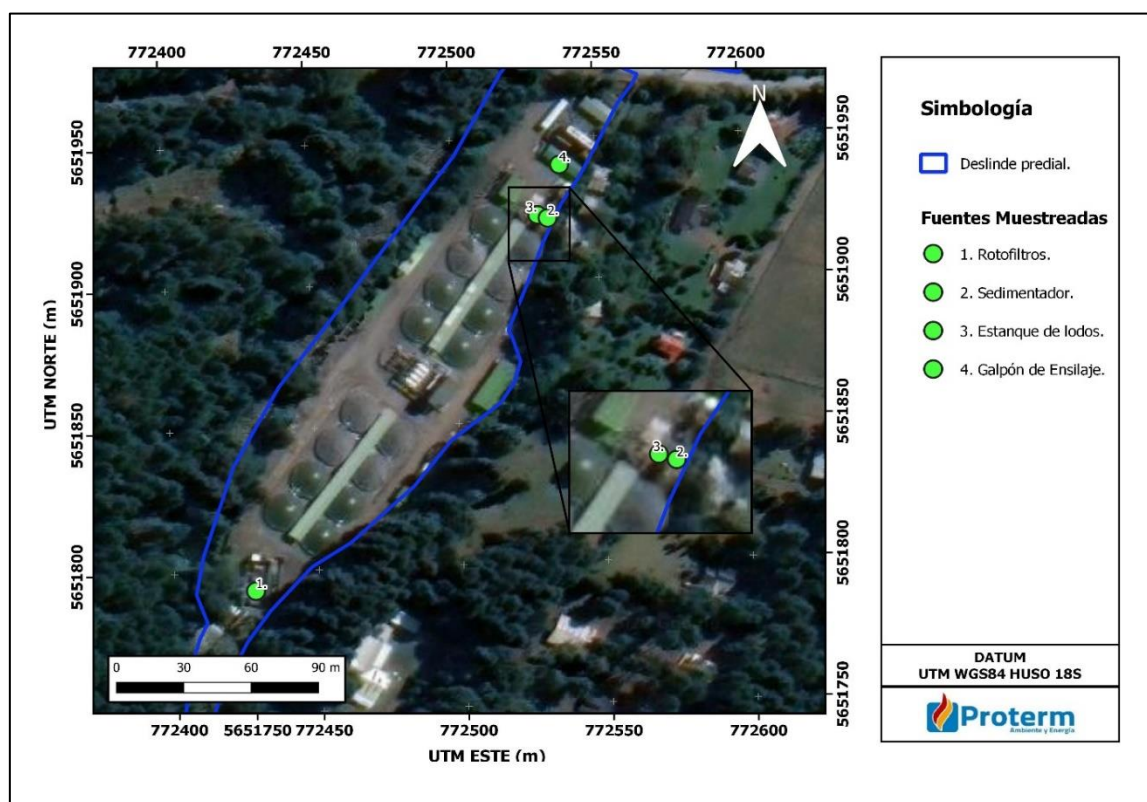


Figura N° 4. Fuentes consideradas.

⁹ De acuerdo a la Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA, los tipos de fuentes se describen como fuentes puntuales, difusas pasivas, difusas activas y fugitivas. No obstante, de acuerdo a la NCh 3386:2015 "Calidad de aire Muestreo estático para olfatometría", describe la fuente pasiva como fuente con dimensiones definidas (fuente de área, fuentes de volumen) que no tienen un flujo de aire de salida definida, tales como depósitos de desechos, lagunas, campos después de esparcir estiércol, pilas de compost no aireados, **edificaciones**. Junto a lo anterior en la sección 8.1.2. se detalla la toma de muestra en "Fuentes de Volumen", la cual fue aplicada para las edificaciones en este estudio.

5.3 Emisiones de olor.

5.3.1 Emisiones Escenario Actual.

En la siguiente tabla, se presentan las emisiones de olor de las fuentes que fueron muestreadas bajo la NCh N° 3386 Of.2015, NCh N°3431 Of.2020 y su posterior análisis olfatómico acorde a la NCh 3190 Of.2010, cabe destacar que el terreno se realizó el 02 de octubre del presente año. Para mayor información, revisar el informe (A) Inf01E01.O-20-046. “Toma de muestra y resultados de concentración de olor mediante olfatometría dinámica en Centro de Piscicultura Quimeyco.”

A continuación, se detallan las emisiones consideradas para la modelación:

Tabla N° 7. Emisión de olor, fuente puntual.

Fuente	Ducto salida	Concentración de olor (OU _E /m ³)	Superficie abertura (m ²)	Velocidad promedio (m/s)	Flujo (m ³ /s)	Emisión de olor (OU _E /s)
Estanque de lodos	N°1	15.956	0,01	1,27	0,012	192,62
	N°2 ¹⁰	15.956	0,01	1,27	0,012	192,62

Tabla N° 8. Emisión de olor, fuente de área pasiva.

Fuente	Concentración de olor (OU _E /m ³)	Superficie (m ²)	Emisión por área (OU _E /m ² /s)	Emisión de olor (OU _E /s)
Rotofiltro	62	224	0,51	114,98

Tabla N° 9. Emisión de olor de las fuentes de volumen.

Fuente	Concentración de olor (OU _E /m ³)	Superficie abertura (m ²)	Velocidad promedio (m/s)	Flujo (m ³ /s)	Emisión de olor (OU _E /s)
Sedimentador	1.042	0,34	0,30	0,100	104,55
Galpón de Ensilaje	62	2,15	0,81	1,746	107,77

En las tablas anteriores, se puede observar que las mayores emisiones provienen del estanque de lodos, considerando ambos ductos de salida con un valor de 193 OU_E/s cada uno (2), lo que representa el 54% de las emisiones totales generadas en la Piscicultura, mientras que el rotofiltro, galpón de ensilaje y sedimentador representan el 16%, 15% y el 15% respectivamente.

A continuación, se presenta un gráfico con la distribución porcentual de las fuentes consideradas en el para la modelación de la Piscicultura Quimeyco.

¹⁰ La medición se efectuó en uno de los ductos de salida, el segundo ducto es homologado.

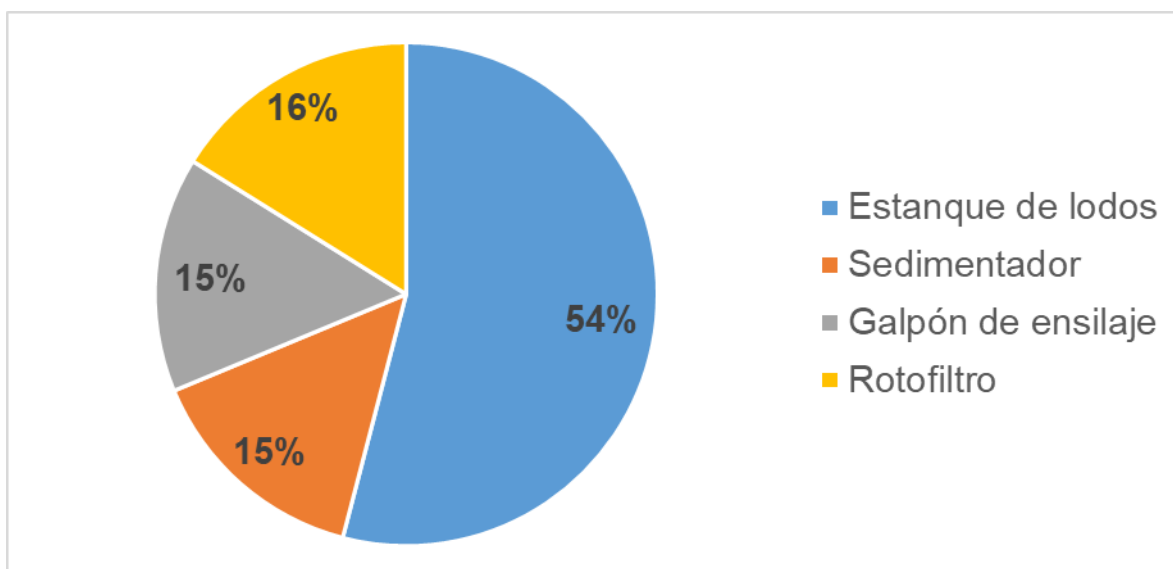


Figura Nº 5. Distribución porcentual de las emisiones generadas actualmente en Piscicultura Quimeyco.

5.3.2 Dispersión de emisiones

5.3.2.1 Curva de Isoconcentración

En la figura a continuación se muestra la dispersión de odorantes desde la Piscicultura Quimeyco. La imagen presenta las máximas concentraciones de olor en las zonas aledañas a la piscicultura, considerando una excedencia de un 2%, lo que es comparado con las normas de referencia. El análisis presente indica que durante el 98% de las horas del año se presentarán concentraciones igual o menor al valor indicado en la cartografía.

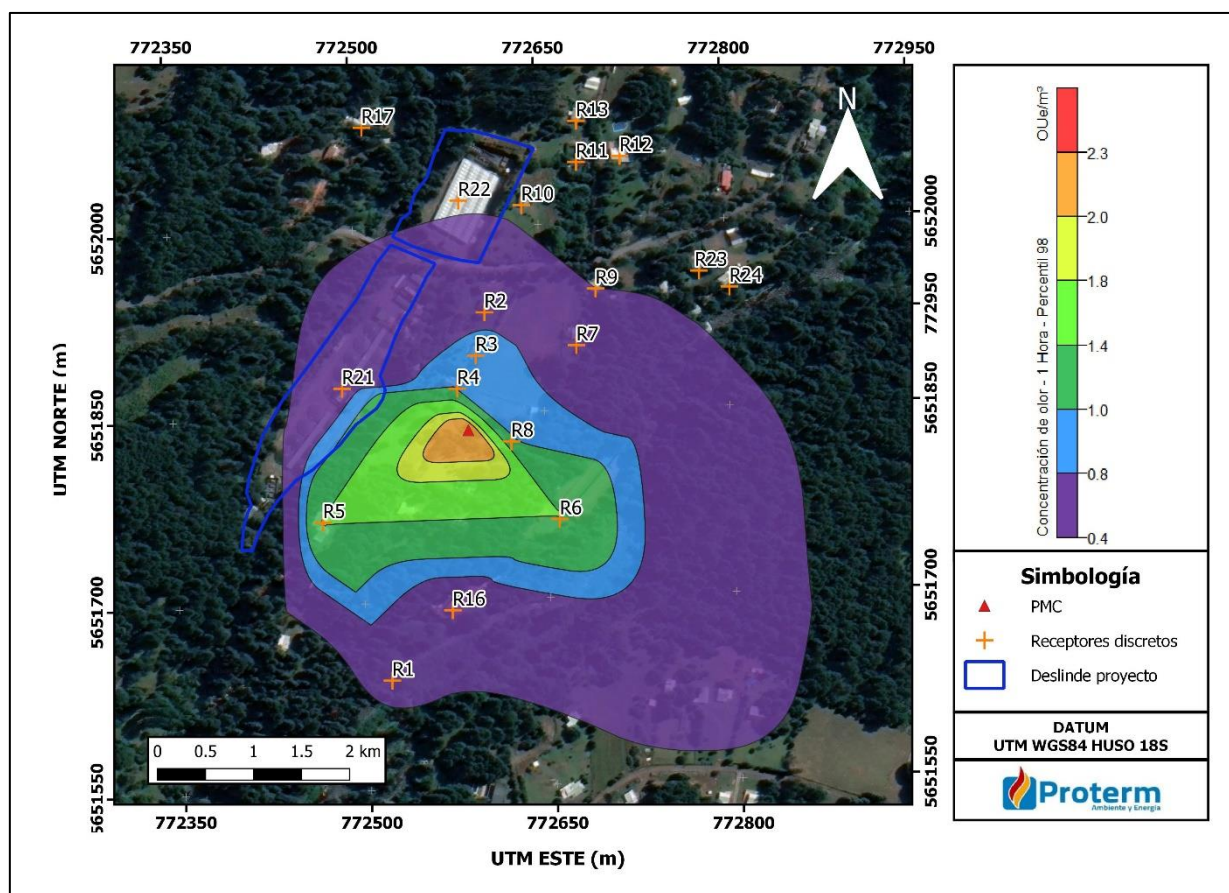


Figura N° 6. Mapa de concentración de olor generado por las fuentes de emisión. Promedio horario, percentil 98.

De la figura, se puede observar que las concentraciones fuera de la planta varían entre 0,4 y 2,3 OU_E/m^3 , con una distribución radial, abarcando un área total de 14,15 ha para la isodora de 0,4 OU_E/m^3 . En la imagen podemos observar que fuera del límite predial no existe superación del límite de inmisión de 3,0 OU_E/m^3 ; establecido en la normativa colombiana.

El límite de referencia presentado establece un valor de 3,0 OU_E/m^3 para periodos horarios con percentil 98, que aplica para la inmisión de olor generada el centro de Piscicultura Quimeyco en lugares de objetos sensibles al olor fuera de la extensión urbana, en una zona rural y además en una Zona de Interés Turístico (ZOIT).

El punto de máxima concentración se produce específicamente al este de la piscicultura, a una distancia de 110 m del sedimentador, estanque de lodos y galpón de ensilaje, alcanzando una concentración de 2,3 OU_E/m^3 , valor que se encuentra por debajo del límite definido por la normativa colombiana.

Tabla N° 10. Máxima concentración.

Ubicación	UTM 18H – WGS84		Concentración de inmisión (OU_E/m^3)
	Este (m)	Norte (m)	
Predio Piscicultura Quimeyco	254.749	5.652.743	2,3

5.3.2.1.1 Área de Influencia

Con base en la dispersión de emisiones del escenario actual, se determinó un área de influencia definida según la “Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA”¹¹, como el espacio contenido por la isodora de 1 OU_E/m³, que corresponde al umbral de detección del olor compuesto, es decir, es la concentración en donde el 50% de la población puede percibir un olor. Dicho límite cubre una superficie de 2,79 ha, con tendencia ovalada. Es importante señalar que dicha área circunscribe a dos de los receptores considerados en la modelación, los que corresponden a R5 y R6.

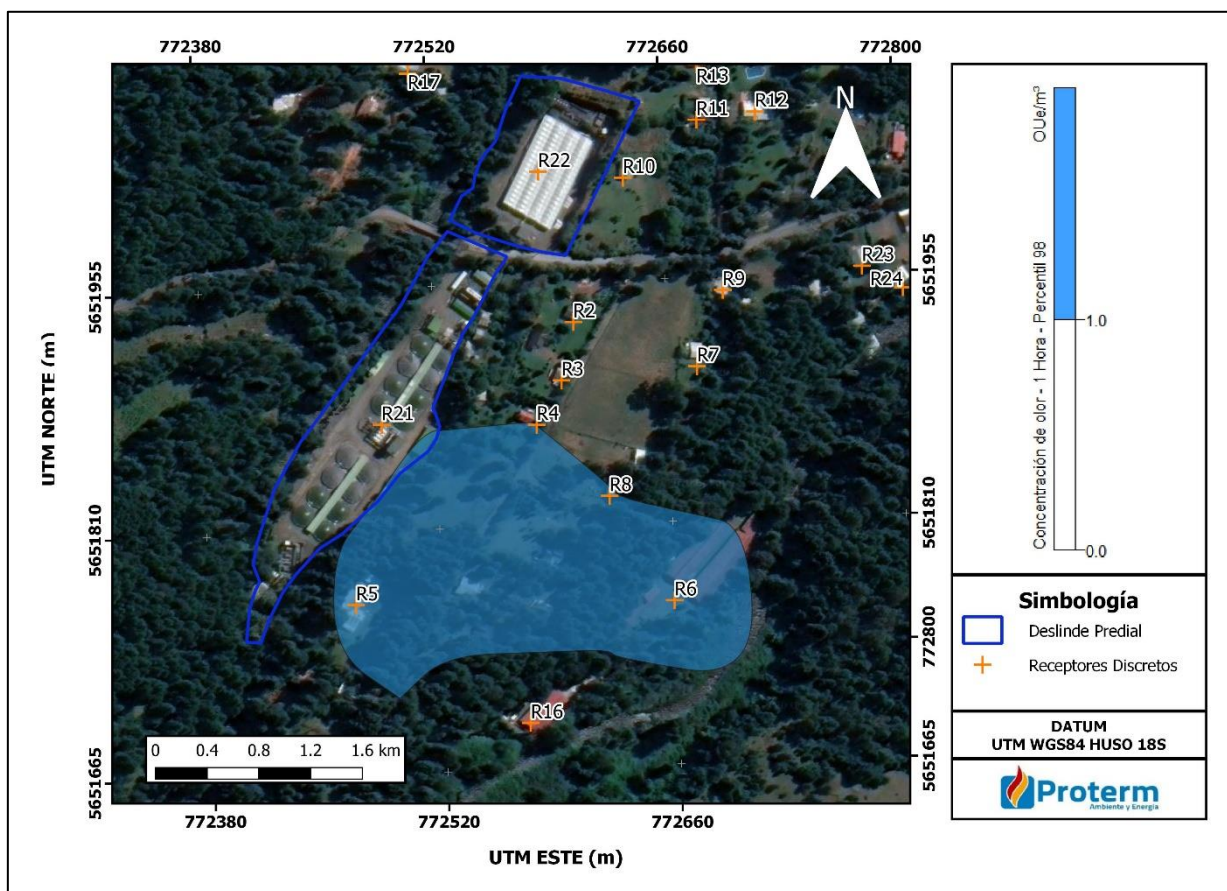


Figura Nº 7. Área de Influencia.

¹¹ Publicada el 2017 por el Servicio de Evaluación Ambiental.

5.3.2.1.2 Receptores evaluados

A continuación, se presentan los receptores discretos considerados en la modelación:

Tabla N° 11. Receptores discretos considerados en la modelación.

N°	Descripción	Distancia con respecto a la planta (km)	Coordenadas UTM Datum WGS84 Huso 18S	
			Este (m)	Norte (m)
R1	Rio Caburgua	0,180 ¹²	254.694	5.652.540
R2	Casa habitación	0,076 ¹³	254.759	5.652.838
R3	Cabaña	0,073 ¹⁴	254.753	5.652.803
R4	Cabaña	0,070 ¹⁵	254.739	5.652.776
R5	Cabañas Temporada	0,173 ¹⁶	254.634	5.652.665
R6	Piscicultura AquaChile	0,203 ¹⁷	254.825	5.652.674
R7	Casa habitación	0,150 ¹⁸	254.834	5.652.814
R8	Casa	0,135 ¹⁹	254.784	5.652.735
R9	Casa	0,167 ²⁰	254.848	5.652.860
R10	Casa	0,146 ²¹	254.786	5.652.925
R11	Casa	0,206 ²²	254.829	5.652.961
R12	Casa	0,231 ²³	254.864	5.652.967
R13	Casa	0,221 ²⁴	254.828	5.652.994
R14	Cementerio	0,803 ²⁵	255.125	5.653.556
R15	Entrada Complejo Ojos del Caburgua	0,451 ²⁶	255.052	5.653.079
R16	Piscicultura AquaChile	0,170 ²⁷	254.741	5.652.598
R17	Casa	0,162 ²⁸	254.655	5.652.983
R18	Casas	0,260 ²⁹	254.426	5.652.870
R19	Casa habitación	0,347 ³⁰	254.362	5.652.699
R20	Piscicultura Huililco	0,606 ³¹	255.226	5.652.533

¹² La fuente más cercana corresponde a rotofiltros.

¹³ La fuente más cercana corresponde al galpón de ensilaje.

¹⁴ La fuente más cercana corresponde al sedimentador.

¹⁵ La fuente más cercana corresponde al sedimentador.

¹⁶ La fuente más cercana corresponde al rotofiltros.

¹⁷ El receptor se encuentra a la misma distancia de dos fuentes: sedimentador y galpón de ensilaje.

¹⁸ La fuente más cercana corresponde al galpón de ensilaje.

¹⁹ El receptor se encuentra a la misma distancia de dos fuentes: sedimentador y galpón de ensilaje.

²⁰ La fuente más cercana corresponde al galpón de ensilaje.

²¹ La fuente más cercana corresponde al galpón de ensilaje.

²² La fuente más cercana corresponde al galpón de ensilaje.

²³ La fuente más cercana corresponde al galpón de ensilaje.

²⁴ La fuente más cercana corresponde al galpón de ensilaje.

²⁵ La fuente más cercana corresponde al galpón de ensilaje.

²⁶ La fuente más cercana corresponde al galpón de ensilaje.

²⁷ La fuente más cercana corresponde al rotofiltros.

²⁸ La fuente más cercana corresponde al galpón de ensilaje.

²⁹ La fuente más cercana corresponde al estanque de lodos.

³⁰ La fuente más cercana corresponde al rotofiltros.

³¹ El receptor se encuentra a la misma distancia de dos fuentes: sedimentador y galpón de ensilaje.

Nº	Descripción	Distancia con respecto a la planta (km)	Coordenadas UTM Datum WGS84 Huso 18S	
			Este (m)	Norte (m)
R21	Piscicultura Quimeyco	0,0 ³²	254.646	5.652.773
R22	Piscicultura Quimeyco	0,0 ³³	254.735	5.652.927
R23	Casa Habitación	0,252 ³⁴	254.931	5.652.877
R24	Bodegas	0,260 ³⁵	254.956	5.652.865

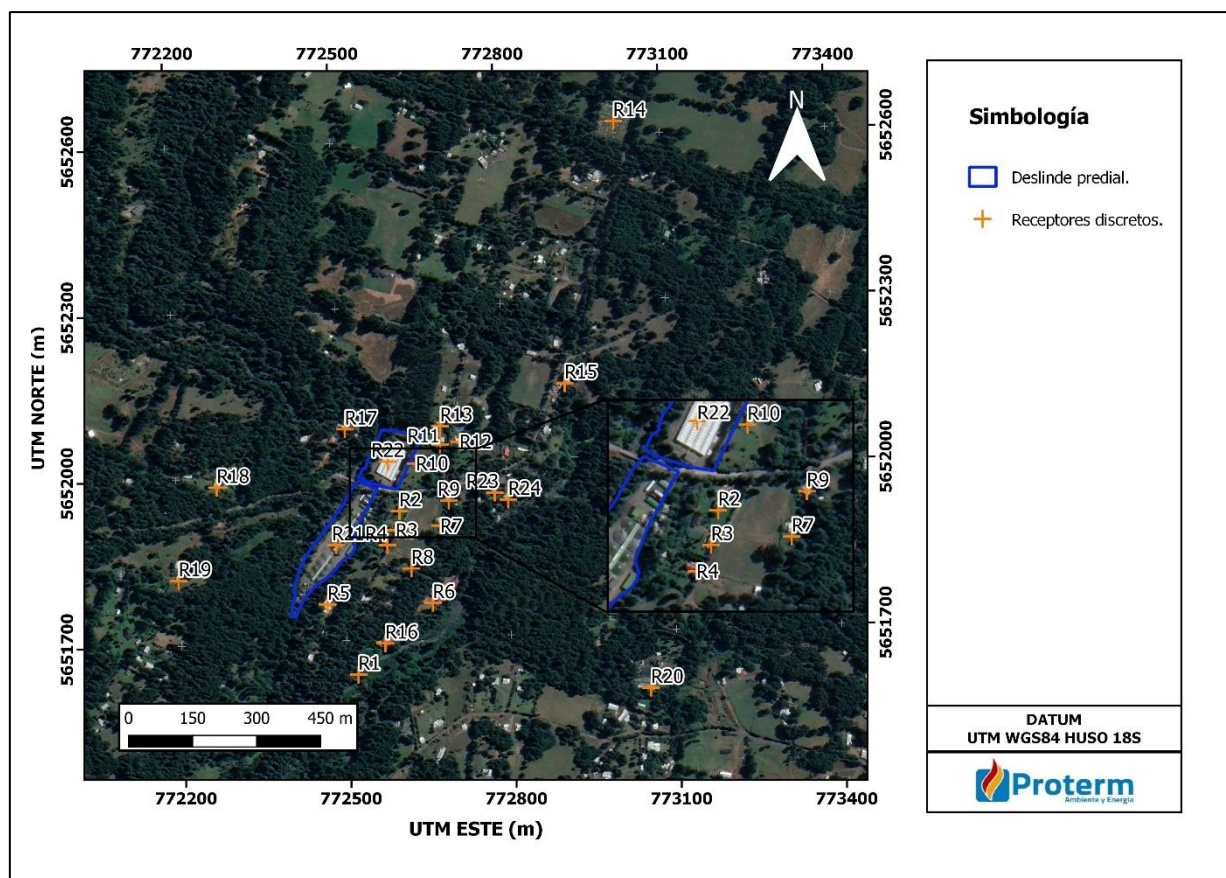


Figura Nº 8. Receptores de interés considerados en la modelación.

Es importante mencionar, que los receptores anteriormente descritos, se encuentran según el Plan Regulador Comunal de Pucón fuera de la extensión urbana, en una zona rural y además en una Zona de Interés Turístico (ZOIT).

³²El receptor se encuentra dentro de la Piscicultura Quimeyco. Las fuentes más cercanas a este receptor son sedimentador y estanque de lodos.

³³El receptor se encuentra dentro de la Piscicultura Quimeyco. Las fuentes más cercanas a este receptor es el galpón de ensilaje.

³⁴ La fuente más cercana corresponde al galpón de ensilaje.

³⁵ La fuente más cercana corresponde al galpón de ensilaje.

En la siguiente tabla, se presenta el resultado del Percentil 98, de las concentraciones horarias para cada receptor discreto considerado en la modelación. Tal como se puede apreciar en la tabla, la operación actual de la planta produce concentraciones de inmisión que se encuentran bajo el límite de referencia establecido en la normativa colombiana ($3,0 \text{ OU}_E/\text{m}^3$). Las concentraciones mayores se observan en los receptores R5 y R6 que alcanzan 1,43 y 1,42 OU_E/m^3 respectivamente, concentraciones que se encuentran bajo el límite de inmisión establecido en la normativa de referencia.

Tabla N° 12. Concentración receptores. Escenario Actual, percentil 98.

Nº	ID	Descripción	Concentración de inmisión (OU_E/m^3)	Límite inmisión (Norma colombiana)	Horas sobre $3,0 \text{ OU}_E/\text{m}^3$
1	R1	Rio Caburgua	0,48	3,0 OU_E/m^3 (percentil 98)	2 (0,023%)
2	R2	Casa habitación	0,74		6 (0,068%)
3	R3	Cabaña	0,94		6 (0,068%)
4	R4	Cabaña	0,93		3 (0,034%)
5	R5	Cabañas Temporada	1,43		12 (0,137%)
6	R6	Piscicultura AquaChile	1,42		20 (0,228%)
7	R7	Casa habitación	0,60		3 (0,034%)
8	R8	Casa	0,95		3 (0,034%)
9	R9	Casa	0,38		4 (0,046%)
10	R10	Casa	0,30		2 (0,023%)
11	R11	Casa	0,21		2 (0,023%)
12	R12	Casa	0,21		2 (0,023%)
13	R13	Casa	0,21		3 (0,034%)
14	R14	Cementerio	0,04		0 (0,000%)
15	R15	Entrada Complejo Ojos del Caburgua	0,21		0 (0,000%)
16	R16	Piscicultura AquaChile	0,54		5 (0,057%)
17	R17	Casa	0,21		1 (0,011%)
18	R18	Casas	0,16		0 (0,000%)
19	R19	Casa habitación	0,23		0 (0,000%)
20	R20	Piscicultura Huililco	0,24		0 (0,000%)
21	R21	Piscicultura Quimeyco	0,58		24 (0,274%)
22	R22	Piscicultura Quimeyco	0,33		8 (0,091%)
23	R23	Casa Habitación	0,26		0 (0,000%)
24	R24	Bodegas	0,27		0 (0,000%)

En el Anexo N°2 se presenta el análisis de la variación horaria de olor, en los receptores discretos que presentaron la mayor concentración de olor.

Por otro lado, debido a la utilización de variables meteorológicas mediante un archivo WRF, en los Anexos N°3 y N°4 se presentan la descripción meteorológica/geofísica de la zona, y el análisis de incertidumbre, respectivamente.

5.3.2.1.3 Frecuencia Percepción Olor

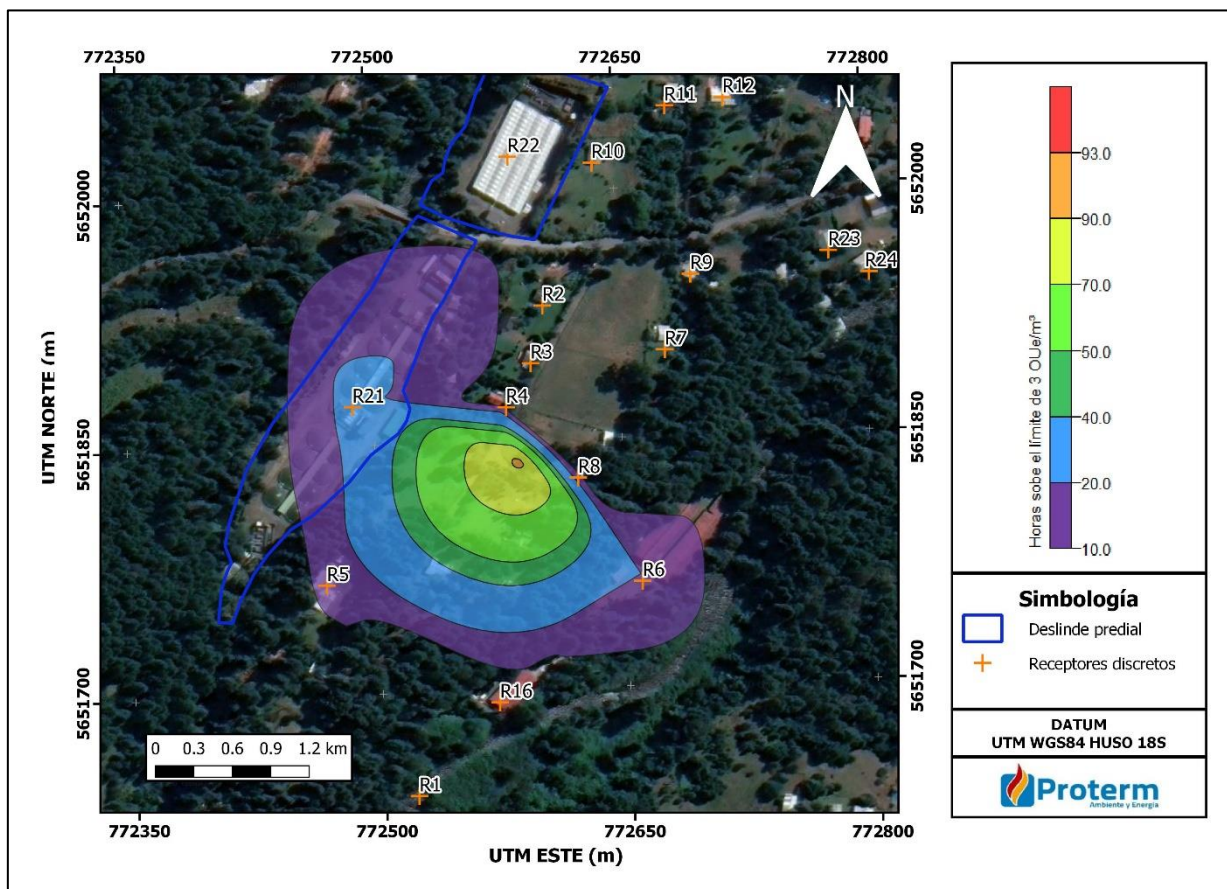


Figura N° 9. Mapa de horas sobre 3,0 OU_e/m^3 generado por las fuentes de emisión de la Piscicultura Quimeyco, promedio horario.

En la figura anterior se pueden observar las horas del año, en que la concentración de olor superó el límite de referencia, establecido como 3,0 OU_e/m^3 . La figura indica que en los alrededores de la planta se observa una superación del límite de referencia entre 10 y 93 horas al año. Por lo que en ninguno de los receptores se supera el 2% de horas del año, lo que corresponde a 175 horas.

5.3.2.1.4 Protocolo FIDOL

Tabla N° 13. Protocolo FIDOL.

Parámetro	Con respecto a receptores discretos.
Frecuencia	La Piscicultura Quimeyco opera durante todos los días del año. Sin embargo, durante el 98% de las horas del año no se prevé superación de las 3 OU _E /m ³ , lo anterior porque en los receptores R5 y R6, alcanzan valores de 1,43 y 1,42 OU _E /m ³ respectivamente (máximo durante el 98% del tiempo), concentraciones que se encuentran bajo el límite de inmisión establecido en la normativa de referencia.
Intensidad	Ningún receptor se encuentra sobre las 3 OU _E /m ³ en el percentil 98, de la normativa de referencia (concentración que representa el umbral de molestia). Dado que los resultados en los receptores son menores a 3 OU _E /m ³ y solo en dos receptores (R5 y R6) se superan las 1 OU _E /m ³ , se puede concluir que el olor es casi imperceptible en los 24 receptores considerados en la modelación.
Duración	En cuanto a la duración, ocurren ínfimos eventos durante el año de superación de 3,0 OU _E /m ³ (concentración utilizada como referencia). Dado lo anterior se podría señalar que las concentraciones no afectan a la población debido a que no superan el umbral de 3,0 OU _E /m ³ bajo el percentil 98.
Ofensividad	Los olores de la planta se consideran desde ligeramente desagradable a desagradable, mientras que la intensidad de percepción puede variar entre muy débil y muy fuerte.
Localización	De acuerdo al ordenamiento territorial, la Piscicultura Quimeyco se emplaza en un uso de suelo de Zona Rural y en una Zona de Interés Turístico (ZOIT).

6 Conclusiones

En relación a la modelación de dispersión de olores, se concluye lo siguiente:

1. La mayor emisión se presenta en el estanque de lodos, considerando ambos ductos de salida, alcanzando un valor de 193 OU_E/s cada uno (2), lo que representa el 54% de las emisiones totales generadas. Mientras que el rotofiltro, galpón de ensilaje y sedimentador representan el 16%, 15% y el 15% respectivamente.
2. Las curvas de isoconcentración del percentil 98, indican que las concentraciones de olor producidas por las fuentes de la Piscicultura Quimeyco, varían entre 0,4 y 2,3 OU_E/m^3 , concentraciones que se dispersan en forma radial. Dicha dispersión abarca un área total de 14,15 ha para la isodora de 0,4 OU_E/m^3 . Las mayores concentraciones se presentan al este de la piscicultura, fuera del límite predial.
3. El área de influencia correspondiente a la curva de 1 OU_E/m^3 bajo percentil 98, circunscribe a dos de los receptores considerados en la modelación, alcanzando valores de hasta 1,43 OU_E/m^3 . Es importante señalar, que dichos receptores corresponden a una cabaña y a una empresa del mismo rubro.
4. Finalmente, se puede concluir que ninguno de los receptores considerados en el escenario actual, supera el límite de inmisión de 3,0 OU_E/m^3 , establecido en la normativa de Colombia.

7 Anexos

7.1 Anexo Nº1. Esquema de funcionamiento Calpuff y elementos de modelación

El presente Anexo contiene el archivo magnético el cual contiene la información que se utilizó para realizar la modelación atmosférica, dicha información corresponde a la los input y output ingresados para la modelación de los módulos del modelo (CALPUFF, CALPOST y CALRANK) y el archivo Meteorológico WRF.

Por lo tanto, en el caso de que se requiera replicar la modelación realizada, esta se podrá hacer utilizando los archivos presentes en este Anexo.

- NOTA. Los antecedentes serán entregados al titular en formato digital, debido al tamaño de los archivos.

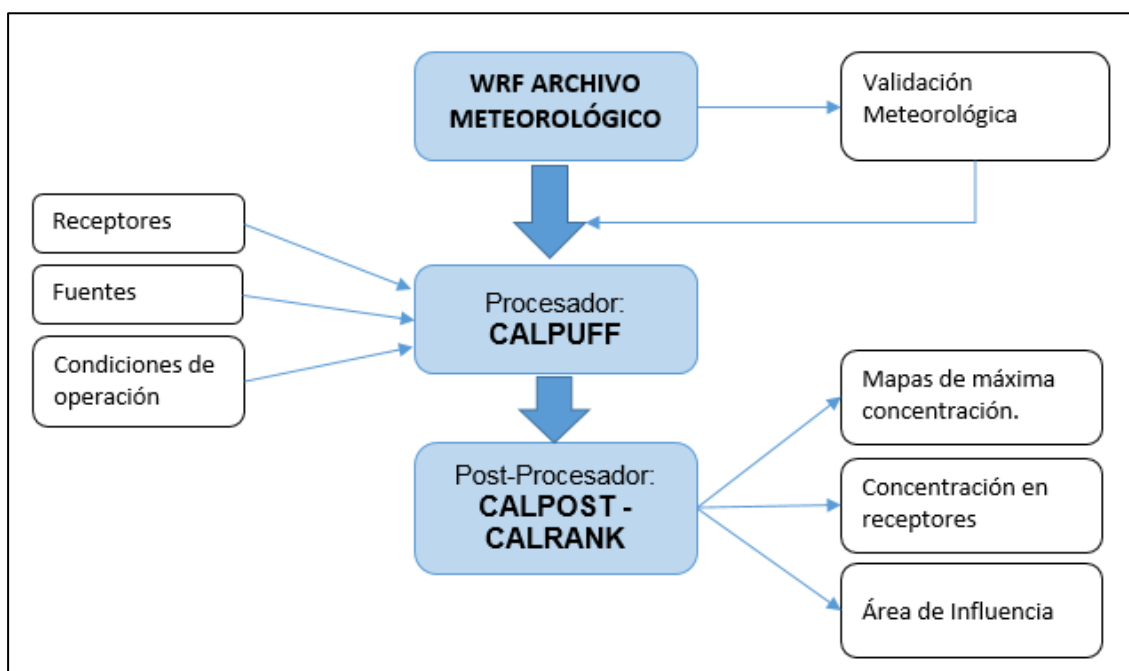


Figura Nº 10. Esquema funcionamiento CALPUFF.

7.2 Anexo N°2. Análisis de receptores.

A continuación, se presentan los gráficos ciclo diario de las concentraciones de olor, para los receptores que presentaron mayores concentraciones. Estos gráficos permiten detectar las horas en donde ocurren las mayores concentraciones durante el día, respecto al 90% observado del tiempo (variación entre el percentil 5 y percentil 95).

Receptor 5

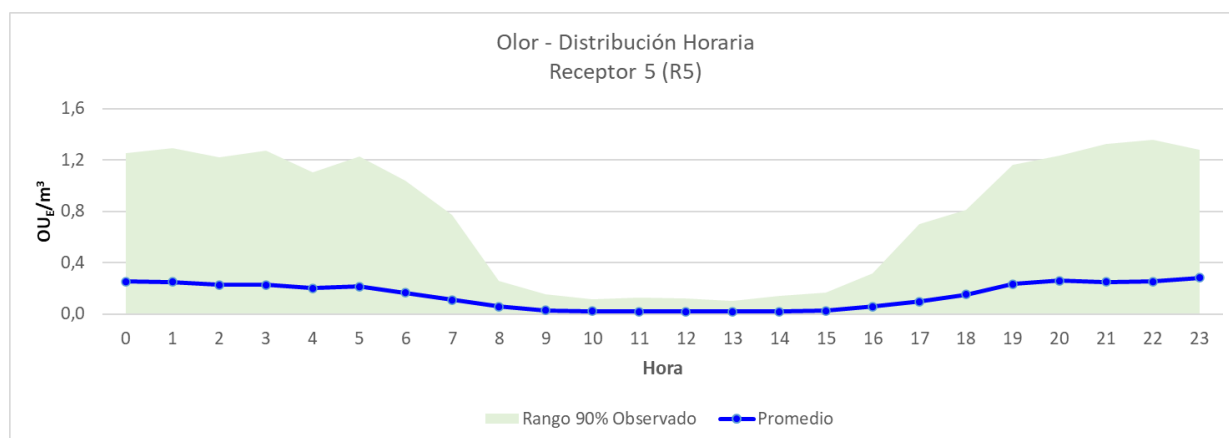


Figura N° 11. Concentraciones horarias (OU_E/m³), Distribución horaria. Receptor N°5.

En la figura anterior se muestra, el comportamiento de las concentraciones de olor durante el día. Se puede observar que los mayores valores se presentan durante la madrugada y mañana, entre las 18:00 y 06:00 hrs. con valores de hasta 1,3 OU_E/m³. Los resultados anteriores indican que, durante el 90% del tiempo, en los alrededores, al sureste de la planta, el olor no se alcanza a percibir por la población.

Receptor 6

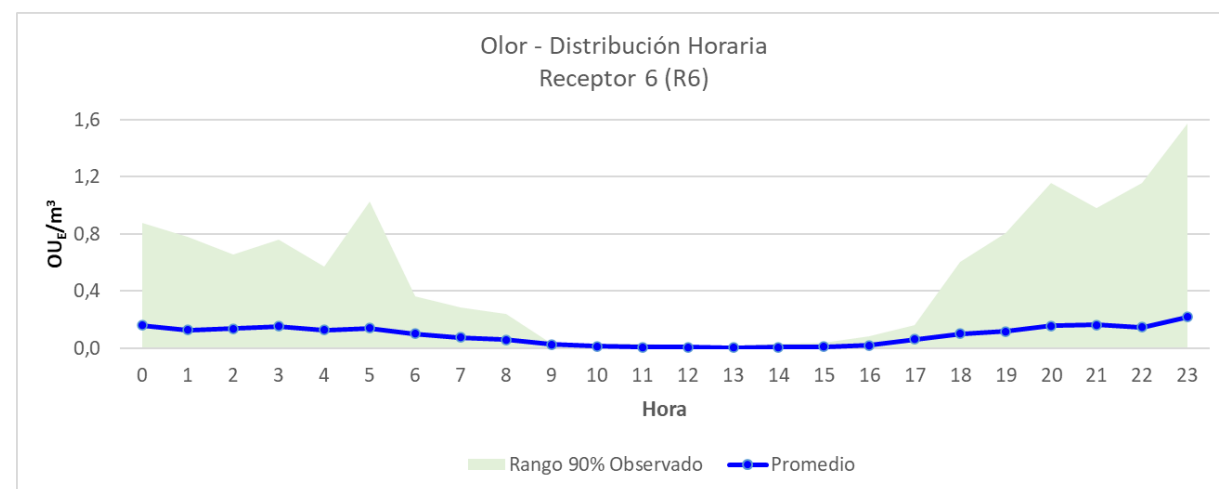


Figura N° 12. Concentraciones horarias (OU_E/m³), Distribución horaria. Receptor N°6.

En la figura anterior se muestra, el comportamiento de las concentraciones de olor durante el día. Se puede observar que los mayores valores se presentan durante la noche y mañana, entre las 18:00 y 06:00 hrs, con valores de hasta 1,6 OU_E/m³. Los resultados anteriores indican que, durante el 90% del tiempo, en los alrededores, al este de la planta, el olor no se alcanza a percibir por la población.

7.1 Anexo N°3. Descripción meteorológica y geofísica de la zona.

En el siguiente anexo se presenta el análisis meteorológico de la zona modelada. Estos datos fueron extraídos desde las estaciones de Pucón y Huisapi contenida en el sistema Agromet INIA.

Tabla N° 14. Estaciones meteorológicas.

Nombre de la Estación		Pucón
Coordenada UTM 19H, Datum WGS 84	Este (m)	253.235 m E
	Norte (m)	5.650.470 m S
Distancia desde el proyecto		2,61 km
"Periodo del registro (desde DD/MM/AA - hasta DD/MM/AA)"		01/01/2019 - 31/12/2019
Meteorología		Velocidad Viento (VV) Dirección Viento (DV) Temperatura (T)
Nombre de la Estación		Huisapi
Coordenada UTM 19H, Datum WGS 84	Este (m)	725.190 m E
	Norte (m)	5.651.123 m S
Distancia desde el proyecto		47,4 km
"Periodo del registro (desde DD/MM/AA - hasta DD/MM/AA)"		01/01/2019 - 31/12/2019
Meteorología		Velocidad Viento (VV) Dirección Viento (DV) Temperatura (T)

7.1.1 Cantidad de Datos

Para realizar el análisis meteorológico y de incertidumbre es necesario verificar la cantidad de registros presentes en las mediciones meteorológicas de las estaciones de Pucón y Huisapi. A continuación, se muestran los datos de la estación, con la finalidad de comprobar que no existen periodos extensos sin información, durante el año en estudio.

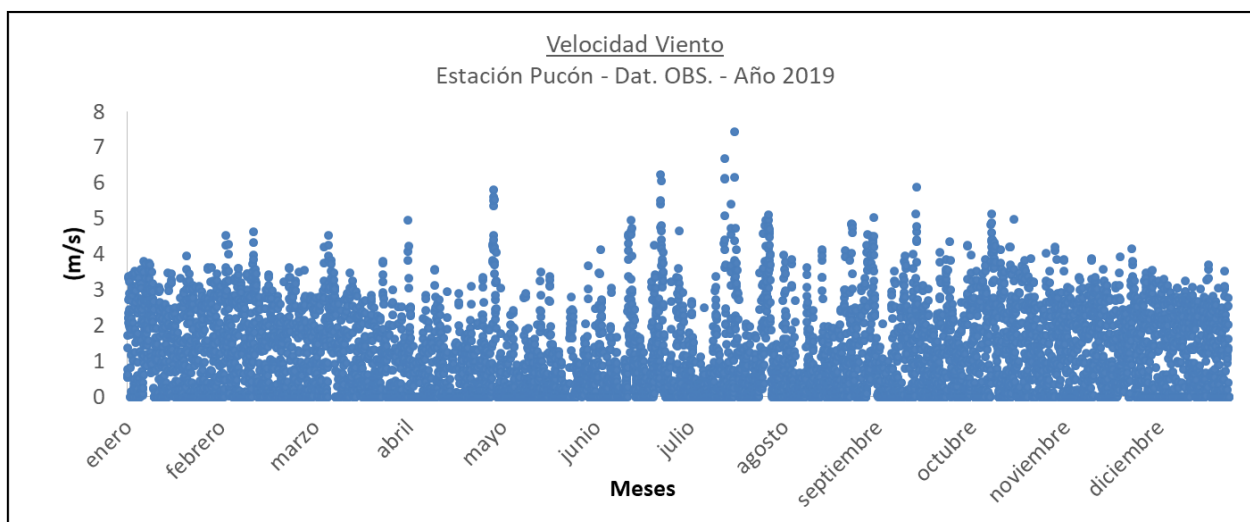


Figura Nº 13. Serie de tiempo anual. Velocidad de viento. Estación Pucón.

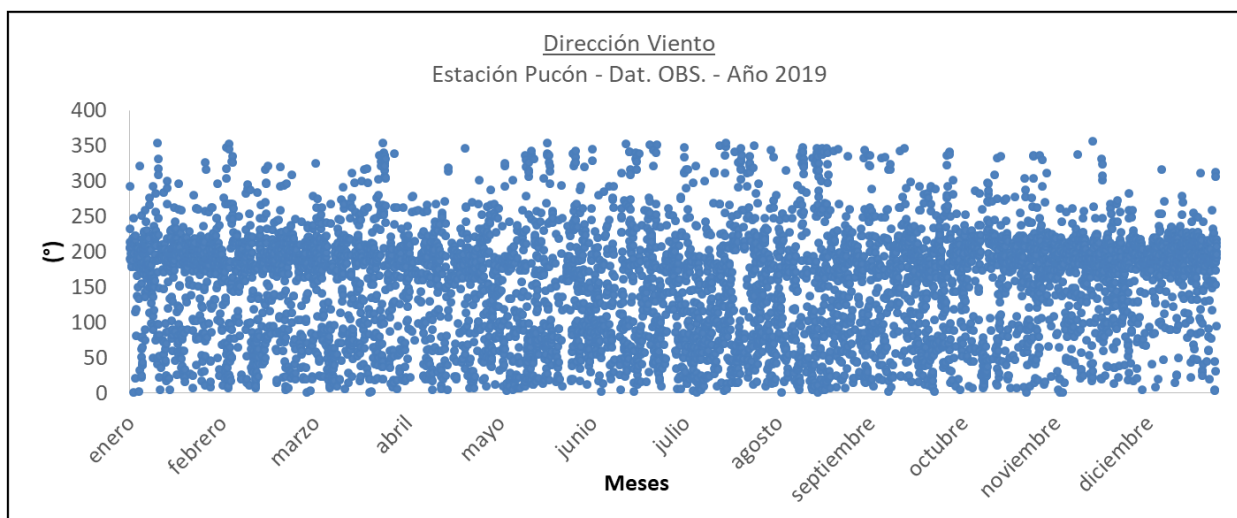


Figura Nº 14. Serie de tiempo anual. Dirección de viento. Estación Pucón.

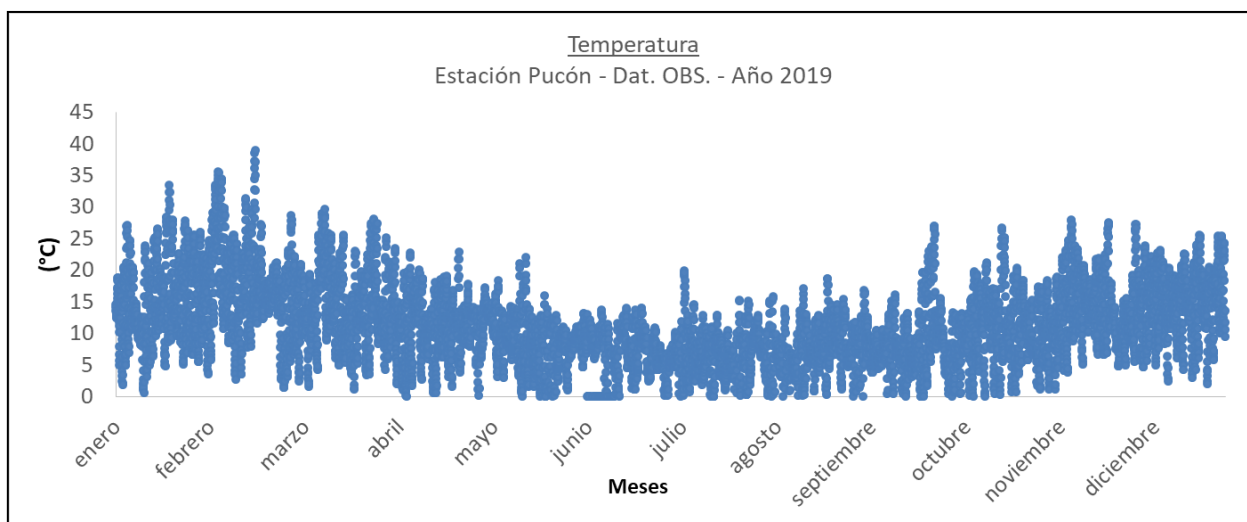


Figura Nº 15. Serie de tiempo anual. Temperatura. Estación Pucón.

A partir de las gráficas de serie de tiempo, de los parámetros temperatura, velocidad y dirección del viento, se evidencia que existe un registro completo de los datos meteorológicos mencionados.

Tabla Nº 15. Datos válidos estación meteorológica Pucón.

Porcentaje de datos meteorológicos disponibles – EM Pucón.													
Parám/mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
VV	84%	80%	76%	61%	69%	69%	76%	75%	78%	77%	79%	73%	75%
DV	84%	80%	76%	61%	69%	69%	76%	75%	78%	77%	79%	73%	75%
T	100%	100%	100%	100%	100%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%

De acuerdo a la tabla anterior, se puede observar que para la estación de Pucón en el mes de abril, mayo y junio, la cantidad de datos alcanza valores de 62% a 69%; tanto como para dirección como velocidad del viento; a pesar de esto, la cantidad de registros en forma anual es de un 75% para cada una de las variables analizadas, valores que están en el límite de 75% indicado por la Guía para modelos de calidad del aire del SEA. Por lo tanto, esta estación se puede considerar en el análisis.

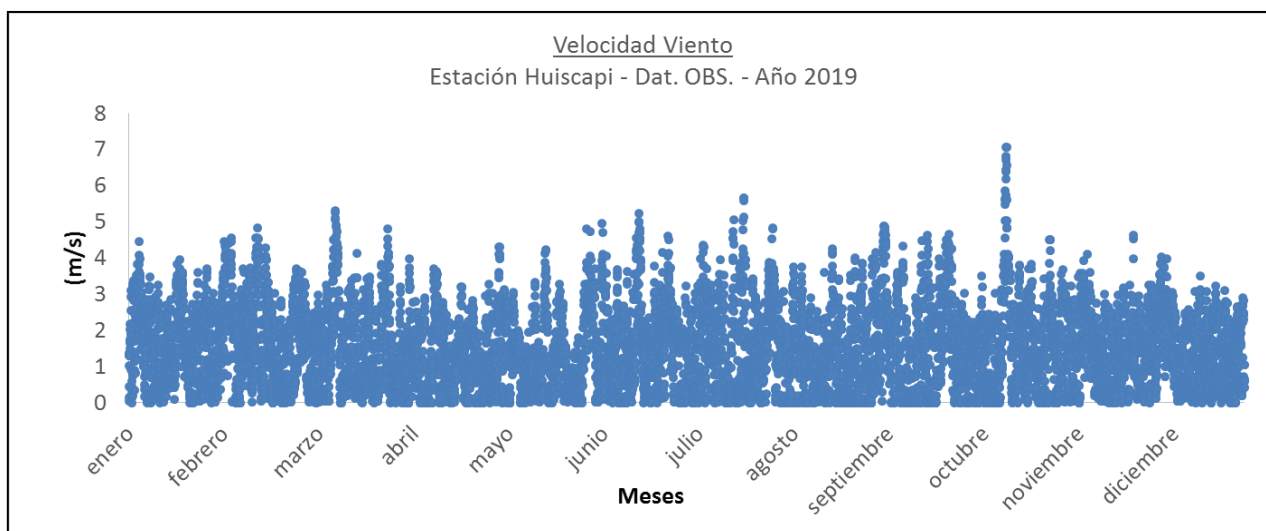


Figura Nº 16. Serie de tiempo anual. Velocidad de viento. Estación Huiscapi.

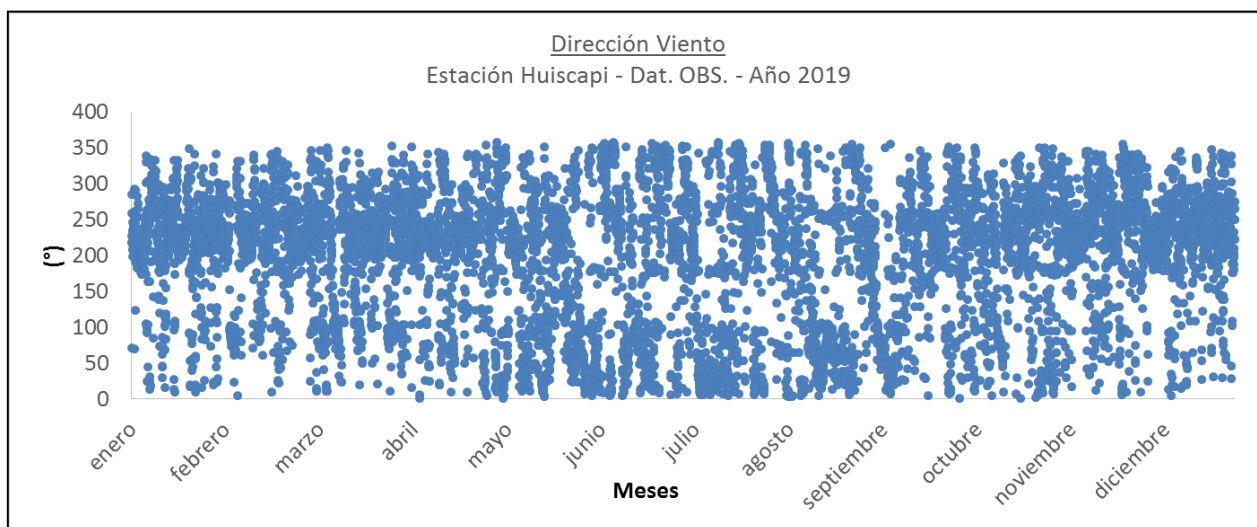


Figura Nº 17. Serie de tiempo anual. Dirección de viento. Estación Huiscapi.

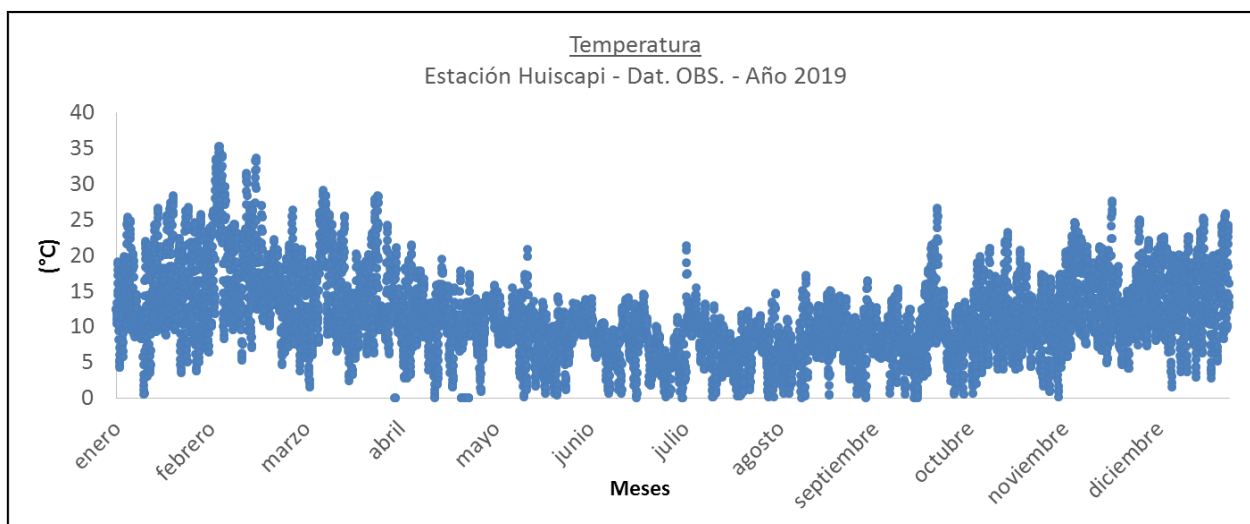


Figura N° 18. Serie de tiempo anual. Temperatura. Estación Huiscapi.

Tabla N° 16. Datos válidos estación meteorológica Huiscapi.

Porcentaje de datos meteorológicos disponibles – EM Huiscapi.													
Parám/mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
VV	100%	99%	99%	90%	97%	97%	94%	83%	89%	94%	99%	100%	95%
DV	100%	99%	99%	90%	97%	97%	94%	83%	89%	94%	99%	100%	95%
T	100%	100%	100%	94%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

A partir de las gráficas de serie de tiempo de los parámetros temperatura, velocidad y dirección de viento de la estación Huiscapi se evidencia que no existen periodos extensos sin datos. De acuerdo a la tabla anterior, las gráficas evidencian 95% de datos para dirección y velocidad del viento y un 100% para temperatura, cumpliendo con el 75% sugerido por la Guía para modelos de calidad del aire del SEA.

7.1.2 Gráficos Ciclo diario

En los siguientes gráficos se presentan los ciclos diarios promedios de velocidad y dirección del viento; junto con su variabilidad entre el percentil 5% a 95%.

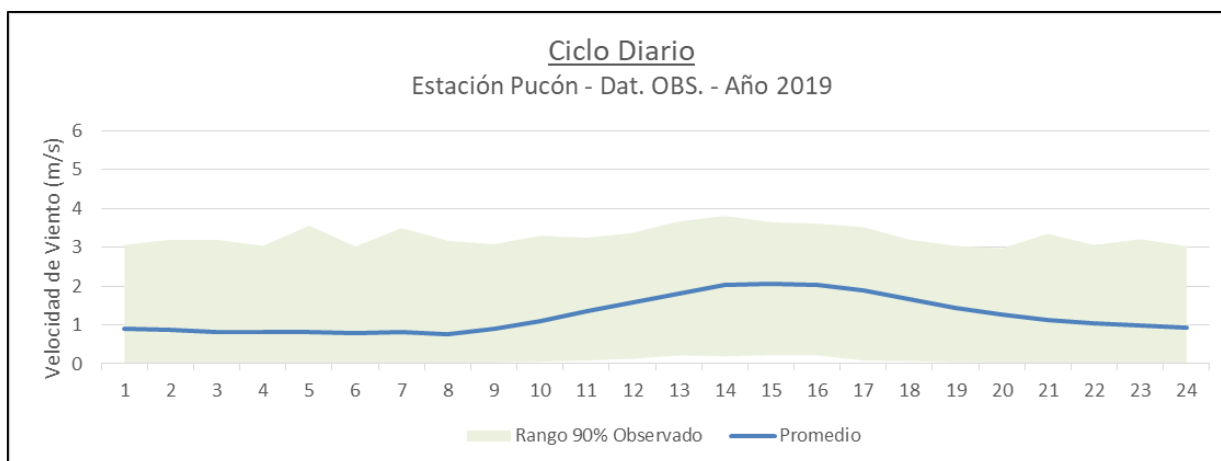


Figura Nº 19. Ciclo diario para velocidad de viento. Estación Pucón.

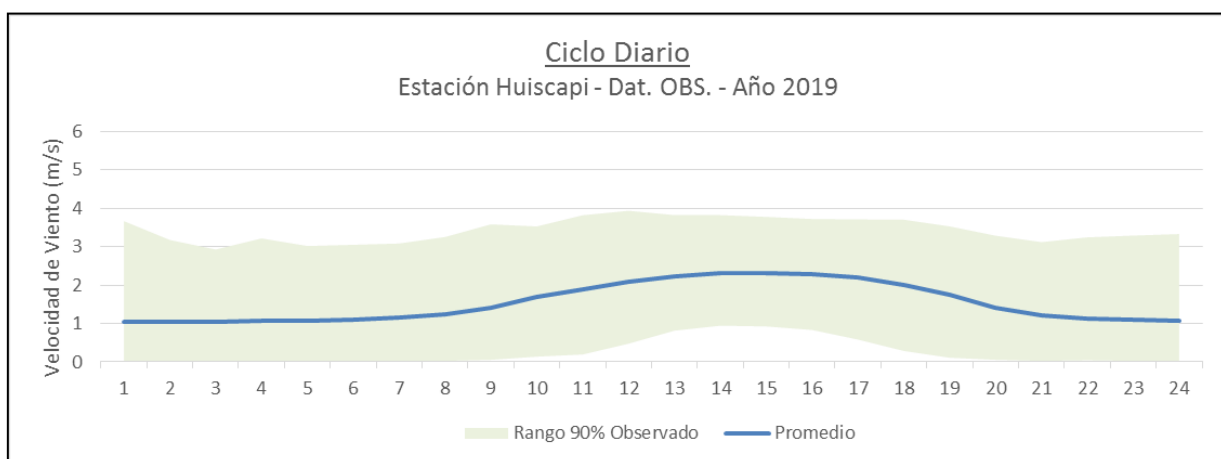


Figura Nº 20. Ciclo diario para velocidad de viento. Estación Huiscapi.

En relación al ciclo diario promedio de la velocidad de viento se observa una velocidad promedio mínima de 0,8 a 1,1 m/s en las horas de la noche y una velocidad máxima promedio de 1,5 a 1,9 m/s en las horas de la tarde. Durante el año, la velocidad del viento puede variar entre calmas y 3,6 m/s de acuerdo al 90% observado. La velocidad de viento en dicha zona, favorece la dispersión de emisiones.

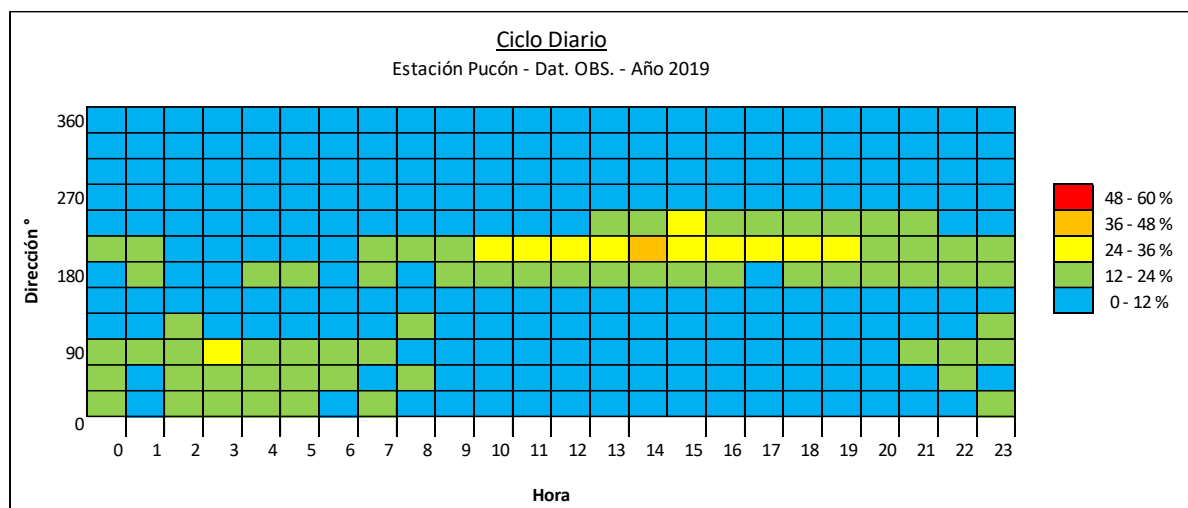


Figura Nº 21. Ciclo diario para dirección de viento. Estación Pucón.

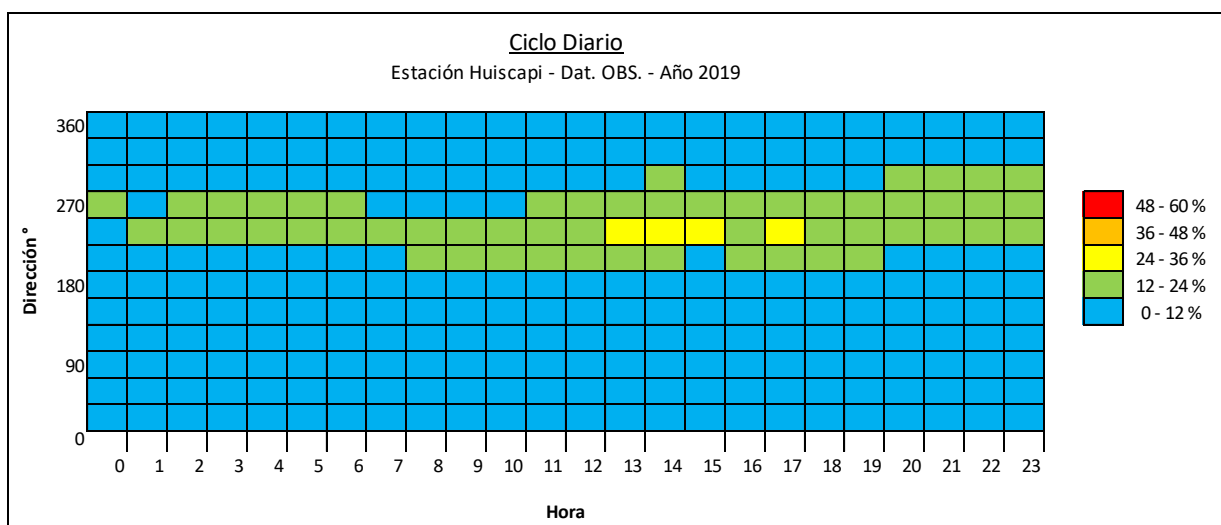


Figura Nº 22. Ciclo diario para dirección de viento. Estación Huiscapi.

En relación al ciclo diario de la dirección de viento se observa que durante el día predominan los vientos provenientes del sur y suroeste con una frecuencia entre un 12% hasta 48%, y vientos provenientes del norte, noreste, oestenoroeste y suroeste, alcanzando hasta un 24% durante la noche. Esta condición indica que la dispersión de olor se dispersa favorablemente en las direcciones hacia norte, noreste, sur, suroeste y estesudeste.

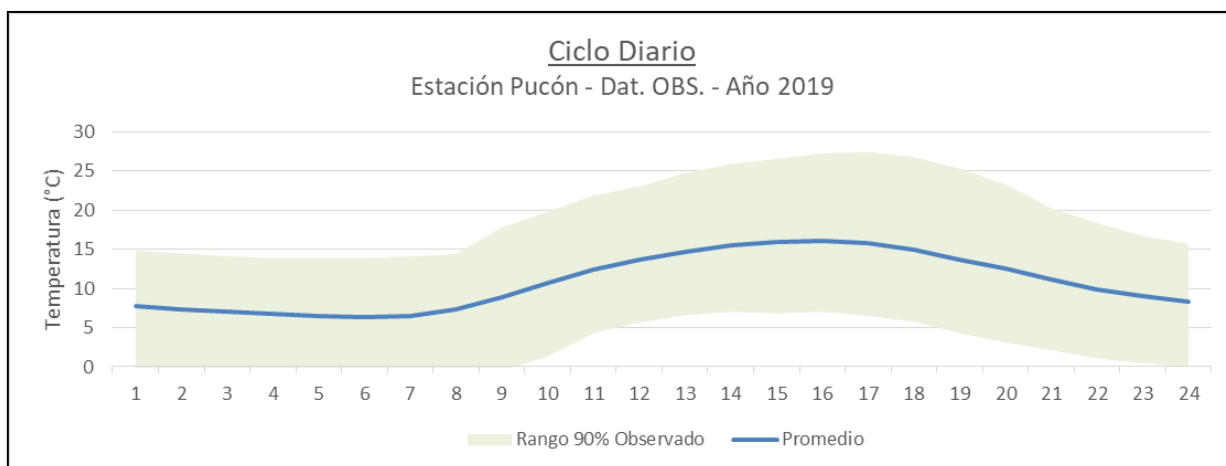


Figura Nº 23. Ciclo diario de temperatura. Estación Pucón.

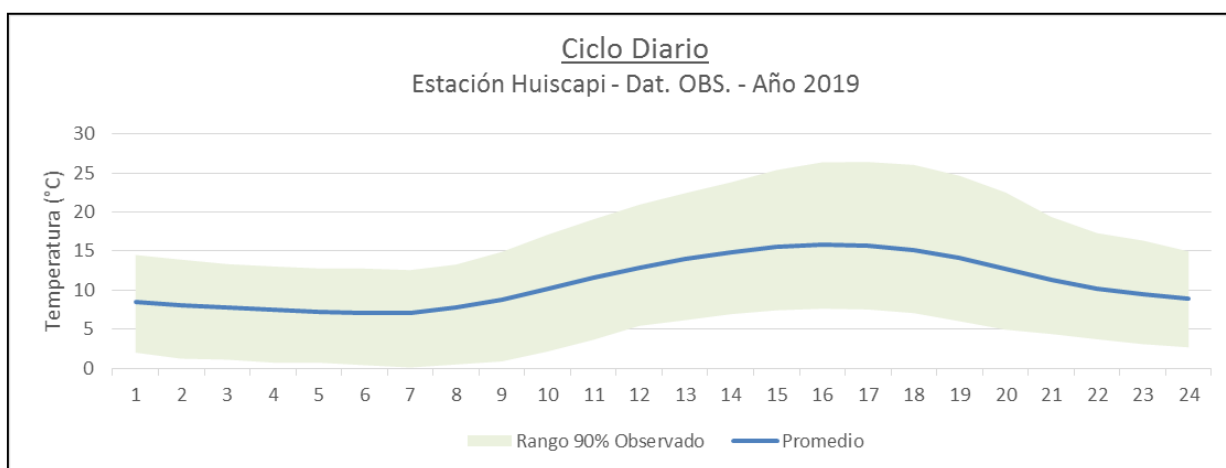


Figura Nº 24. Ciclo diario de temperatura. Estación Huiscaji.

Respecto al ciclo diario de la temperatura, se observa una temperatura promedio variable de 6°C y 16°C. La temperatura máxima ocurre entre las 14:00 y las 16:00 horas mientras que la mínima sucede entre 04:00 y 07:00 horas. Durante el año, la temperatura puede variar entre $\pm 10^{\circ}\text{C}$ respecto al promedio, alcanzando máximos de 39°C y mínimas de -5°C, respecto al 90% observado.

7.1.3 Gráficos Distribución de Vientos

Las figuras siguientes muestran la distribución de vientos en las estaciones Pucón y Huiscaپی. De la figura se puede concluir que los vientos de calma representan entre un 0% a 23%, mientras que la mayor parte de las velocidades ocurren en el rango de 0,5 a 2,1 m/s. Por lo tanto, las condiciones del viento en la zona de estudio favorecen la dispersión de emisiones.

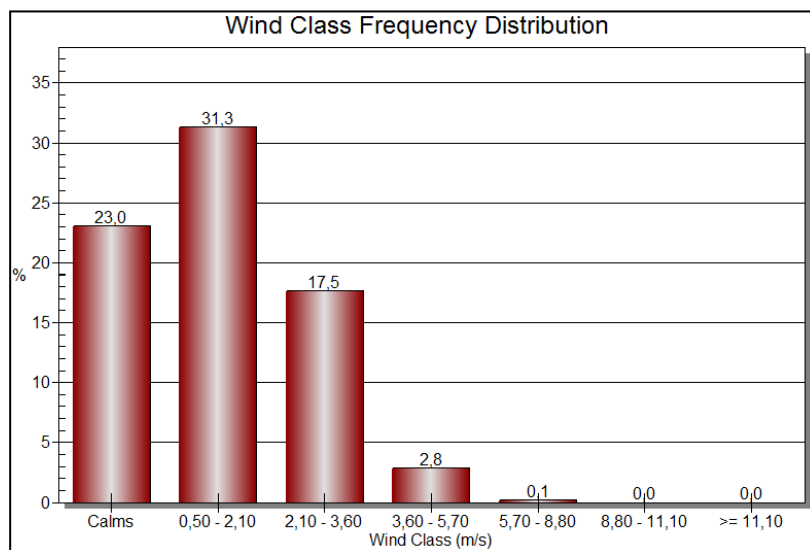


Figura Nº 25. Distribución velocidades de viento en la zona del proyecto. Estación Pucón.

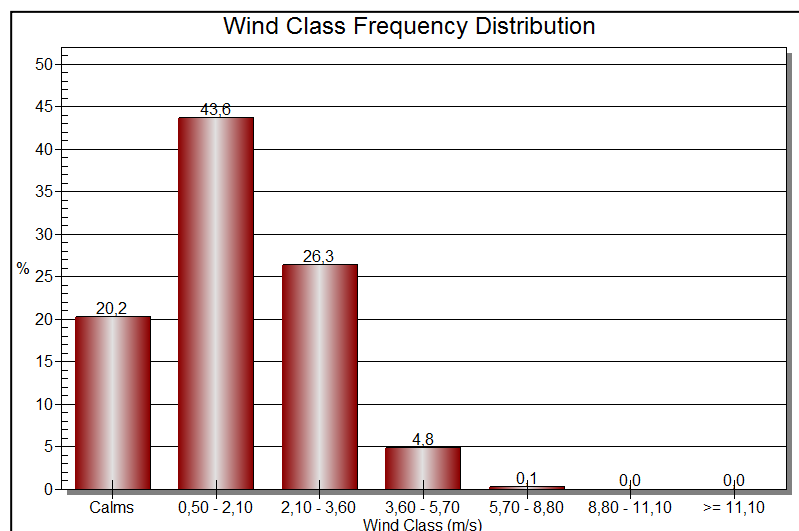


Figura Nº 26. Distribución velocidades de viento en la zona del proyecto. Estación Huiscaپی.

7.1.4 Rosa de los Vientos

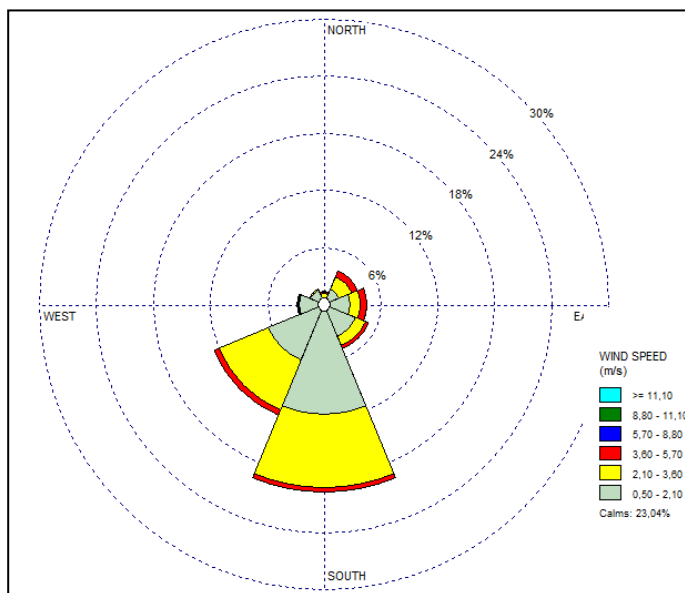


Figura Nº 27. Rosa de los vientos anual. Estación Pucón.

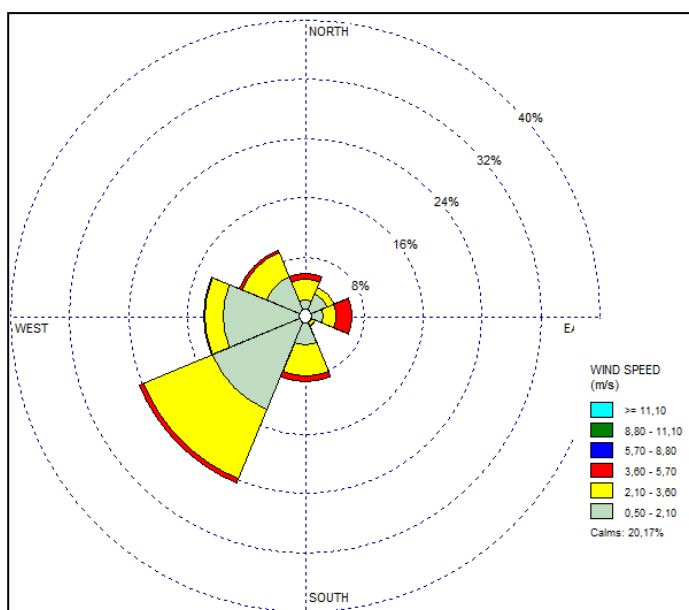
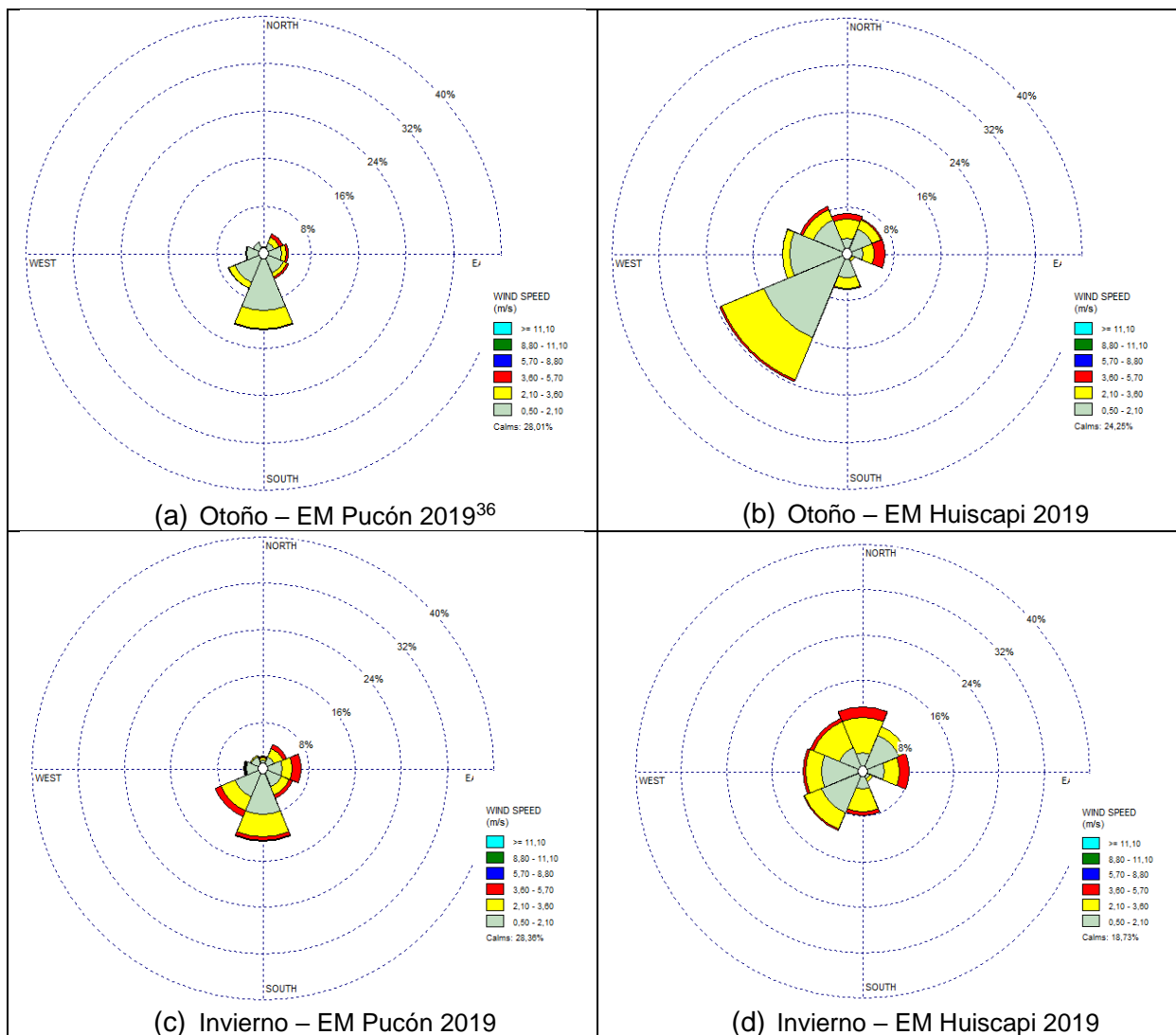


Figura Nº 28. Rosa de los vientos anual. Estación Huiscapi.

De la rosa de los vientos se puede concluir que los vientos varían principalmente entre el sur y suroeste (componente principal) representando entre el 20% y el 25% del tiempo, seguidos por los vientos desde el este (14% del tiempo). Los vientos con mayor velocidad provienen desde el sur, suroeste, este y del norte alcanzando velocidades entre los 3,6 y 5,7 m/s.

Las condiciones anteriormente descritas, indican que la dispersión de emisiones ocurrirá en distintas direcciones, principalmente hacia el norte y noreste de la piscicultura durante el año,

En las siguientes figuras se puede observar la distribución estacional de los vientos en la zona del proyecto.



³⁶ Se observa una menor frecuencia de los vientos, dada la ausencia de datos de velocidad entre los meses de abril a junio.

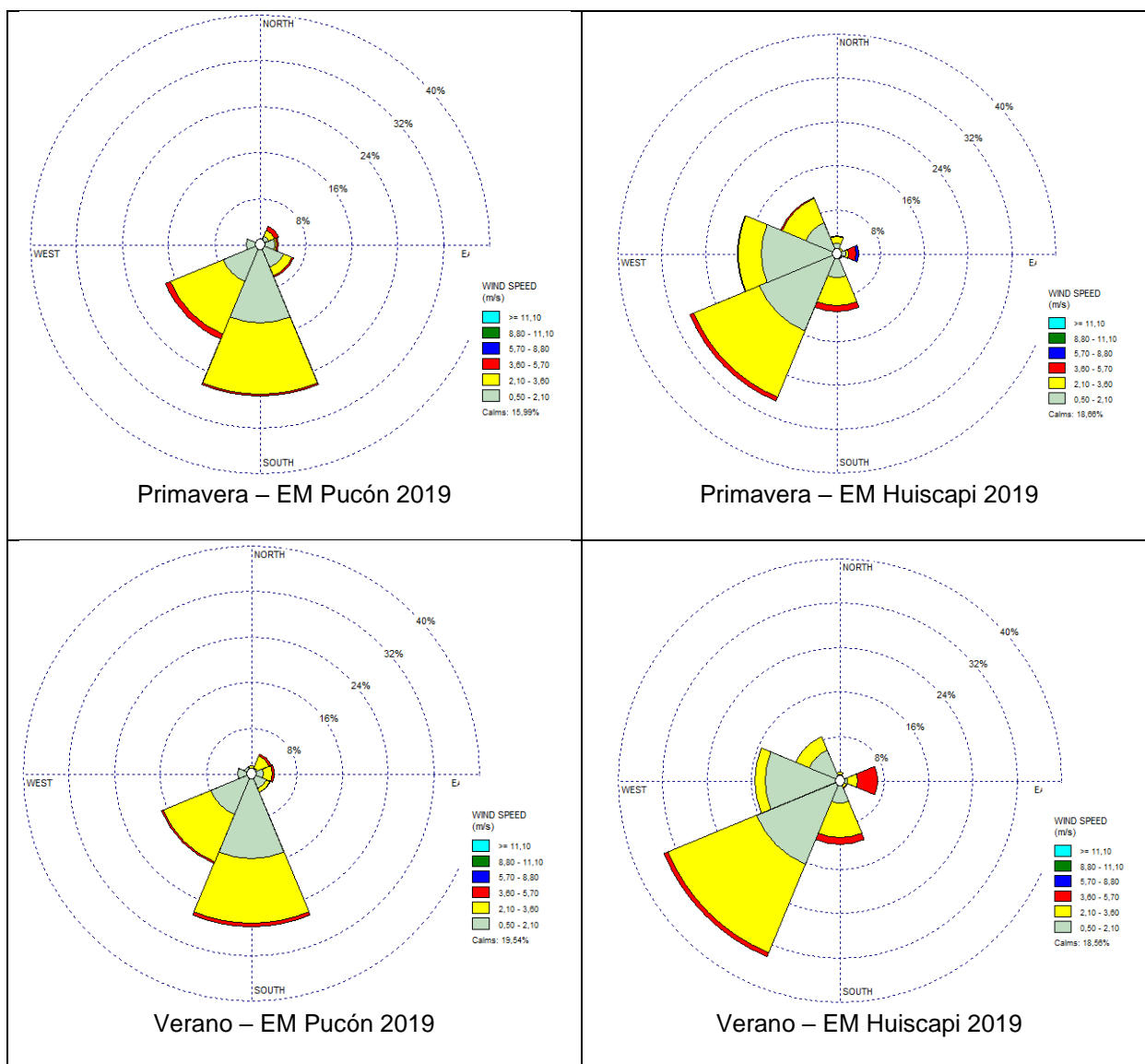


Figura Nº 29. Rosa de los vientos por estación Pucón, año 2019.

De las imágenes se puede concluir:

- En otoño e invierno los vientos provienen principalmente desde el suroeste y en menor proporción desde el sur. Estas condiciones se deben a los periodos de inestabilidad atmosférica de dichas estaciones del año. Por otro lado, se observan velocidades que van desde los 0,5 a 5,7 m/s. La dispersión de emisiones se desplaza principalmente hacia el noreste y en menor proporción hacia el norte.
- En primavera y verano los vientos provienen desde el suroeste, sur y en menor proporción desde el oeste. Estas condiciones se deben a los periodos de estabilidad atmosférica. Las velocidades preponderantes van desde los 0,5 a 5,7 m/s. La dispersión de emisiones se desplaza hacia el noreste y norte; y en menor proporción hacia el este.

7.1.5 Ciclo estacional

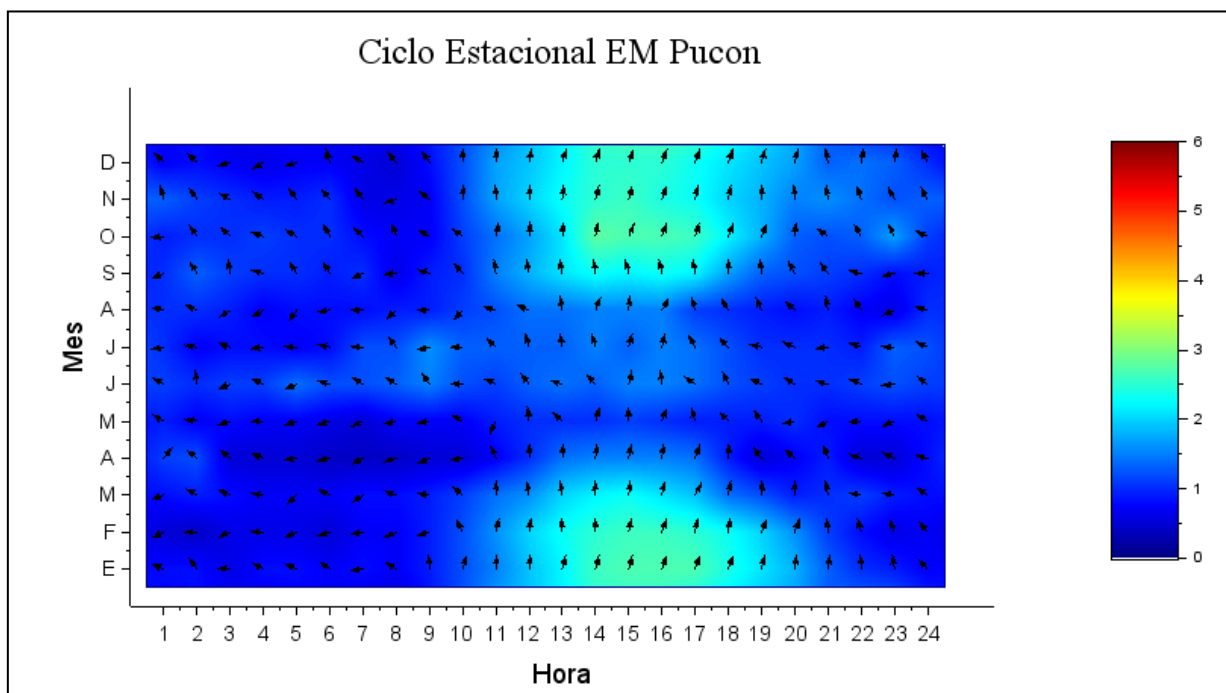


Figura N° 30. Gráfico ciclo estacional, Estación Pucón.

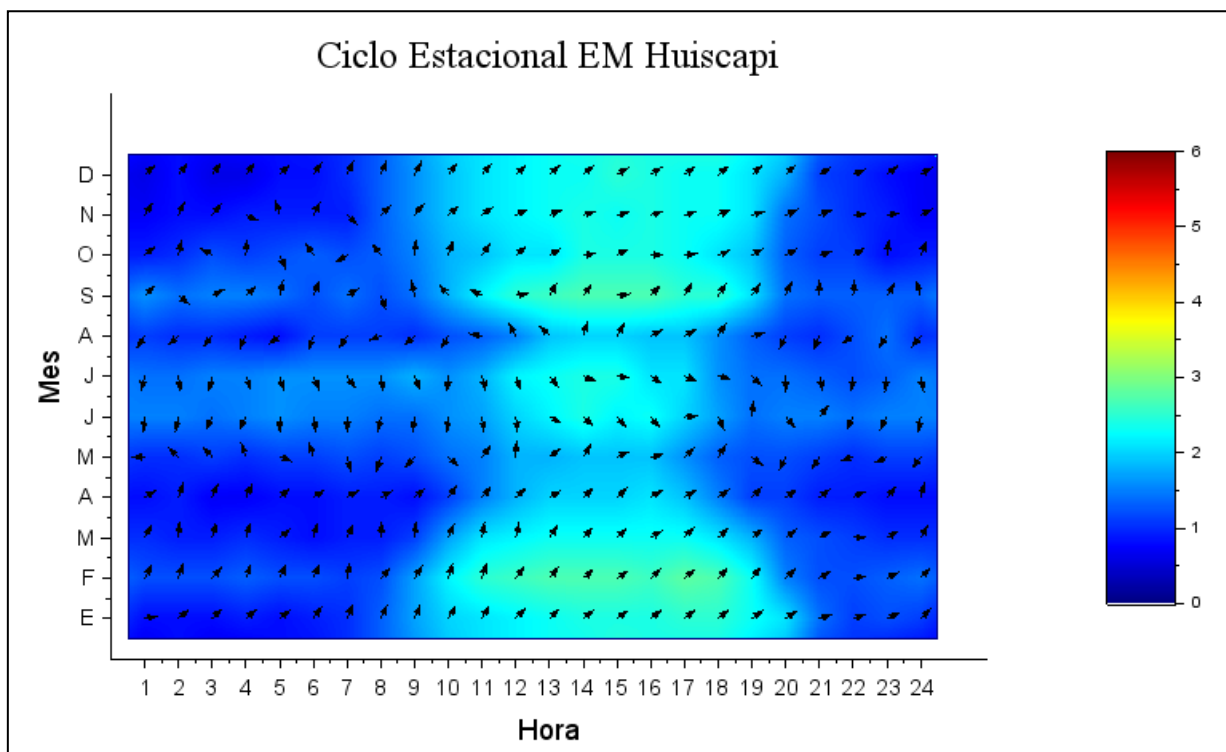


Figura N° 31. Gráfico ciclo estacional, Estación Huisapi.

De acuerdo a la distribución de los vientos en la gráfica de ciclo estacional, se observa que durante el año predominan velocidades que van entre calmas y 3,0 m/s durante el día, descendiendo en las horas de la noche a 1,0 m/s e incluso se observan periodos de calma.

En la estación de otoño las velocidades de viento varían de periodos de baja velocidad de viento aumentando en las horas del día a 2,5 m/s. Es importante señalar que las menores velocidades, durante el día, ocurren durante el otoño, situación que es similar en invierno. Mientras que en primavera y verano las velocidades del viento, durante el día, pueden alcanzar los 3,5 m/s, siendo las velocidades más altas del año.

El escenario anterior, en época no estival, se observa un escenario desfavorable para la dispersión de emisiones. Mientras que para la época estival, el escenario favorece la dispersión de las emisiones, pero a la vez aumenta el alcance de éstas.

En relación a la dirección del viento, en las épocas de verano los vientos provienen principalmente desde el suroeste en las horas del día, y con dirección sureste en horas de la noche. En el periodo de invierno, los vientos se mantienen principalmente desde el noroeste y sureste. De acuerdo a las condiciones de los vientos se prevé que las emisiones se dispersen en primavera y verano principalmente hacia el noreste, mientras que en otoño e invierno se desplacen principalmente hacia el sureste y noroeste.

7.1.6 Elevación de Terreno

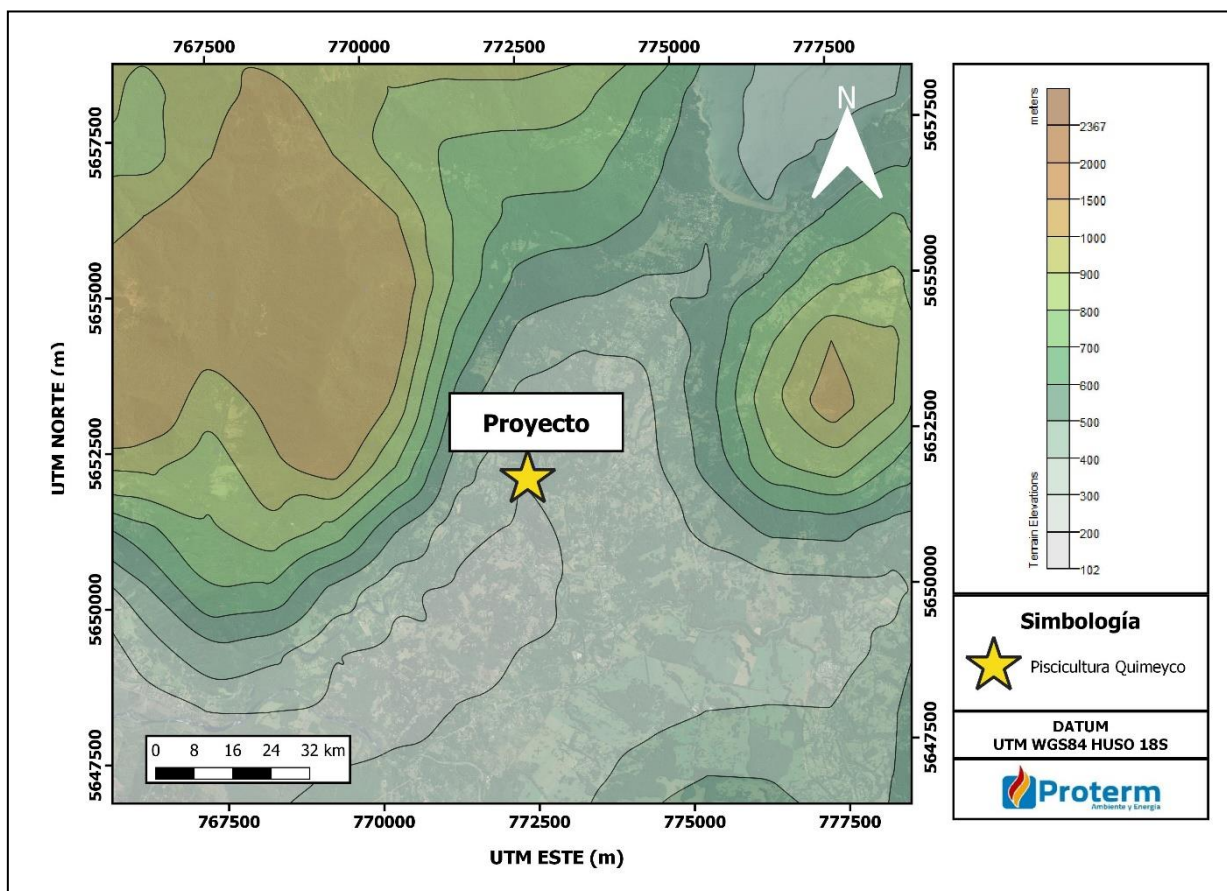


Figura Nº 32. Elevación de terreno archivo WRF.

La zona modelada está ubicada en la comuna de Pucón y se caracteriza por una elevación de terreno aproximada de 102 a 1000 m.s.n.m. Este sector pertenece a la Precordillera de Los Andes, en donde se puede observar variaciones de altura entre 102 a 1500 m.s.n.m.

7.2 Anexo N°4. Análisis de incertidumbre.

La “Guía para el Uso de Modelos de Calidad de Aire en el SEIA en su capítulo 7” requiere que se realice una comparación de los registros WRF con información meteorológica local. Para evaluar el desempeño del archivo de pronóstico WRF, se utilizan los datos provenientes de la estación meteorológica Pucón, cuyos datos se encuentran en el sistema Agromet. Los parámetros monitoreados por dicha estación corresponden a temperatura, velocidad y dirección del viento. Para la evaluación del desempeño se realiza una comparación de dichas variables ya que éstas son de interés para el análisis dispersión de contaminantes atmosféricos.

Con el fin de evaluar el desempeño del archivo WRF, se realizan dos tipos de análisis, cualitativo y cuantitativo. Para el análisis cualitativo se realiza una comparación entre los gráficos de ciclos diarios, promedios mensuales, ciclos estacionales y rosa de los vientos. Mientras que el análisis cuantitativo se realiza de acuerdo a análisis estadísticos de RMSE y BIAS.

Definiciones

Datos observados: Se refiere a los datos provenientes desde una estación de monitoreo durante un periodo de interés.

Datos modelados: Se refiere a los datos meteorológicos provenientes desde un modelo de pronóstico como WRF o MM5.

Rango 90% observado: Se refiere a la variación de los datos entre el percentil 5 y percentil 95 en una hora o mes específico.

7.2.1 Ciclos diarios promedios

Velocidad de viento

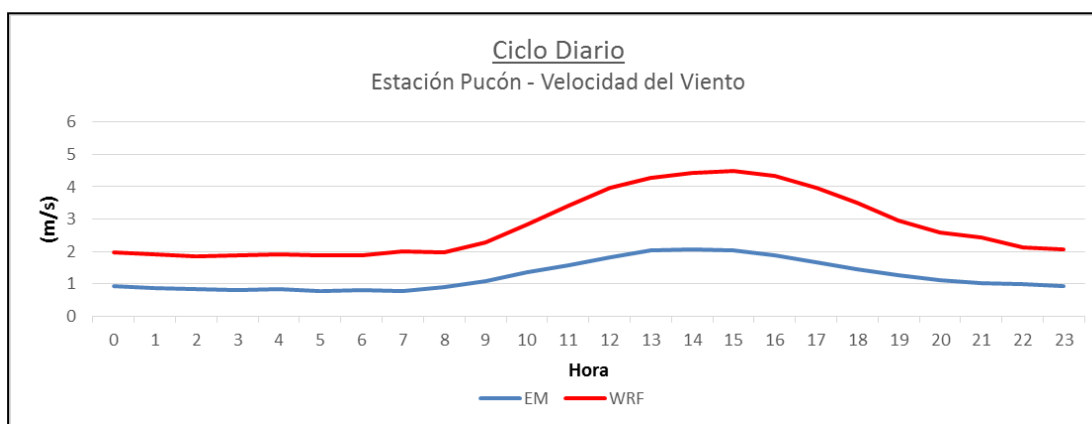


Figura N° 33. Comparación ciclo diario de velocidad del viento entre datos observados y modelados para la estación Pucón.

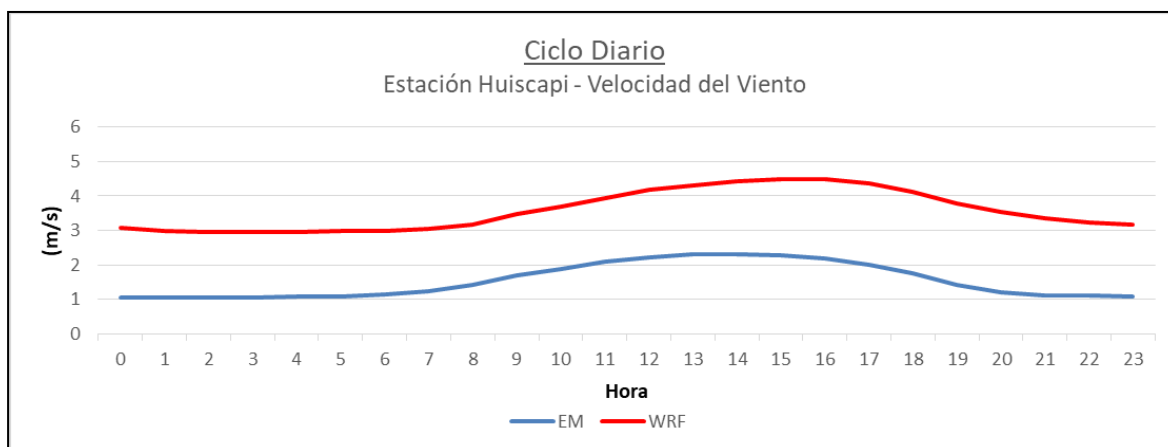


Figura Nº 34. Comparación ciclo diario de velocidad del viento entre datos observados y modelados para la estación Huiscapi.

De la figuras anteriores, se puede concluir que el ciclo diario promedio de velocidad del viento, entre los datos observados y los datos modelados, presentan valores similares con una diferencia de $\pm 2,0$ m/s. Además, la variación diaria de velocidad posee el mismo patrón del modelo de pronóstico y el observado, sin embargo, en el modelo WRF se presentan velocidades de viento levemente sobreestimadas en comparación a los datos de ambas estaciones meteorológicas. La diferencia de velocidad puede deberse a que los datos de WRF se extraen de la capa a 10 metros sobre el nivel de suelo mientras que los registros de las estaciones de Agromet usualmente son a 3 metros. A pesar de lo anterior, respecto al ciclo diario promedio de velocidad, el modelo es adecuado.

Dirección de viento

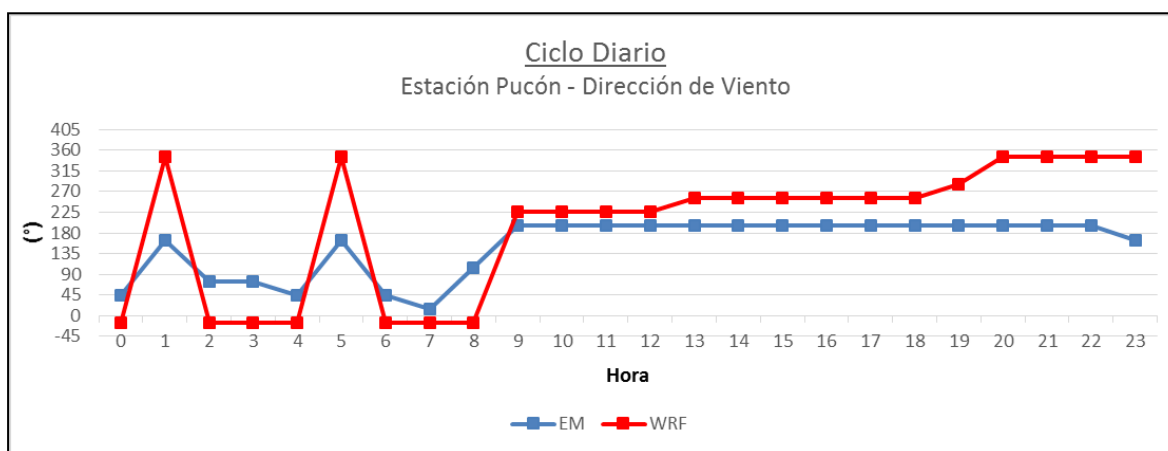


Figura Nº 35. Comparación ciclo diario de dirección de viento entre datos observados y modelados para la estación Pucón.

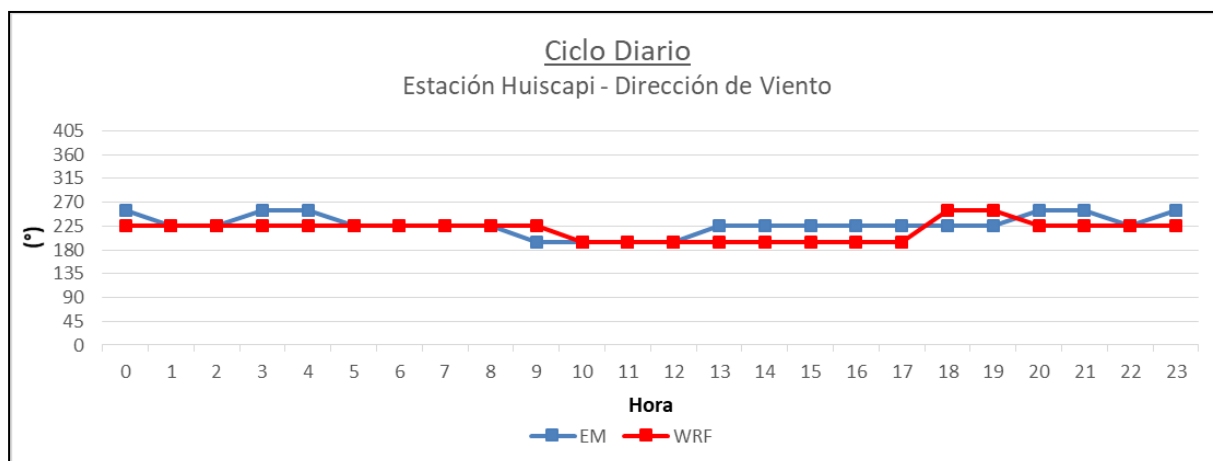


Figura Nº 36. Comparación ciclo diario de dirección de viento entre datos observados y modelados para la estación Huiscapi.

De la figura anterior, se puede concluir que el ciclo diario de dirección de viento, entre los datos observados y los modelados, presentan una tendencia similar. Cabe destacar que en horarios de mañana y madrugada, los registros del modelo de pronóstico para la estación de Pucón presentan una subestimación de los datos, en comparación a los datos observados que corresponden principalmente a vientos del noreste y este; mientras que esta situación se invierte durante la noche, lo anterior porque se observa una sobreestimación de los datos, correspondientes a vientos provenientes del sur. Por otra parte, para la estación Huiscapi, los registros del modelo de pronóstico presentan una leve subestimación de los datos, correspondientes a vientos suroeste y una leve sobreestimación de vientos del oeste. Para el caso de la zona representada para ambas estaciones, el modelo es adecuado.

Temperatura

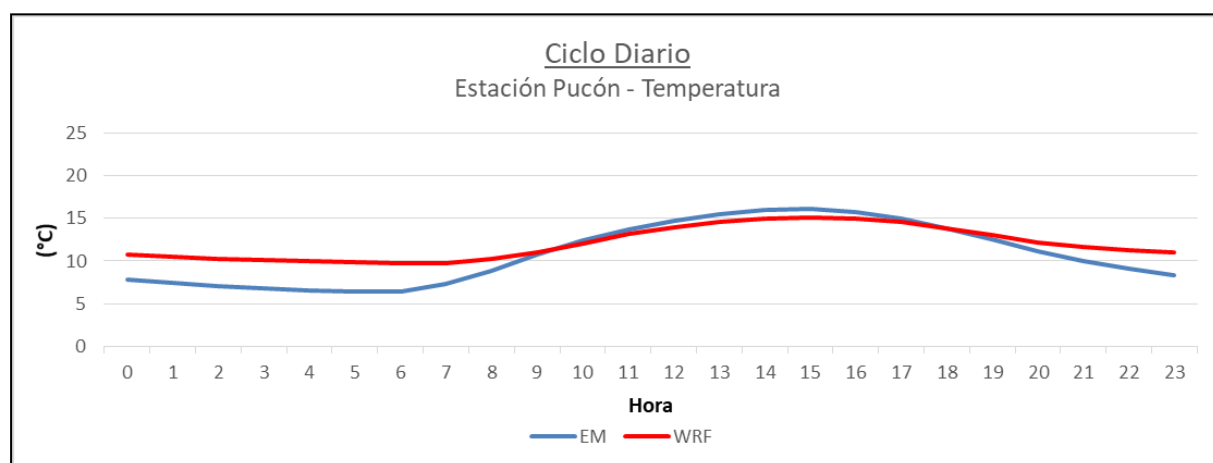


Figura Nº 37. Comparación ciclo diario de temperatura entre los datos observados y modelados para la estación Pucón.

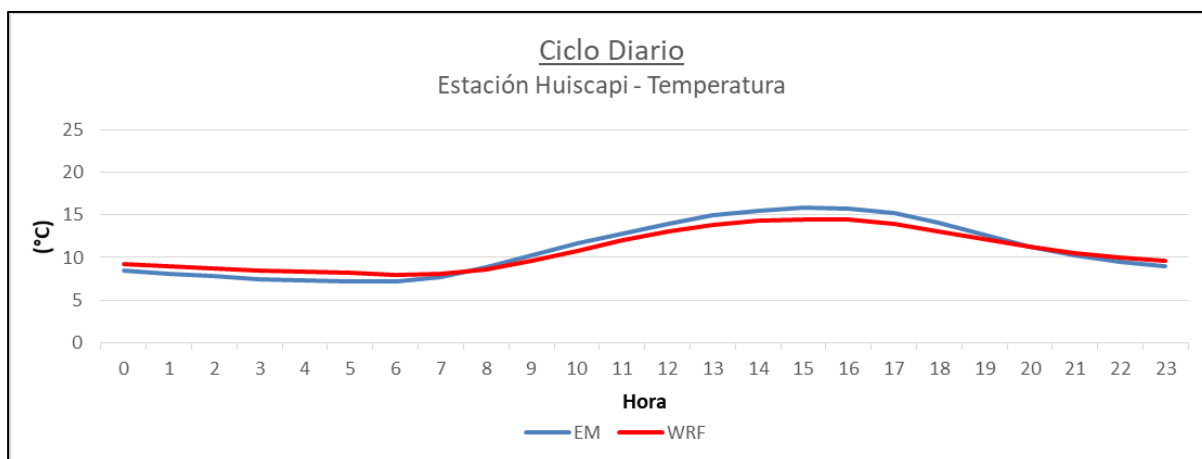


Figura Nº 38. Comparación ciclo diario de temperatura entre los datos observados y modelados para la estación Huiscapi.

De la figura anterior se puede concluir que los ciclos diarios promedios de temperatura entre los datos observados y los datos modelados presentan valores similares con una diferencia de $\pm 1,7^{\circ}\text{C}$. Además, la variación diaria de temperatura posee el mismo patrón del modelo de pronóstico y el observado. Dado estas circunstancias, respecto al ciclo diario promedio de temperatura, el modelo es adecuado.

7.2.2 Promedio Mensual

Velocidad de viento

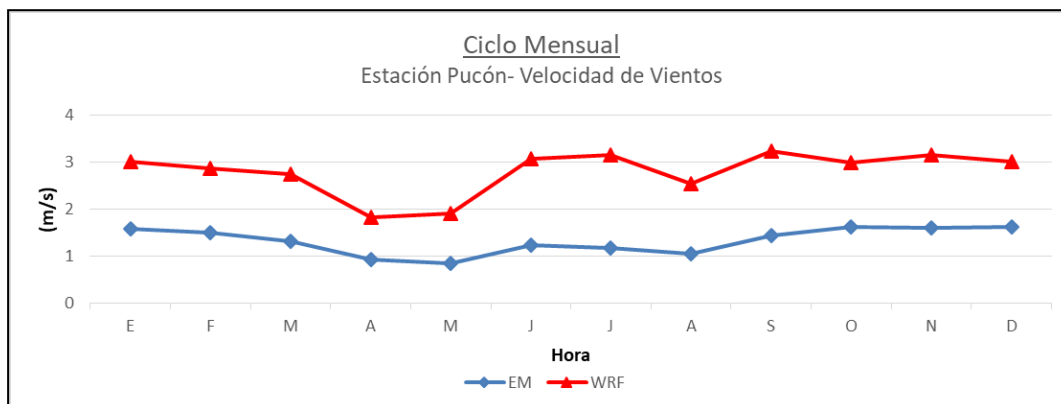


Figura Nº 39. Comparación ciclo mensual de velocidad de viento entre los datos observados y modelados para la estación Pucón.

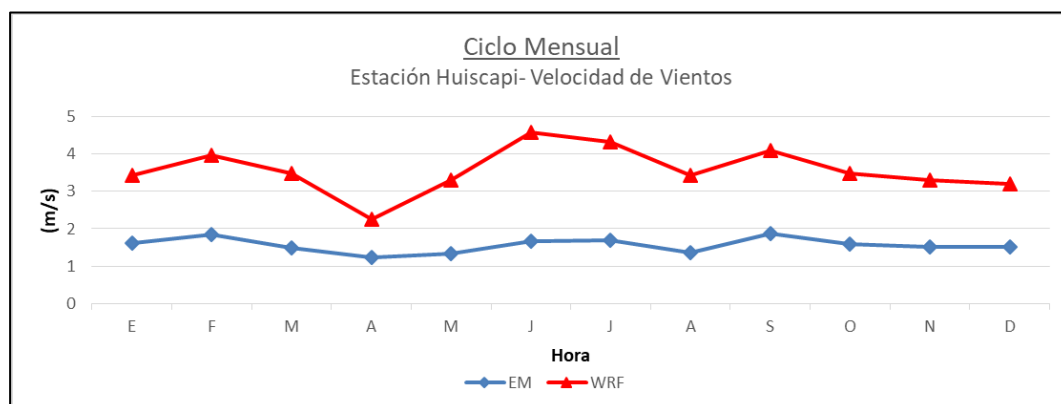


Figura Nº 40. Comparación ciclo mensual de velocidad de viento entre los datos observados y modelados para la estación Huiscapi.

De la figura anterior, se puede concluir que el promedio mensual de velocidad del viento, entre los datos observados y los modelados, presentan valores similares con una diferencia máxima de $\pm 3,5$ m/s y de aproximadamente 2 m/s en promedio. Como se puede observar los datos modelados presentan una sobreestimación de la velocidad del viento en comparación a los datos observados, sin embargo, la variación mensual de velocidad posee el mismo patrón del modelo de pronóstico y el observado. La diferencia de velocidades se debe a la diferencia de altura sobre el suelo de las estaciones del portal AGROMET, usualmente a 3 metros de altura, mientras que el archivo meteorológico WRF establece una capa de 10 metros. Dado estas circunstancias, respecto al promedio mensual de velocidad, el modelo es adecuado.

Dirección de viento

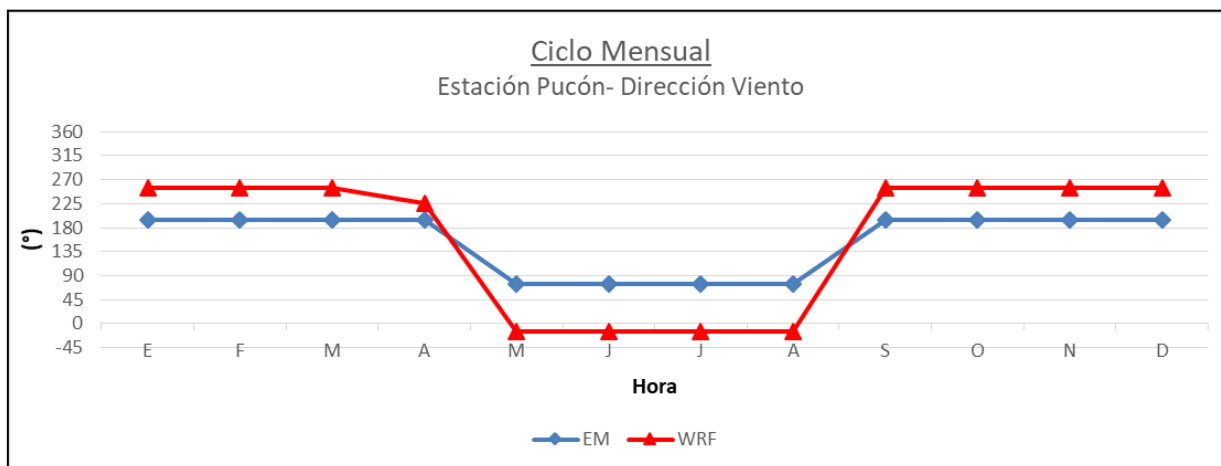


Figura Nº 41. Comparación ciclo mensual de dirección de viento entre datos observados y modelados para la estación Pucón.

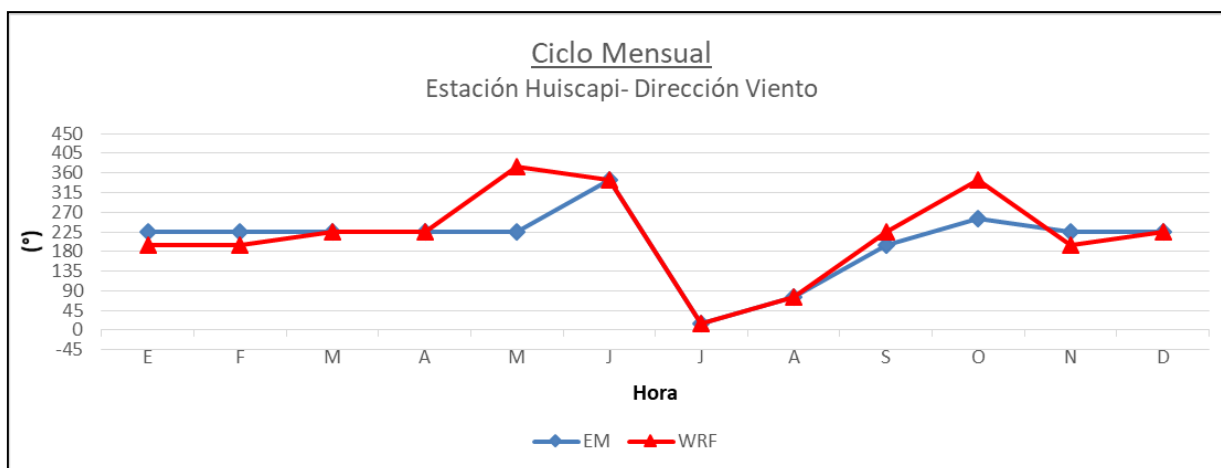


Figura Nº 42. Comparación ciclo mensual de dirección de viento entre datos observados y modelados para la estación Huiscapi.

De la figura anterior, se puede observar que la moda mensual de dirección del viento, entre los datos observados y los modelados, presentan un patrón similar. Los vientos provenientes del norte se encuentran subestimados en los datos del modelo de pronóstico, los que pueden alcanzar hasta 90° en promedio. Por otra parte, se observa una sobreestimación en los vientos provenientes del sur, con diferencias que pueden alcanzar los 60°. Sin embargo, la variación mensual de dirección de viento posee el mismo patrón del modelo de pronóstico y el observado, para ambas estaciones.

Temperatura

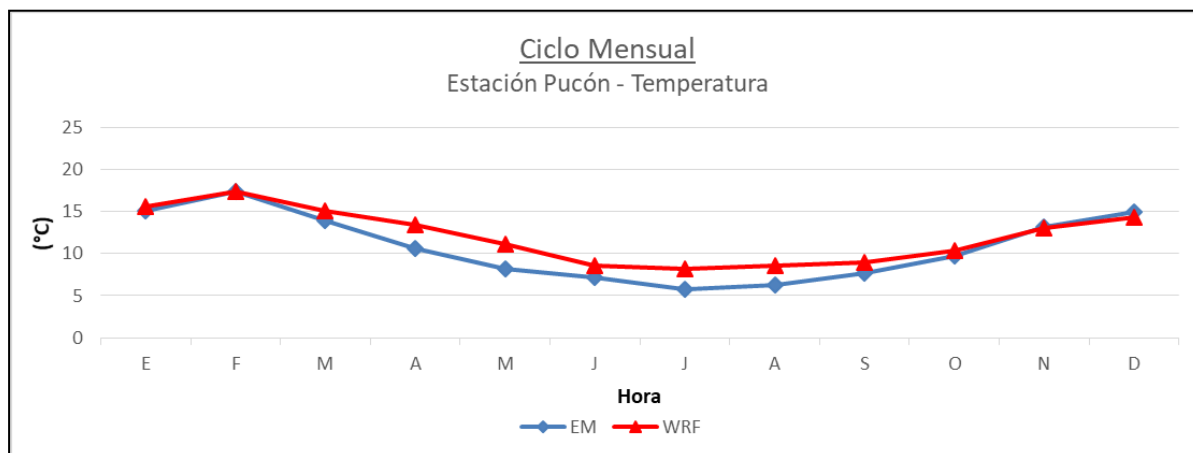


Figura Nº 43. Comparación ciclo mensual de temperatura entre datos observados y modelados para la estación Pucón.

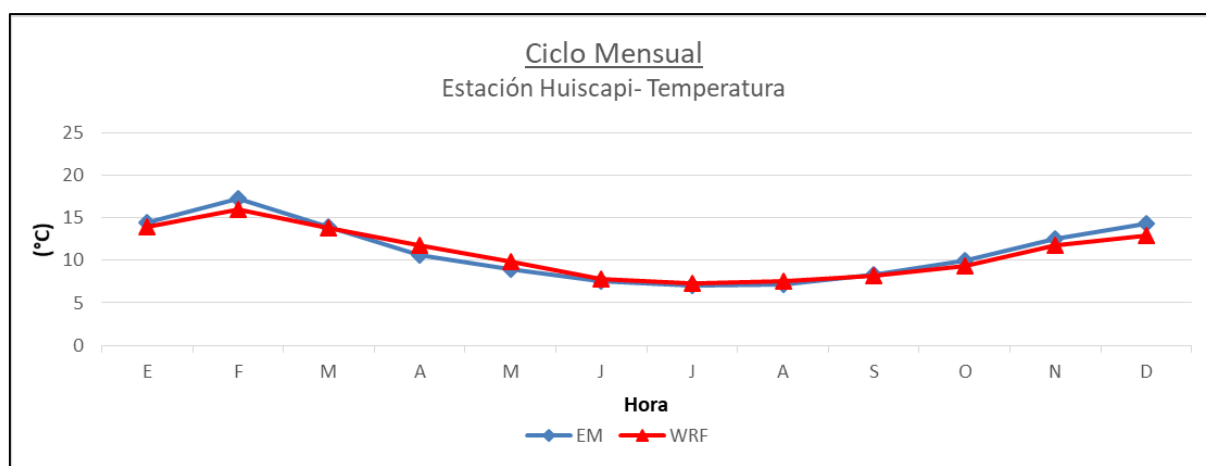


Figura Nº 44. Comparación ciclo mensual de temperatura entre datos observados y modelados para la estación Huiscapi.

De la figura anterior, se puede concluir que la moda mensual de temperatura, entre los datos observados y los modelados, presentan valores similares con diferencias que pueden alcanzar $\pm 3^{\circ}\text{C}$, observándose una leve sobreestimación de los datos contenidos en el modelo de pronóstico. Sin embargo, la variación mensual de temperatura posee el mismo patrón del modelo de pronóstico y el observado. Dado estas circunstancias, respecto al promedio mensual de temperatura, el modelo es adecuado.

7.2.3 Rosas de los vientos

De las rosas de los vientos mostradas para la estación Pucón, se puede observar que predominan los vientos principalmente provenientes desde el norte y suroeste; y en forma secundaria desde el sureste para los datos observados. Por otra parte, para los datos modelados predominan los vientos provenientes desde el oeste, suroeste y norte. Respecto a las velocidades se observa la presencia de vientos de 0,5 a 5,7 m/s en los datos observados mientras que en los modelados se alcanza una velocidad de hasta 11,1 m/s. Se observa que el modelo de pronóstico WRF sobreestima vientos este y provenientes del norte. Lo mencionado, se debe a la falta de datos presente en la estación de Pucón.

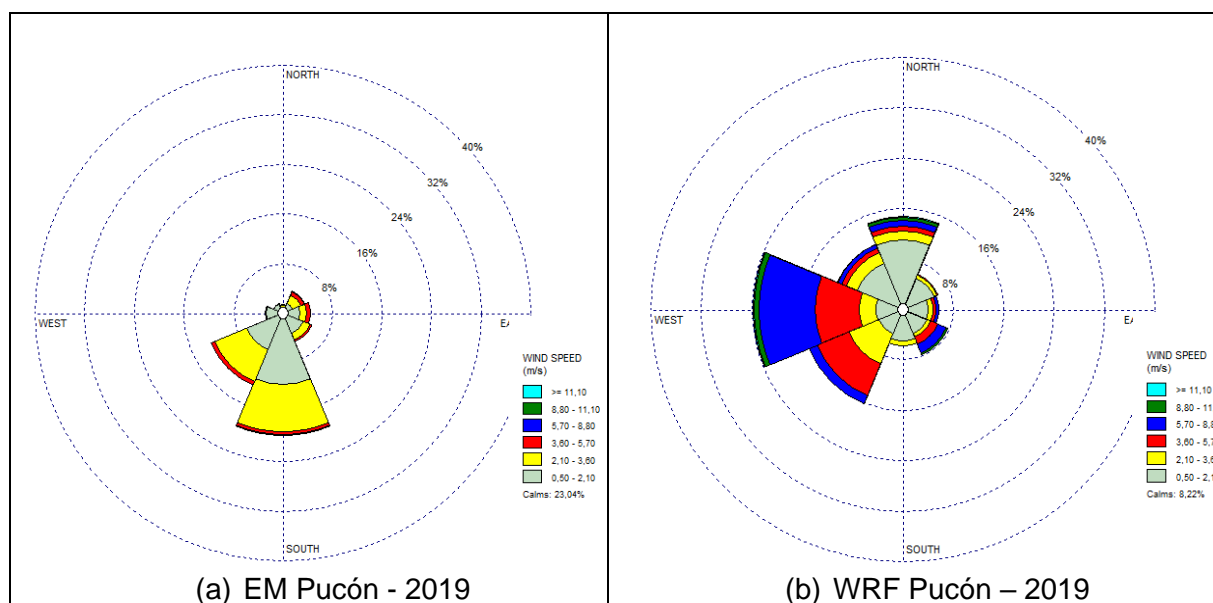


Figura Nº 45. Rosa de los vientos Estación Pucón.

De las rosas de los vientos mostradas para la estación Huiscapi, se puede observar que predominan los vientos principalmente provenientes desde el suroeste y este; y en forma secundaria desde el noroeste para los datos observados. Por otra parte, para los datos modelados predominan los vientos provenientes desde suroeste y vientos provenientes del norte. Respecto a las velocidades se observa la presencia de vientos de 0,5 a 5,7 m/s en los datos observados, mientras que en los modelados se alcanza velocidades mayores a 11 m/s. Se observa que el modelo de pronóstico WRF subestima vientos provenientes del este y del norte. Sin embargo, dada la similitud cualitativa de las rosas de los vientos, se considera el modelo adecuado.

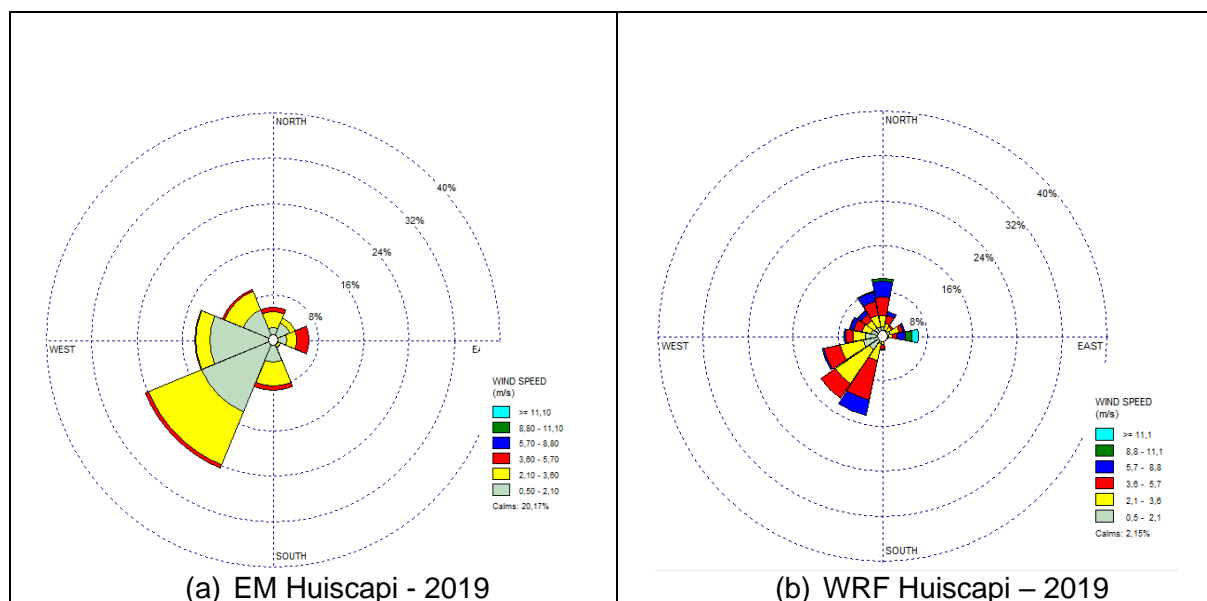


Figura Nº 46. Rosa de los vientos Estación Huiscapi.

7.2.4 Gráficos Ciclos estacionales

En las figuras siguientes se muestran las variaciones de la velocidad y dirección del viento, en forma diaria y estacional. De los gráficos se puede concluir que el modelo de pronóstico WRF presenta valores similares a los observados, dado el mismo patrón de velocidades en forma horaria y mensual.

En referencia al patrón de las velocidades de viento, se observa que ambos modelos presentan una velocidad promedio de 1,0 a 3,0 m/s durante el día. Durante los meses de primavera y verano el modelo WRF y los datos observados presentan el mismo patrón de velocidades aumentando durante el día y disminuyendo en la noche. En los meses de invierno, los datos observados alcanzan velocidades de 1,0 a 2,5 m/s en las horas de la tarde mientras que los datos modelados alcanzan velocidades de 3,0 a 5,0 m/s.

Respecto a la dirección del viento a lo largo del año se observan direcciones similares durante los meses de primavera y verano, principalmente hacia el sur y suroeste. En los meses de mayo a Julio, periodo en que aumenta la inestabilidad el WRF muestra direcciones hacia el norte, sur y oeste, mientras que los datos observados indican similar intermitencia.

La diferencia entre los datos observados y modelados se debe principalmente a las velocidades de viento en donde el archivo WRF sobrestima los vientos provenientes del sur y norte en $\pm 3,0$ m/s.

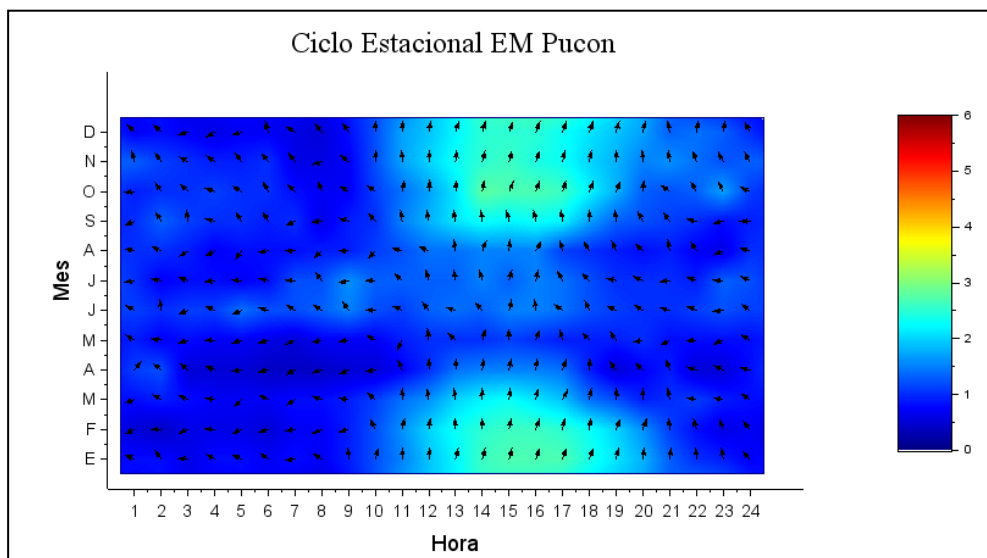


Figura Nº 47. Variación estacional de velocidad y dirección de viento EM Pucón.

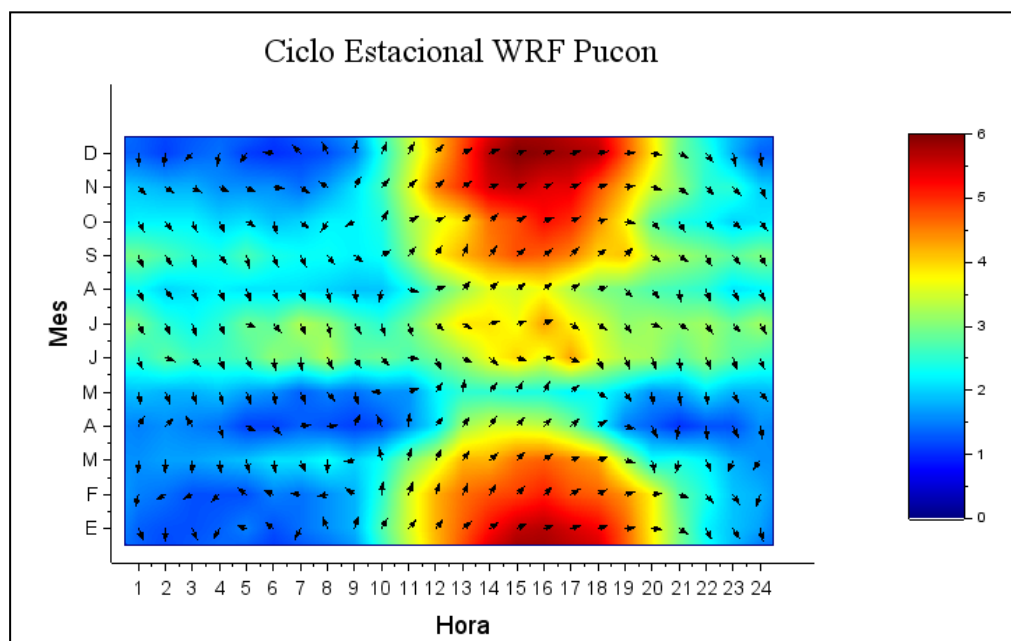


Figura Nº 48. Variación estacional de velocidad y dirección de viento WRF Pucón.

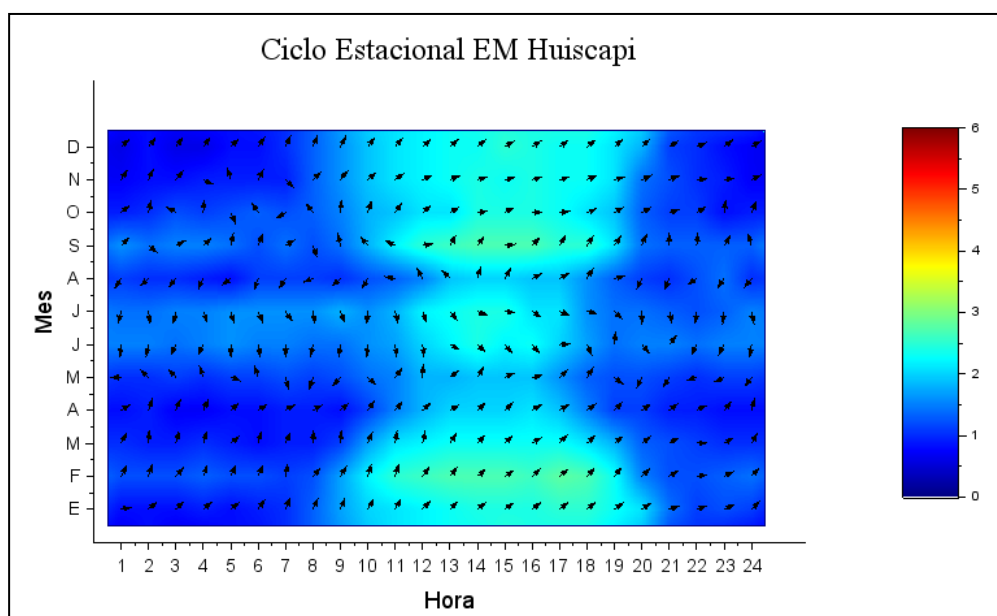


Figura N° 49. Variación estacional de velocidad y dirección de viento EM Huisapi.

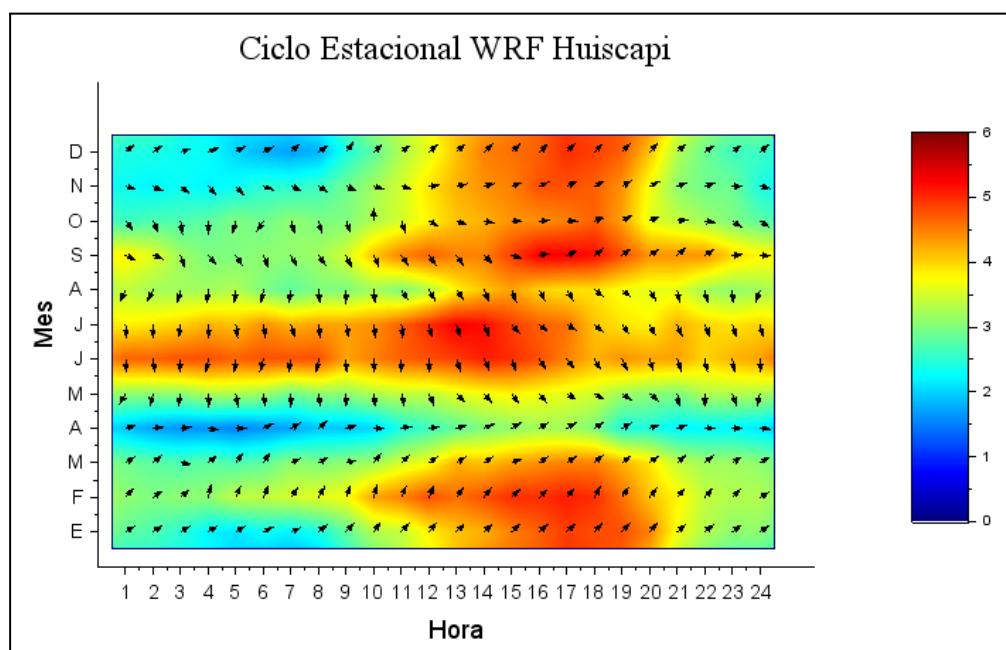


Figura N° 50. Variación estacional de velocidad y dirección de viento WRF Huisapi.

7.2.5 Análisis Cuantitativo

El análisis de los registros de dirección y velocidad de viento se realizó comparando el ciclo diario, ciclos estacionales, gráficos de distribución y rosa de los vientos. Además, se realizó un análisis numérico de los promedios diarios de acuerdo a las recomendaciones de la guía EPA para el uso de modelos numéricos del tiempo en Calpuff³⁷, cuyos resultados se presentan en

³⁷ PRELIMINARY Draft Users Manual, The MMIFstat Statistical Analysis Package. Sección 2.2.

la tabla a continuación. De los valores recomendados, el modelo WRF cumple con la mayoría, exceptuando a algunos muy cercanos a la recomendación.

Tabla N° 17. Análisis estadístico.

Parámetro	Variable Estadística	Pucón		Huiscapi	
		Horario	Diario	Horario	Diario
Velocidad	RMSE	2,81	2,37	2,56	1,97
	BIAS	2,02	1,53	1,31	1,25
Dirección	BIAS	20,93	34,65	0,03	-1,29
Temperatura	BIAS	1,24	1,08	1,08	1,08

Conclusión

De acuerdo a las comparaciones realizadas en forma cualitativa (de ciclo diario, promedio mensual rosa de los vientos y ciclos estacionales), y cuantitativa para los parámetros temperatura, velocidad y dirección de viento para ambas estaciones, se puede indicar que el modelo WRF sobreestima los vientos provenientes del norte. Sin embargo, los datos observados presentan valores y patrones similares, que permiten indicar que los datos WRF se ajustan a la realidad y pueden ser utilizados en la modelación.