



INFORME

Estudio de Impacto Odorante “Plantel de Cerdos San Agustín del Arbolito”

Coexca S.A.

29 de junio del 2020
Inf01E02.O-21-038



MEDICIONES EN
FUENTES FIJAS



INGENIERÍA EN
PROCESOS TÉRMICOS



INGENIERÍA
ACÚSTICA



INGENIERÍA
EN OLORES



Avenida Inglesa 55
Concepción, Chile

Fonos: +56 41 383 82 00
+56 41 233 14 12

proterm@proterm.cl
www.proterm.cl



Datos del Proyecto

Empresa : Coexca S.A.

Plantel : San Agustín del Arbolito.

Coordinador : César Contreras

Subgerente Ing. Olores : Miguel Gatica Rivera

Jefe de Proyecto : Claudio Burdiles Melgarejo (CBM).

Ingeniero de Proyecto : Claudio Burdiles Melgarejo (CBM).

Fecha : 29 de junio del 2021.

Emisión	Datos	Preparó	Revisó	Aprobó
Rev0. Final	Nombre	CBM	MGR	MGR
	Fecha	29-06-2021	29-06-2021	29-06-2021

Índice General

1 Resumen	8
2 Introducción	13
3 Objetivos General	15
3.1 Objetivos específicos	15
4 Metodología	15
4.1 Caracterización de las fuentes de emisión de olor	15
4.2 Estimación de concentración y emisiones de olor	16
4.3 Evaluación de la dispersión de las emisiones de olor	17
4.3.1 Selección del modelo	17
4.3.2 Recopilación de los antecedentes para la modelación	18
4.3.3 Variables meteorológicas y geofísicas	18
4.3.4 Evaluación de los resultados	19
4.3.5 Área de Influencia y receptores de interés	19
4.4 Evaluación del desempeño del archivo de pronóstico utilizado	20
5 Resultados	21
5.1 Caracterización de las fuentes de emisión	21
5.2 Emisiones de olor	24
5.2.1 Emisiones del plantel de cerdos San Agustín del Arbolito	24
5.2.2 Emisiones escenarios	28
5.2.3 Características fuentes de emisión	29
5.3 Evaluación de la dispersión de olores del plantel de cerdos	31
5.3.1 Resultados emisión de olor del plantel	31
5.3.2 Receptores discretos considerados en la modelación	35
5.4 Análisis del desempeño del archivo de pronóstico utilizado	41
6 Conclusiones	43
7 Anexos	44
7.1 Anexo N°1. Esquema de funcionamiento Calpuff y elementos de modelación	44
7.2 Anexo N°2. Análisis de receptores	48
7.3 Anexo N°3. Descripción meteorológica y geofísica de la zona (2018)	53
7.3.1 Cantidad de datos	53
7.3.2 Gráficos Ciclo diario	56
7.3.3 Gráficos Distribución de Vientos	60
7.3.4 Rosa de los vientos	61
7.3.5 Gráficos ciclo estacional	63
7.3.6 Elevación de Terreno	65
7.4 Anexo N°4. Descripción meteorológica y geofísica de la zona (2019)	67
7.4.1 Cantidad de datos	67
7.4.2 Gráficos Ciclo diario	70
7.4.3 Gráficos Distribución de Vientos	74
7.4.4 Rosa de los vientos	75

7.4.5	Gráficos ciclo estacional	77
7.5	Anexo N°5. Análisis incertidumbre (2018)	80
7.5.1	Ciclos Diarios promedios	81
7.5.2	Promedio Mensuales	84
7.5.3	Dirección de viento.....	87
7.5.4	Análisis cuantitativo.....	88
7.6	Anexo N°6. Análisis incertidumbre.....	89
7.6.1	Ciclos Diarios promedios	90
7.6.2	Promedio Mensuales	93
7.6.3	Dirección de viento.....	96
7.6.4	Análisis cuantitativo.....	96

Índice de Tablas

Tabla N° 1.	Emisión de fuentes de pabellones plantel.....	9
Tabla N° 2.	Concentración receptores. Percentil 98.	11
Tabla N° 3.	Emisiones de referencia.	16
Tabla N° 4.	Variables de entrada consideradas en la modelación	18
Tabla N° 5.	Características del archivo meteorológico WRF.	19
Tabla N° 6.	Descripción fuentes generadoras de olor del plantel de Cerdos – San Agustín del Arbolito.	21
Tabla N° 7.	Coordenadas de referencia de los sectores modelados.	22
Tabla N° 8.	Emisión de olor plantel de cerdos San Agustín del Arbolito.	24
Tabla N° 9.	Emisión de olor de los pabellones medidas en 2019.	25
Tabla N° 10.	Emisión de olor de los pabellones estimada.	26
Tabla N° 11.	Emisión de los pabellones 7 y 8 con acumulación de purines.	26
Tabla N° 12.	Emisión de zona de transferencia.	27
Tabla N° 13.	Emisión de olor Biodigestor abierto.	27
Tabla N° 14.	Emisión de fuentes de pabellones plantel.....	28
Tabla N° 15.	Características pabellones.	29
Tabla N° 16.	Máxima concentración del plantel de cerdos. Escenario N°1	32
Tabla N° 17.	Receptores circunscritos en el área de influencia.....	34
Tabla N° 18.	Receptores identificados en la caracterización de receptores.....	35
Tabla N° 19.	Concentración receptores. Percentil 98.	38
Tabla N° 20.	Protocolo FIDOL en base a receptores definidos.	40
Tabla N° 21.	Dimensiones de los pabellones.....	46
Tabla N° 22.	Datos estaciones meteorológicas consideradas.....	53
Tabla N° 23.	Datos válidos estación meteorológica Campanacura.	54
Tabla N° 24.	Datos válidos estación meteorológica Linares.	56
Tabla N° 25.	Datos estaciones meteorológicas consideradas.....	67
Tabla N° 26.	Datos válidos estación meteorológica Campanacura.	68
Tabla N° 27.	Datos válidos estación meteorológica Linares.	70
Tabla N° 28.	Análisis cuantitativo.....	88
Tabla N° 29.	Análisis cuantitativo.....	97

Índice de Figuras

Figura N° 1.	Mapa de concentración de olor generado por las fuentes de emisión del plantel de cerdos (Percentil 98).....	10
Figura N° 2.	Área del estudio de impacto odorante.	13
Figura N° 3.	Diagrama metodología de caracterización de olor.	17

Figura Nº 4. Fuentes consideradas en el estudio.	23
Figura Nº 5. Mapa de concentración de olor generado por las fuentes de emisión del plantel de cerdos. Promedio horario (percentil 98).	32
Figura Nº 6. Área de Influencia del plantel de cerdos.	33
Figura Nº 7. Receptores de interés analizados.	37
Figura Nº 8. Mapa de horas sobre 3 OUE/m ³ generado por las fuentes de emisión del plantel de cerdos. Promedio horario (percentil 98).	39
Figura Nº 9. Clasificación Nº de receptores de acuerdo a la cantidad de horas sobre 3 OUE/m ³	40
Figura Nº 10. Estación Meteorológica utilizada en el Análisis de Incertidumbre.	42
Figura Nº 11. Esquema funcionamiento CALPUFF.	44
Figura Nº 12. Esquema efecto downwash.	45
Figura Nº 13. Esquema de los pabellones considerados.	46
Figura Nº 14. Concentraciones horarias (OUE/m ³), Distribución mensual. Receptor Nº6.	48
Figura Nº 15. Concentraciones horarias (OUE/m ³), Distribución horaria. Receptor Nº6.	49
Figura Nº 16. Concentraciones horarias (OUE/m ³), Distribución mensual. Receptor Nº7.	49
Figura Nº 17. Concentraciones horarias (OUE/m ³), Distribución horaria. Receptor Nº7.	50
Figura Nº 18. Concentraciones horarias (OUE/m ³), Distribución mensual. Receptor Nº21.	50
Figura Nº 19. Concentraciones horarias (OUE/m ³), Distribución horaria. Receptor Nº21.	51
Figura Nº 20. Concentraciones horarias (OUE/m ³), Distribución mensual. Receptor Nº22.	51
Figura Nº 21. Concentraciones horarias (OUE/m ³), Distribución horaria. Receptor Nº22.	52
Figura Nº 22. Serie de tiempo velocidad de viento – datos observados estación Campanacura – año 2018.	53
Figura Nº 23. Serie de tiempo dirección de viento – datos observados estación Campanacura – año 2018.	54
Figura Nº 24. Serie de tiempo temperatura – datos observados estación Campanacura – año 2018.	54
Figura Nº 25. Serie de tiempo velocidad de viento – datos observados estación Linares – año 2018.	55
Figura Nº 26. Serie de tiempo dirección de viento – datos observados estación Linares – año 2018.	55
Figura Nº 27. Serie de tiempo temperatura – datos observados estación Linares – año 2018.	56
Figura Nº 28. Ciclo diario para velocidad de viento Campanacura.	57
Figura Nº 29. Ciclo diario para velocidad de viento Linares.	57
Figura Nº 30. Ciclo diario para dirección de viento estación Campanacura.	58
Figura Nº 31. Ciclo diario para dirección de viento estación Linares.	58
Figura Nº 32. Ciclo diario para temperatura estación Campanacura.	59
Figura Nº 33. Ciclo diario para temperatura estación Linares.	59
Figura Nº 34. Distribución velocidades de viento estación Campanacura.	60
Figura Nº 35. Distribución velocidades de viento estación Linares.	60
Figura Nº 36. Rosa de los vientos Anual. Estación Campanacura.	61
Figura Nº 37. Rosa de los vientos Anual. Estación Linares.	61
Figura Nº 38. Rosa de los vientos por estación del año.	63
Figura Nº 39. Ciclos estacionales – datos observados estación Campanacura – Año 2018.	64
Figura Nº 40. Ciclos estacionales – datos observados estación Linares – Año 2018.	65
Figura Nº 41. Elevación de terreno archivo WRF.	66
Figura Nº 42. Serie de tiempo velocidad de viento – datos observados estación Campanacura – año 2019.	67
Figura Nº 43. Serie de tiempo dirección de viento – datos observados estación Campanacura – año 2019.	68
Figura Nº 44. Serie de tiempo temperatura – datos observados estación Campanacura – año 2019.	68
Figura Nº 45. Serie de tiempo velocidad de viento – datos observados estación Linares – año 2019.	69
Figura Nº 46. Serie de tiempo dirección de viento – datos observados estación Linares – año 2019.	69
Figura Nº 47. Serie de tiempo temperatura – datos observados estación Linares – año 2019.	70
Figura Nº 48. Ciclo diario para velocidad de viento Campanacura.	71
Figura Nº 49. Ciclo diario para velocidad de viento Linares.	71
Figura Nº 50. Ciclo diario para dirección de viento estación Campanacura.	72
Figura Nº 51. Ciclo diario para dirección de viento estación Linares.	72

Figura Nº 52. Ciclo diario para temperatura estación Campanacura.	73
Figura Nº 53. Ciclo diario para temperatura estación Linares.	73
Figura Nº 54. Distribución velocidades de viento estación Campanacura.	74
Figura Nº 55. Distribución velocidades de viento estación Linares.	74
Figura Nº 56. Rosa de los vientos Anual. Estación Campanacura.	75
Figura Nº 57. Rosa de los vientos Anual. Estación Linares.	75
Figura Nº 58. Rosa de los vientos por estación del año.	77
Figura Nº 59. Ciclos estacionales – datos observados estación Campanacura – Año 2019.	78
Figura Nº 60. Ciclos estacionales – datos observados estación Linares – Año 2019.	79
Figura Nº 61. Comparación ciclo diario de velocidad de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.	81
Figura Nº 62. Comparación ciclo diario de velocidad de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Linares.	81
Figura Nº 63. Comparación ciclo diario de dirección de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.	82
Figura Nº 64. Comparación ciclo diario de dirección de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Linares.	82
Figura Nº 65. Comparación ciclo diario de temperatura entre los datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.	83
Figura Nº 66. Comparación ciclo diario de temperatura entre los datos observados y proyectados para la estación de Linares.	83
Figura Nº 67. Comparación moda mensual de velocidad de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.	84
Figura Nº 68. Comparación moda mensual de velocidad de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Linares.	84
Figura Nº 69. Comparación moda mensual de dirección de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.	85
Figura Nº 70. Comparación moda mensual de dirección de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Linares.	85
Figura Nº 71. Comparación moda mensual de temperatura entre los datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.	86
Figura Nº 72. Comparación moda mensual de temperatura entre los datos observados y proyectados para la estación de Linares.	86
Figura Nº 73. Comparación Rosas de viento.	87
Figura Nº 74. Comparación ciclo diario de velocidad de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.	90
Figura Nº 75. Comparación ciclo diario de velocidad de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Linares.	90
Figura Nº 76. Comparación ciclo diario de dirección de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.	91
Figura Nº 77. Comparación ciclo diario de dirección de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Linares.	91
Figura Nº 78. Comparación ciclo diario de temperatura entre los datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.	92
Figura Nº 79. Comparación ciclo diario de temperatura entre los datos observados y proyectados para la estación de Linares.	92
Figura Nº 80. Comparación moda mensual de velocidad de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.	93
Figura Nº 81. Comparación moda mensual de velocidad de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Linares.	93
Figura Nº 82. Comparación moda mensual de dirección de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.	94
Figura Nº 83. Comparación moda mensual de dirección de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Linares.	94



Figura Nº 84. Comparación moda mensual de temperatura entre los datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.....	95
Figura Nº 85. Comparación moda mensual de temperatura entre los datos observados y proyectados para la estación de Linares.....	95
Figura Nº 86. Comparación Rosas de viento.....	96

1 Resumen

En el marco del programa de cumplimiento del plantel de cerdos San Agustín del Arbolito, Agrícola Coexca S.A solicitó los servicios de Proterm S.A para llevar a cabo un Estudio de Impacto Odorante, con el objetivo de determinar y/o descartar posible afectación a la calidad de vida de las personas, producto de la operación del plantel durante el periodo de imputación de cargos.

El plantel ubicado en la comuna de San Javier, provincia de Linares, región del Maule, posee resoluciones exentas de calificación ambiental N°225/2019 y N°165/2008 que considera la operación de 24 pabellones de recría y finalización de cerdos.

El objetivo del presente informe fue evaluar el efecto de las emisiones de olor en el escenario pasado del plantel San Agustín del arbolito, en el periodo de julio 2018 a septiembre 2019. En las fechas indicadas, el plantel contaba con la operación de 24 pabellones de recría y finalización, una laguna de acumulación de efluente tratado sin cobertura, un filtro parabólico sin cobertura, el uso de una cancha de acopio de fracción sólida. En este periodo no se había implementado aún la aplicación del efluente tratado en la zona de riego de 150 ha.

Por otro lado, durante el 21 de enero al 5 de febrero, se produjo una contingencia en el digestor que implicó liberaciones del gas contenido en el gasómetro y la membrana interna, y debido a las labores de reparación, se mantuvo el biodigestor de manera expuesta mientras se hacía la evacuación del contenido.

Para determinar las emisiones de olor del plantel se utilizaron emisiones de referencia mediante muestreo estático bajo la NCh N°3386:2015 y N°3431:2020, para posteriormente realizar un análisis olfatómico bajo la NCh N°3190:2010 en el laboratorio de Proterm S.A. Las mediciones en el plantel se realizaron entre los años 2019 y 2020, y las fuentes que se consideraron fueron los pabellones, laguna de acumulación, zona de transferencia y el biodigestor.

Por otro lado, para estimar las emisiones de las fuentes no medidas, se homologaron emisiones de planteles similares para las siguientes áreas: Zona de acopio de fracción sólida del Plantel Monte Verde Bajo (Tucapel, Región del BioBío, Año 2020) y Filtro parabólico del Plantel La Islita (Isla de Maipo, Región Metropolitana, Año 2020).

En el presente estudio de Impacto Odorante se analizó el efecto de las emisiones en el escenario N°1, de acuerdo a lo solicitado por la SMA: (1) Escenario pasado que considera la emisión de los pabellones de cerdos (etapa engorda-recría), zona de transferencia, laguna de acumulación de efluente tratado, filtro parabólico, zona de acopio de fracción sólida y los efectos de la contingencia del Biodigestor.

Los cambios y observaciones solicitados por la SMA fueron acogidos y se realizó un nuevo modelo que considera: (1) el periodo transcurrido de julio 2018 a septiembre 2019; (2) Las emisiones del biodigestor se homologaron al pabellón con las emisiones más altas, (3) Se considera la acumulación de purines en los pabellones hasta el 15 de febrero, (4) Se aumentó la tasa de emisión de la laguna en un factor de dos considerando los residuos acumulados sin tratar.

Tabla Nº 1. Emisión de fuentes de pabellones plantel.

Fuentes	Emisión (OU _E /h x 10 ⁶)	
	Día	Noche
Pabellón Cerdos edad 146-186 días	79,4	58,4
Pabellón Cerdos edad 110-122 días	50,0	16,3
Pabellón Cerdos edad 64-70 días	14,0	14,0
Pabellón Cerdos edad 23-37 días	2,9	2,9
Pabellón 7 y 8 con purín acumulado ¹	83,4	61,4
Zona de Transferencia	6,0	
Laguna acumulación efluente tratado (sin residuos sin tratar / con residuos sin tratar) ²	37,0 / 73,9	
Cancha de acopio fracción sólida	1,2	
Filtro Parabólico	0,5	
Biodigestor (Abierto) ³	72,8	
Biodigestor (Ventilación gasómetro y membrana)	72,8	

Una vez obtenida la tasa de emisiones de olor (OU_E/h), estas fueron ingresadas a un modelo de dispersión atmosférica Calpuff para obtener las concentraciones (inmisión) de olor. Los resultados de las concentraciones de olor (OU_E/m³) arrojadas por el modelo de dispersión, fueron comparados con el límite establecido en la RCA 229/2019 de 3 OU_E/m³ (Percentil 98).

En el escenario evaluado, que consideró la operación del plantel en conjunto con la contingencia del biodigestor, la dispersión de las emisiones de olor del plantel de cerdos generaron un área de influencia de un total de 33,5 km², distribuyéndose en forma ovalada de centro en los pabellones con tendencia hacia el noreste, con una longitud aproximada de 4,6 km desde los pabellones El área circunscrita por 1 OU_E/m³, establecida en la “Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en SEIA” del año 2017, indica la concentración en donde el 50% de la población puede comenzar a detectar un olor.

¹ De acuerdo a lo informado por el titular, los pabellones 7 y 8 presentaban una sobreacumulación máxima al 15 de febrero de 105%. El resto de los pabellones mantiene su curso normal, liberando las fosas una vez terminado el ciclo.

² Se asume un factor de 2 que considera la acumulación de residuos sin tratar.

³ Se asume una emisión de referencia igual al pabellón más alto de 16,67 OU_E/m²s (79,4 * 10⁶ OU_E/h en una superficie de 1.323 m²).

En las comunidades cercanas se alcanzan concentraciones que van entre 0,16 y 14,12 OU_E/m^3 . De los 57 receptores identificados en la RCA N°229/2019, 11 de ellos superaron la concentración de 3 OU_E/m^3 (percentil 98), mientras que 46 se encuentran bajo este límite.

Finalmente, de los 57 receptores evaluados, 46 de ellos tienen menos 219 horas sobre las 3 OU_E/m^3 . (2% de las horas del periodo considerado), cumpliendo con el límite de referencia (3 OU_E/m^3 (percentil 98), 4 receptores entre 220 a 500 horas (2%-5%), 5 receptores entre 501 a 800 horas (5%-7%) y 2 receptores entre 801 a 1502 horas (7%-14%), los cuales equivalen a que (11) receptores no cumplen con el límite de referencia.

Con base a lo mencionado anteriormente, en la siguiente Tabla, se presenta en forma detallada los resultados en los 57 receptores.

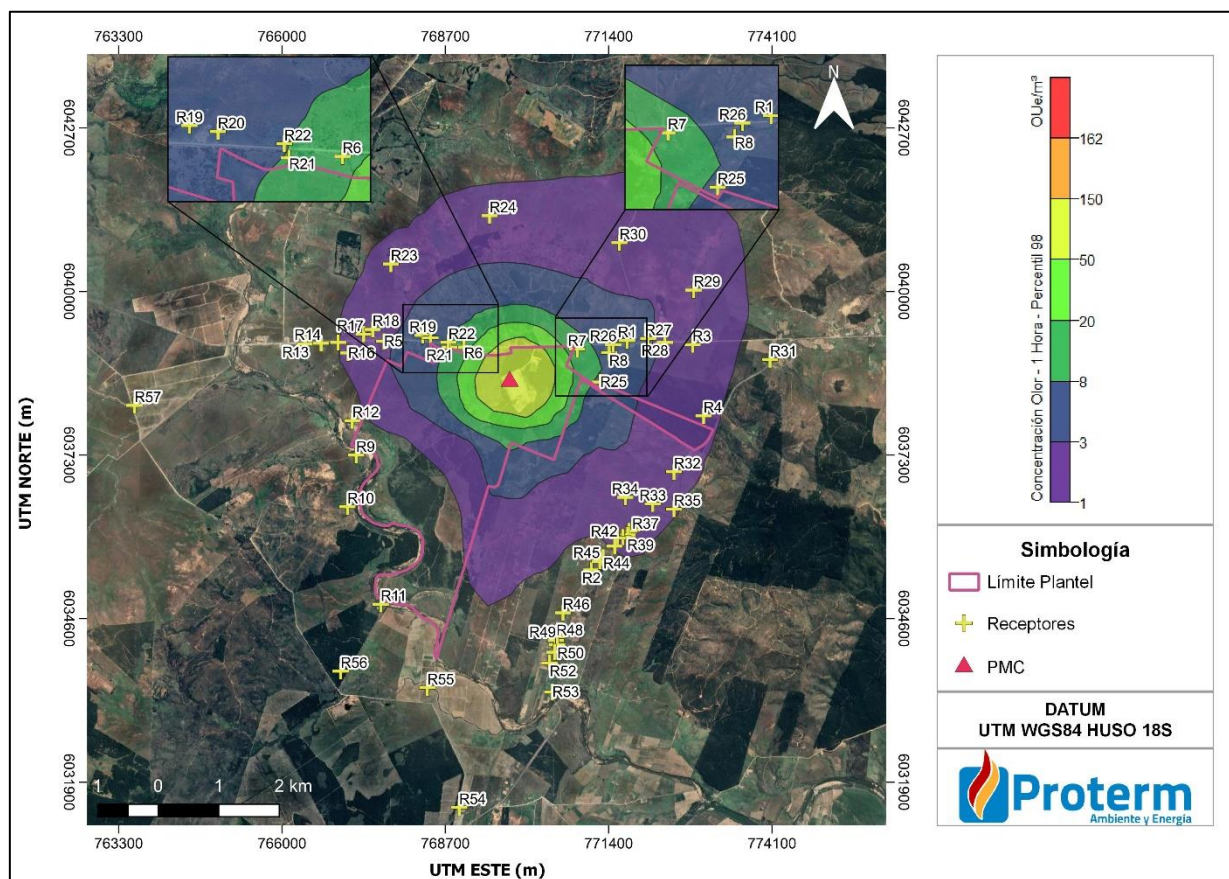


Figura N° 1. Mapa de concentración de olor generado por las fuentes de emisión del plantel de cerdos (Percentil 98).

Tabla Nº 2. Concentración receptores. Percentil 98.

Nº	Descripción	Concentración de inmisión (OU _E /m ³)	Límite inmisión (RCA 229/2019)	Horas sobre 3 OU _E /m ³ (% horas periodo)
R1	Vivienda Habitacional	4,31	3	498 (4,54%)
R2	Habitacional, actividades agropecuarias, infraestructura productiva.	0,65		13 (0,12%)
R3	Habitacional	1,83		36 (0,33%)
R4	Habitacional, infraestructura agropecuaria y venta de carbón de pino.	1,22		4 (0,04%)
R5	Habitacional	2,62		164 (1,50%)
R6	Habitacional	14,12		923 (8,42%)
R7	Habitacional	12,85		1502 (13,69%)
R8	Infraestructura productiva (galpón)	5,46		776 (7,08%)
R9	Habitacional, 2 viviendas e infraestructura productiva (corral).	0,66		1 (0,01%)
R10	Habitacional	0,80		2 (0,02%)
R11	Habitacional	0,26		0 (0,00%)
R12	Habitacional	0,77		12 (0,11%)
R13	Actividad agropecuaria e infraestructura productiva	0,49		1 (0,01%)
R14	Infraestructura productiva (galpón o establo)	0,69		3 (0,03%)
R15	Actividad pecuaria a pequeña escala	1,00		8 (0,07%)
R16	Habitacional, 8 viviendas en total, algunas con actividad pecuaria a pequeña escala	1,20		9 (0,08%)
R17	Sin moradores, aparentemente segunda vivienda	1,58		38 (0,35%)
R18	Sin moradores, aparentemente segunda vivienda	2,12		95 (0,87%)
R19	Sin moradores, aparentemente segunda vivienda	4,14		355 (3,24%)
R20	Sin moradores, aparentemente segunda vivienda	4,71		417 (3,80%)
R21	Sin moradores	8,37		633 (5,77%)
R22	Sin moradores	7,50		578 (5,27%)
R23	No es visible desde camino público	1,65		50 (0,46%)
R24	No es visible desde camino público	1,56		57 (0,52%)
R25	Sin moradores, maquinaria agrícola	6,31		789 (7,19%)
R26	Galpón y animales	5,41		748 (6,82%)
R27	Habitacional con actividad pecuaria a pequeña escala	3,19		253 (2,31%)
R28	Abandonada	2,64		162 (1,48%)
R29	Habitacional, cuidador de fundo de viña y crianza de ganado	1,86		52 (0,47%)
R30	Habitacional, crianza de ganado	1,80		40 (0,36%)
R31	Habitacional y almacén	0,68		0 (0,00%)

Nº	Descripción	Concentración de inmisión (OU _E /m ³)	Límite inmisión (RCA 229/2019)	Horas sobre 3 OU _E /m ³ (% horas periodo)
R32	Galpón de ovejas	1,38		16 (0,15%)
R33	Habitacional	1,39		25 (0,23%)
R34	Habitacional	1,86		69 (0,63%)
R35	Habitacional	1,07		4 (0,04%)
R36	Habitacional	1,24		23 (0,21%)
R37	Habitacional	1,25		25 (0,23%)
R38	Habitacional, crianza de gallinas	1,30		29 (0,26%)
R39	Almacén	1,20		24 (0,22%)
R40	Habitacional, 5 viviendas	1,20		25 (0,23%)
R41	Habitacional, 3 viviendas	1,16		22 (0,20%)
R42	Habitacional	1,15		20 (0,18%)
R43	Habitacional, apicultura y servicios de podología y costura	1,00		18 (0,16%)
R44	Habitacional	0,79		15 (0,14%)
R45	Habitacional	0,74		14 (0,13%)
R46	Habitacional, venta de carbón, miel y pequeña agricultura	0,59		15 (0,14%)
R47	Habitacional, 5 viviendas	0,59		13 (0,12%)
R48	Parcelación "Doña Matilde"	0,58		11 (0,10%)
R49	Habitacional, 2 viviendas. Restaurant que ofrece venta de verduras y frutas	0,57		10 (0,09%)
R50	Habitacional, una deshabitada y otra nueva	0,54		10 (0,09%)
R51	Habitacional, 4 viviendas e infraestructura productiva	0,55		7 (0,06%)
R52	Habitacional, 2 viviendas. Parcela con producción de vino y venta de carbón	0,55		6 (0,05%)
R53	Habitacional, 11 viviendas e infraestructura productiva	0,47		3 (0,03%)
R54	Viña "Doña Aurora"	0,31		0 (0,00%)
R55	"Fundo con vivienda e infraestructura productiva.	0,34		0 (0,00%)
R56	Fundo con producción de uvas orgánicas para vino. Presencia actividad agropecuaria (burros)	0,16		0 (0,00%)
R57	Habitacional, 4 viviendas	0,18		0 (0,00%)

2 Introducción

En el marco de una presentación del programa de cumplimiento del plantel de cerdos San Agustín del Arbolito, Agrícola Coexca S.A solicitó los servicios de Proterm S.A para llevar a cabo un Estudio de Impacto Odorante, con el objetivo de determinar y/o descartar posible afectación a la calidad de vida de las personas, producto de la operación pasada del plantel entre los periodos de julio de 2018 y septiembre de 2019, ubicado en la comuna de San Javier, provincia de Linares, región del Maule. El actual plantel posee resoluciones exentas de calificación ambiental N°225/2019 y N°165/2008 que considera la operación de 24 pabellones de recría y finalización de cerdos, una zona de transferencia, un biodigestor, laguna de acumulación de efluente líquido tratado y una zona de aplicación del efluente tratado de 150 has.

A continuación, se detalla la ubicación espacial del área de estudio considerada para el estudio de impacto odorante.

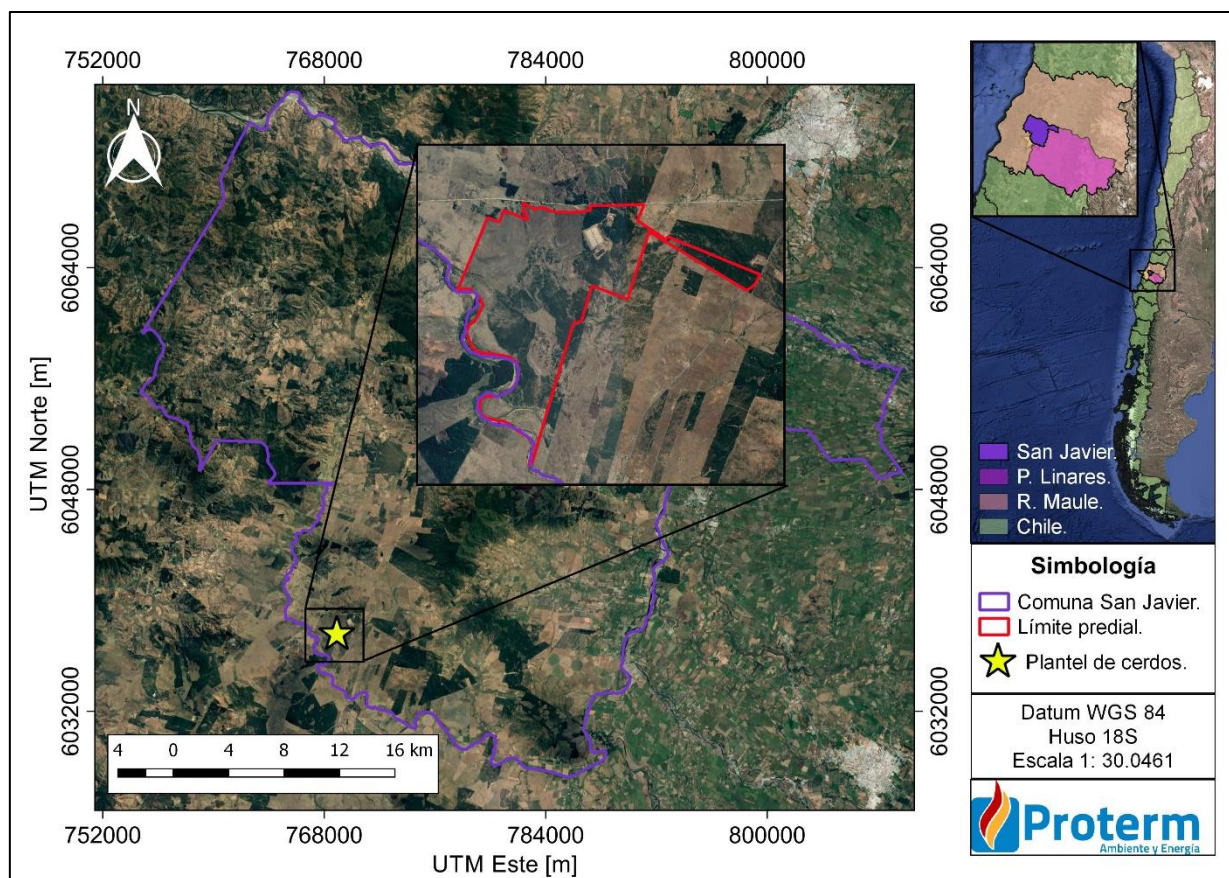


Figura Nº 2. Área del estudio de impacto odorante.

El presente informe evalúa la dispersión de las emisiones de olor pasadas de las instalaciones del plantel de cerdos de San Agustín del Arbolito en el periodo de julio 2018 a septiembre 2019.

El estudio de Impacto Odorante analizó la emisión de los pabellones de cerdos (etapa engorda-recría), zona de transferencia, laguna de acumulación de efluente tratado, cancha de acopio de fracción sólido filtro parabólico y las contingencias del biodigestor.

Junto a lo anterior se ingresaron los siguiente cambios solicitados por la SMA:

- i. En consideración a que el hecho imputado consiste en la construcción y operación del proyecto sin contar con resolución de calificación ambiental previa, y que la RCA N° 225/2019 se encuentra vigente desde octubre de 2019, el periodo de operación sin contar con RCA (escenario 1) deberá considerar al menos el tiempo transcurrido entre julio de 2018 y septiembre de 2019.
- ii. En la modelación o estimaciones correspondientes al escenario 1, respecto de la contingencia consistente en la abertura de la membrana, para su estimación deberá homologarse a la emisión equivalente a los pabellones con tasa de emisión más alta.
- iii. Deberá considerar en la modelación la acumulación de purines en los planteles hasta el día 6 de febrero de 2019, y en los pabellones 7 y 8 hasta el 15 de febrero, y que recién a partir del 08 de febrero de 2019 se aplicaron productos químicos para el encapsulamiento de olores en los purines.
- iv. También deberá considerar en la modelación que, en parte del periodo considerado en el escenario 1, en la laguna fueron acumulados residuos sin tratar, por lo que no es posible considerar emisiones similares en ambos escenarios desde la laguna de acumulación.

3 Objetivos General

Evaluar el efecto las emisiones de olor generadas, durante el periodo de julio 2018 a septiembre 2019, por el Plantel de Cerdos – San Agustín del Arbolito, sobre la salud de la población cercana, sistema de vida, costumbres, población protegida y turismo.

3.1 Objetivos específicos

- Determinar la tasa de emisión de olor de las fuentes.
- Determinar la dispersión de las emisiones de olor del plantel de cerdos San Agustín del Arbolito.
- Comparar los valores de concentración de inmisión de olor, establecido en la RCA 229/2019.

4 Metodología

A continuación, se presenta la metodología utilizada que permitió evaluar el efecto de las emisiones de olor del plantel de cerdos San Agustín del Arbolito del periodo julio 2018 a septiembre 2019.

4.1 Caracterización de las fuentes de emisión de olor.

Para poder caracterizar las fuentes generadoras de olor pasadas del plantel, se utilizaron las siguientes metodologías:

- Detección satelital: mediante Google Earth Pro⁴, se identificaron las superficies de las fuentes generadoras de emisión y la distancia de los receptores con respecto al plantel.
- Muestreo de olor: Durante el año 2019 y 2020 se realizaron muestreos en el plantel de cerdos con su posterior análisis olfatométrico, con la finalidad de obtener la concentración de olor y con ello la emisión generada por las fuentes en los pabellones, laguna de acumulación, biodigestor y zona de transferencia. Además, el 15 mayo de 2020 se realizó la medición de la zona de acopio de cama caliente, en el plantel Monte verde Bajo y el 08 de julio de 2020 el filtro parabólico en el plantel La Islita.
- Revisión bibliográfica: fue necesario revisar en el Servicio de Evaluación Ambiental, el estudio de impacto odorante de la DIA “Optimización del sistema de manejo de purines del primer grupo de 24 pabellones del plantel porcino de 10 mil madres, San Agustín del Arbolito” RCA 229/2019.
- Solicitud de información al cliente: donde se especifican periodos de funcionamiento de las fuentes, dimensiones, características y receptores.

⁴ Versión 7.1.5.1557 de Google Earth

4.2 Estimación de concentración y emisiones de olor

Para determinar las emisiones de olor del plantel se utilizaron emisiones de referencia de muestreos realizados en el plantel San Agustín del Arbolito, Monte Verde Bajo y La Islita. Para lo anterior se realizó un muestreo bajo la NCh N°3386:2015 y NCh N°3431:2020, para posteriormente realizar un análisis olfatométrico acorde a la NCh N°3190:2010 en el laboratorio de Proterm. La toma de muestra de las emisiones de referencia se detalla a continuación:

Tabla N° 3. Emisiones de referencia.

Fuente	Fecha	Plantel	Ubicación	Informe
Pabellones	14-05-2019 17-06-2019	San Agustín del Arbolito	San Javier, Región del Maule	InfA-O-19-021
Laguna de acumulación de efluente tratado.	14-05-2019	San Agustín del Arbolito	San Javier, Región del Maule	Inf03E01.O-19-021
Biodigestor	Homologado al pabellón más alto de acuerdo a lo solicitado por la SMA.			
Zona de transferencia	17-03-2020	San Agustín del Arbolito	San Javier, Región del Maule	Inf01E01.O-20-07
Cancha de acopio de fracción sólida	15-05-2020	Monte Verde Bajo	Tucapel, Región del BioBío	Inf03E01-O-20-012
Filtro Parabólico	06-08-2020	La Islita	Isla de Maipo, Región Metropolitana	Inf03E01-O-20-025

Cabe destacar que las emisiones de olor fueron calculadas a partir del siguiente procedimiento:

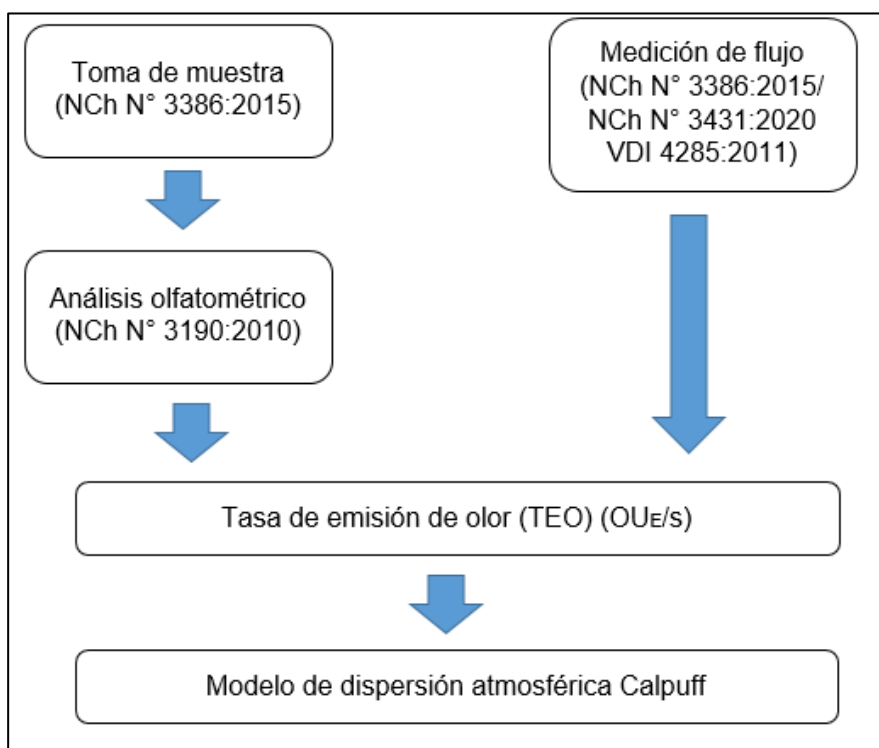


Figura Nº 3. Diagrama metodología de caracterización de olor.

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 rápido⁵.

⁵ Guía para el uso de modelos de calidad del aire, 2012

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 se detallan a continuación.

Tabla N° 4. 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 y es mantenido por NCAR9/NOAA10 de Estados Unidos.
	Velocidad de Viento	
	Temperatura	
	Presión	
	Precipitación	
Geofísicas	Elevación del Terreno	
	Uso de Suelo	
Características de la fuente	Descripción del proceso	Información de fuentes consideradas en el escenario evaluado.
	Emisiones de olor	
	Periodo de operación	
	Temperatura de los gases	
	Ubicación de las fuentes	
	Velocidad de salida de los gases	
Receptores Discretos	Coordenadas de los receptores	Se definieron los poblados cercanos al plantel, y los ubicados en el interior de la superficie del área de influencia del proyecto. Cabe destacar que los receptores fueron proporcionados por el titular del proyecto.

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 San Javier. 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 500 metros. En la tabla N°3 se presentan las

características del archivo meteorológico y en la figura N°1 los límites indicados (figura en apartado “introducción”).

Tabla N° 5. Características del archivo meteorológico WRF.

Datos		Archivo Meteorológico
Comuna Central		San Javier
Dimensión grilla		78x63 km
Espaciado grilla		1 km
Fecha-Hora inicio		01-01-2018 00:00
Fecha-Hora fin		31-12-2019 23:00
Coordenadas NO ⁶	Este	740.366
	Norte	6.007.593
Coordenadas NE ⁷	Este	278.206
	Norte	6.008.176
Coordenadas SO ⁸	Este	276.266
	Norte	6.071.177
Coordenadas SE ⁹	Este	742.288
	Norte	6.070.602

4.3.4 Evaluación de los resultados

Los resultados de la concentración de olor (OU_E/m^3) modelados y registrados fueron comparados con el límite de inmisión indicado en la RCA 229/2019.

Se realizaron las comparaciones con el valor de inmisión de $3 \text{ OU}_E/\text{m}^3$ y factor de frecuencia el percentil 98 tal como lo establece la RCA 229/2019.

Cabe indicar que el valor de $3 \text{ OU}_E/\text{m}^3$ y factor de frecuencia el percentil 98 se aplican para un año cronológico. No obstante, para dar conformidad a la SMA se evaluará sobre el periodo de Julio 2018 a Septiembre 2019, equivalente a 1 año y 3 meses.

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 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.

⁶ Coordenadas WGS-84 Huso 18

⁷ Coordenadas WGS-84 Huso 19

⁸ Coordenadas WGS-84 Huso 19

⁹ Coordenadas WGS-84 Huso 18

Una vez determinado el área de influencia, se realizó una descripción general y significativa del Área de Influencia, para cada elemento del medio ambiente considerando los efectos, características o circunstancias establecidos en el artículo 11 de la Ley N°19.300 como población, población protegida, grupos humanos y visitantes o turistas (punto 2.1.5 del ICSARA N°205/2019).

De acuerdo con lo establecido en la Guía para la predicción y evaluación de impacto por olor en el SEIA, donde se señala que *“La evaluación de los impactos ambientales por olor deben realizarse según las consideraciones y criterios establecidos en los artículos 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, el cual es mantenido por NCAR/NOAA de Estados Unidos.

Todos los modelos tienen asociados errores e incertidumbre. Los resultados del modelo se analizan con 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”. Con 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. Para este informe se contrastaron las variables de viento respecto a los registros de las estaciones públicas Campanadura y Linares desde el sistema Agromet y SINCA, respectivamente.

5 Resultados

A continuación, se presentan los resultados que permitieron evaluar el efecto pasado de las emisiones de olor del plantel de cerdos San Agustín del Arbolito en el periodo de julio 2018 a septiembre 2019.

5.1 Caracterización de las fuentes de emisión

A continuación, se describe las fuentes generadoras de olor de las instalaciones pasadas del plantel de cerdos San Agustín del Arbolito. En la siguiente tabla se detallan las fuentes consideradas en la modelación y en la cartografía se presenta su ubicación espacial. Lo anterior de acuerdo con lo señalado en el punto 3.3 de guía para la predicción y evaluación de olores.

Tabla Nº 6. Descripción fuentes generadoras de olor del plantel de Cerdos – San Agustín del Arbolito.

Fuentes	Descripción
Pabellones Recría - Finalización	Los cerdos destetados de 21 días son ingresados a jaulas de crías hasta que cumplen los 70 días de edad aproximadamente. En el plantel de cerdos de San Agustín del Arbolito, los cerdos destetados entran a un único pabellón hasta que alcanzan la etapa de finalización. La ventilación en los pabellones se realiza mediante la acción de extractores, dado que los requerimientos de temperatura para confort, son mayores que en la etapa de engorda.
Laguna de acumulación del efluente tratado	Esta laguna anaeróbica que tiene una superficie de 15.740 m ² y una capacidad de 55.492,7 m ³ hasta el coronamiento, funciona como segundo tratamiento dentro del sistema de manejo de residuos líquidos provenientes de la operación de la crianza de cerdos, donde este efluente se acumula en los meses de invierno (mayo a agosto) y posteriormente es utilizado en el riego de 150 ha de plantaciones forestales en la época de verano (septiembre a abril).
Cancha de acopio de fracción sólida	Radier de 2.280 m ² en el cual se dispone la fracción sólida que se extrae del proceso del filtro parabólico y prensa.
Biodigestor	El biodigestor es un equipo diseñado para el proceso de digestión anaeróbica correspondiente a la transformación biológica, en ausencia de oxígeno, de compuestos orgánicos complejos provenientes de los purines, en materia orgánica biodegradada y biogás. El biodigestor, cuenta con un sistema de doble membrana para la acumulación del biogás. Este sistema está compuesto por un gasómetro de polietileno de baja densidad (LDPE, de su sigla en inglés) y una membrana de protección climática de PVC, la cual está inflada permanentemente con aire para proteger el gasómetro de las variaciones climáticas.



Fuentes	Descripción
	El 21 de enero de 2020 se detectó una ruptura del gasómetro y luego el 25 de enero hasta el 5 de febrero se procedió a su reparación, dejando este equipo con emisiones a la atmósfera.
Zona de Transferencia	Una vez alcanzado una edad de 180 días y alcanzar un peso entre 95 a 120 kg de peso, los cerdos son trasladados a la zona de transferencia para luego ser retirados hacia un matadero. En el día se reciben 360 cerdos, para ser retirados dos veces al día.
Filtro Parabólico	Sistema que permite la separación eficiente del efluente de manera que los sólidos de mayor tamaño que ingresan a la ranura del filtro caigan por gravedad hasta un contenedor ubicado en la parte inferior del equipo, pasando por entre una malla que retiene el sólido de menor tamaño al del medio filtrante y que pasa hacia una prensa que permite drenar aún más el efluente, dejando pasar el líquido hacia la laguna de acumulación y el sólido acopiarlo en una cancha de secado para que este sólido se estabilice aún más antes de ser dispuesto como fertilizante en las plantaciones forestales.

Tabla Nº 7. Coordenadas de referencia de los sectores modelados.

Ubicación de las fuentes	Coordenada UTM Huso 18S Datum WGS84	
	Este (m)	Norte (m)
Sitio 2/3	769.844	6.038.469
Laguna de acumulación de efluente tratado	769.957	6.038.140
Cancha de acopio de fracción sólida	768.983	6.037.201
Biodigestor	769.947	6.038.269
Zona de Transferencia	770.188	6.038.856
Filtro Parabólico	769.963	6.038.210

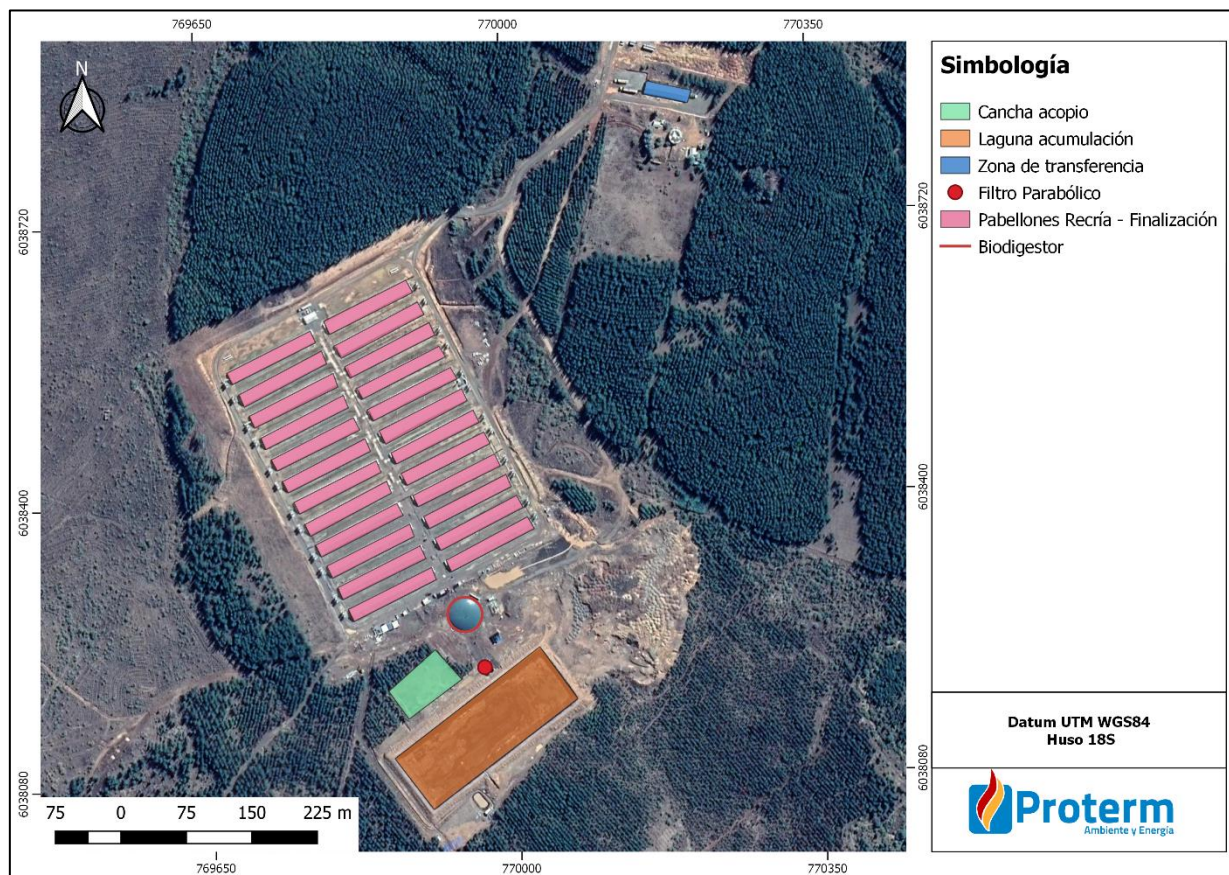


Figura Nº 4. Fuentes consideradas en el estudio.

5.2 Emisiones de olor

5.2.1 Emisiones del plantel de cerdos San Agustín del Arbolito

A continuación, se muestran las tasas de emisión estimadas para el plantel en el periodo de operación de julio 2018 a septiembre 2019.

Tabla N° 8. Emisión de olor plantel de cerdos San Agustín del Arbolito.

Fuente	Concentración (OU _E /m ³)	Área emisión (m ²)	Emisión (OU _E /s/m ²)	Emisión (OU _E /s)	Emisión (OU _E /h x10 ⁶)
Laguna de acumulación de efluente tratado	76,18	16.170	0,635	10.268	37,0
Laguna de acumulación de efluente tratado y sin tratar ¹⁰	-	16.170	1,270	20.536	73,9
Zona de acopio de fracción sólida	473	85	3,94	335	1,2
Filtro Parabólico	2.416	7,5	20,13	151	0,5

La emisión desde los pabellones se puede realizar mediante abertura de cortinas y/o el encendido de extractores. Estos dos sistemas son controlados mediante un sistema automático que regula las necesidades del plantel. Cabe indicar además que ambos sistemas son excluyentes, cuando la cortina se abre no operan los extractores, mientras que cuando la cortina está cerrada se encienden los extractores. De acuerdo a lo observado en el plantel, ambos sistemas operan de manera variable con un cierto ciclo en donde se abren y cierran las cortinas, y se encienden y apagan los extractores.

¹⁰ Se aplicó un factor de 2 veces la emisión de la laguna de acumulación con efluente tratado.

Tabla N° 9. Emisión de olor de los pabellones medidas en 2019. ¹¹

Fuente	Edad Cerdos	Etapa del Día	Emisión en cortinas					Emisión en extractores					Emisión Total (OU _E /h x 10 ⁶)
			Emisión (OU _E /s)	Duración emisión (min)	Ciclo emisión (cada x min)	Minutos de emisión por hora	Emisión (OU _E /h x 10 ⁶)	Emisión (OU _E /s)	Duración emisión (min)	Ciclo emisión (cada x min)	Minutos de emisión por hora	Emisión (OU _E /h x 10 ⁶)	
Pabellón N°4	146	Día	22.049	60	Continuo	60	79,4	-	-	-	-	-	79,4
Pabellón N°7	122	Día	11.746	60	Continuo	60	42,3	-	-	-	-	-	42,3
Pabellón N°15	64	Día	-	-	-	-	-	7.656	1	5	12	5,51	5,51
Pabellón N°18	37	Día	-	-	-	-	-	3.634	1	5	12	2,62	2,62
Pabellón N°4	146	Noche	18.284	4	5	48	52,7	8.005	1	5	12	5,76	58,4
Pabellón N°7	122	Noche	5.177	4	5	48	14,9	1.968	1	5	12	1,42	16,3
Pabellón N°2	186	Día	-	-	-	-	-	3.411	6	10	36	7,37	7,37
Pabellón N°12	110	Día	20.441	4	10	24	29,4	13.094	6	10	36	28,3	57,7
Pabellón N°17	70	Día	-	-	-	-	-	10.389	6	10	36	22,4	22,4
Pabellón N°23	23	Día	-	-	-	-	-	1.475	6	10	36	3,19	3,19

A continuación, se expresan las emisiones de olor de los pabellones de acuerdo a edad de los cerdos y etapa del día. Se realiza un promedio con las dos campañas realizadas.

¹¹ Tabla 19. InfA-O-19-021

Tabla Nº 10. Emisión de olor de los pabellones estimada. ¹²

Fuente	Edad Cerdos	Etapas del Día	Emisión (OU _E /h x10 ⁶) 14-05-2019			Emisión (OU _E /h x10 ⁶) 17-06-2020			Promedio Emisión (OU _E /h x10 ⁶)		
			Emisión en cortinas	Emisión en extractores	Emisión Total	Emisión en cortinas	Emisión en extractores	Emisión Total	Emisión en cortinas	Emisión en extractores	Emisión Total
Pabellón	146-186	Día	79,4	-	79,4	-	-	-	79,4	-	79,4
Pabellón	122-110	Día	42,3	-	42,3	29,4	28,3	57,7	35,9	14,2	50,0
Pabellón	64-70	Día	-	5,51	5,51	-	22,4	22,4	-	14,0	14,0
Pabellón	23-37	Día	-	2,62	2,62	-	3,19	3,19	-	2,9	2,9
Pabellón	146-186	Noche	52,7	5,76	58,4	-	-	-	52,7	5,76	58,4
Pabellón	122-110	Noche	14,9	1,42	16,3	-	-	-	14,9	1,42	16,3
Pabellón	64-70	Noche	-	5,51	5,51	-	22,4	22,4	-	14,0	14,0
Pabellón	23-37	Noche	-	2,62	2,62	-	3,19	3,19	-	2,9	2,9

A solicitud de la SMA, se aplica un factor de aumento correspondiente a la acumulación de purines.

Tabla Nº 11. Emisión de los pabellones 7 y 8 con acumulación de purines. ¹³

Fuente	Edad Cerdos	Etapas del Día	Promedio Emisión (OU _E /h x10 ⁶)			Emisión x 1,05 (OU _E /h x10 ⁶)		
			Emisión en cortinas	Emisión en extractores	Emisión Total	Emisión en cortinas	Emisión en extractores	Emisión Total
Pabellón	146-186	Día	79,4	-	79,4	83,4	-	83,4
Pabellón	146-186	Noche	52,7	5,76	58,4	55,3	6,05	61,4

¹² No se considera en el promedio la emisión determinada para el pabellón N°2 ya que es un orden de magnitud más bajo que las otras mediciones. Dado que sólo se cuenta con dos mediciones nocturnas, se homologaron las emisiones diarias a las nocturnas.

¹³ De acuerdo a lo informado por el titular, los pabellones 7 y 8 presentaban una sobreacumulación máxima al 15 de febrero de 105%. El resto de los pabellones mantiene su curso normal, liberando las fosas una vez terminado el ciclo. Por lo tanto se aplica un factor 1,05 a la emisiones.



Tabla Nº 12. Emisión de zona de transferencia.

Fuente	Concentración (OU _E /m ³)	Velocidad promedio (m/s)	Abertura (m ²)	Caudal (OU _E /s)	Emisión total (OU _E /s)
Zona de Transferencia	35,52	0,59	78	46,02	1.634

La contingencia del biodigestor produjo la liberación del gas contenido en el gasómetro y la membrana interna durante los días 21 a 24 de enero de 2019. Luego, se realizó una reparación del equipo entre el 25 de enero al 05 de febrero de 2019, quedando esta fuente abierta a la atmósfera. Para estimar las emisiones se aplica la emisión de referencia del pabellón más alto de acuerdo a lo solicitado por la SMA..

Tabla Nº 13. Emisión de olor Biodigestor abierto.

Fuente	Emisión pabellón más alto (OU _E /s/m ²) ¹⁴	Área emisión (m ²)	Emisión (OU _E /s)	Emisión (OU _E /h) x10 ⁶
Biodigestor	16,67	1.213	22.221	72,8

¹⁴ Emisión pabellón 22.049 **OU_E/s**, superficie pabellón 105 m x 12,6 m.

5.2.2 Emisiones escenarios

A continuación se presentan las emisiones de olor pasadas de las instalaciones del plantel de cerdos de San Agustín del Arbolito en el periodo de julio 2018 a septiembre 2019.

Tabla N° 14. Emisión de fuentes de pabellones plantel.

Fuentes	Emisión (OU _E /h x 10 ⁶)	
	Día	Noche
Pabellón Cerdos edad 146-186 días	79,4	58,4
Pabellón Cerdos edad 110-122 días	50,0	16,3
Pabellón Cerdos edad 64-70 días	14,0	14,0
Pabellón Cerdos edad 23-37 días	2,9	2,9
Pabellón 7 y 8 con purín acumulado ¹⁵	83,4	61,4
Zona de Transferencia	6,0	
Laguna acumulación efluente tratado (sin residuos sin tratar / con residuos sin tratar) ¹⁶	37,0 / 73,9	
Cancha de acopio fracción sólida	1,2	
Filtro Parabólico	0,5	
Biodigestor (Abierto) ¹⁷	72,8	
Biodigestor (Ventilación gasómetro y membrana)	72,8	

¹⁵ De acuerdo a lo informado por el titular, los pabellones 7 y 8 presentaban una sobreacumulación máxima al 15 de febrero de 105%. El resto de los pabellones mantiene su curso normal, liberando las fosas una vez terminado el ciclo.

¹⁶ Se asume un factor de 2 que considera la acumulación de residuos sin tratar respecto al efluente tratado.

¹⁷ Se asume una emisión de referencia igual al pabellón más alto de 16,67 OU_E/m²s (79,4 * 10⁶ OU_E/h en una superficie de 1.323 m²).

5.2.3 Características fuentes de emisión

Pabellones

La emisión de los pabellones se realiza por medio de un sistema mixto conformado por cortinas y extractores (10 por pabellón). Se consideran las siguientes características para cada pabellón.

Tabla N° 15. Características pabellones.

Sistema	Característica	Valor
Extractores	Extractores modelados	6 ¹⁸
	Altura	2 m
	Diámetro	0,6 m
	Velocidad promedio	8,3 m/s
	Temperatura	20°C
	Operación	Todo el año – De acuerdo al Requerimiento de los animales.
Cortinas	Largo	103,5 m
	Ancho	1,1 m
	Altura sobre suelo	1,0 m
	Operación	Todo el año – De acuerdo al Requerimiento de los animales.

En el modelo, cada pabellón tiene una emisión variable de acuerdo con la edad de los cerdos en el interior y etapa del día. Por otro lado, de los 24 pabellones existe un pabellón vacío que se encuentra en limpieza.

Para el caso de los pabellones con acumulación de purín, se aplicó el factor de 1,05 a los pabellones 7 y 8 durante los meses de enero y febrero.

Laguna de acumulación de efluente tratado

Se comenzó a acumular efluente desde el mes de septiembre 2018 en adelante. Para efectos del modelo se considera una emisión continua con el aumento al doble desde enero 2019.

Zona de acopio de fracción sólida

Se inició el acopio de sólido desde el mes de septiembre del 2018 en adelante. Se considera una emisión continua.

¹⁸ En los terrenos del año 2019 se observó que funcionaron 6 de los 10 extractores instalados a la vez.

Filtro parabólico

Se comenzó a utilizar el filtro desde el mes de septiembre del 2018 en adelante. Se considera una emisión continua.

Zona de transferencia

Se considera una emisión de anual, de lunes a viernes entre 8:00 a 15:00 hrs.

Biodigestor abierto

Se considera la emisión continua entre el 21 de enero de 2019 a 05 de febrero de 2019.

5.3 Evaluación de la dispersión de olores del plantel de cerdos

En el presente apartado se presentan los resultados de la dispersión de las emisiones de olores generadas en el plantel de Cerdos San Agustín del Arbolito, según las fuentes mencionadas en el punto 5.1 del presente estudio. Los resultados muestran la pluma de dispersión de los olores en torno al plantel, las cuales, además de simular la dispersión de los gases, entregan las concentraciones de olor (OU_E/m^3) en el espacio.

Se presenta un mapa de dispersión de olor, el cual registra el percentil 98 de las concentraciones horarias, con el objetivo de poder comparar los resultados con el límite de 3 OU_E/m^3 establecidas en la RCA 229/2019.

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación del modelo de dispersión de las fuentes pasadas del plantel de cerdos.

5.3.1 Resultados emisión de olor del plantel

El límite de referencia indicado en la RCA 229/2019 establece un valor de 3 OU_E/m^3 para periodos horarios con percentil 98.

Tal como se puede apreciar en la siguiente cartografía, la distribución de la pluma es de forma ovalada acentuando hacia el noreste con una distancia de 4,6 km (noreste) desde los pabellones.

Las isodoras pueden alcanzar valores entre 1,0 a 162 OU_E/m^3 alcanzando el máximo en los pabellones. Fuera de los límites del plantel las isodoras trazan valores entre 1 a 50 OU_E/m^3 . Se observa que en 11 de los 57 presentan concentraciones por sobre la isodora de 3 OU_E/m^3 .

La isodora de 3 OU_E/m^3 alcanza una superficie aproximada de 11,8 km^2 alrededor de las fuentes del plantel.

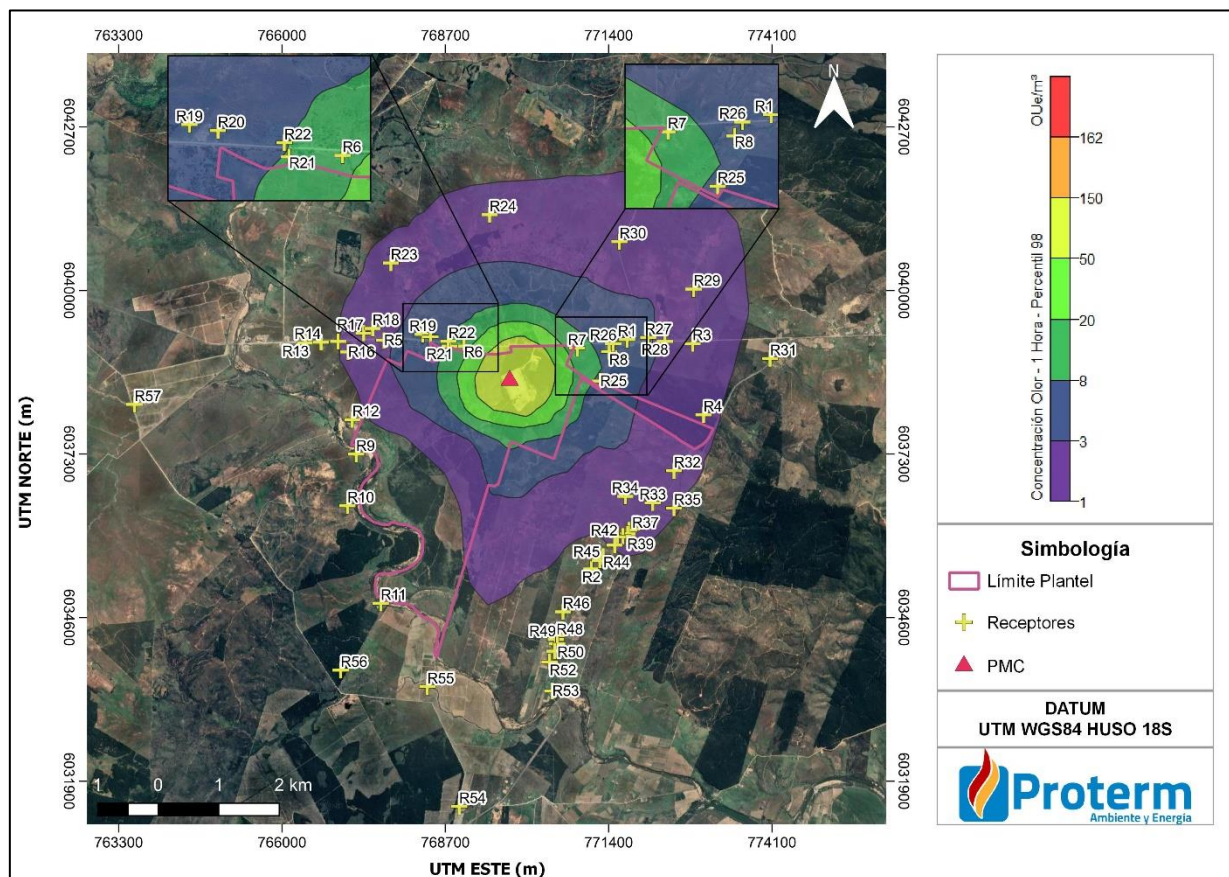


Figura Nº 5. Mapa de concentración de olor generado por las fuentes de emisión del plantel de cerdos. Promedio horario (percentil 98).

La máxima concentración se produce al interior del predio, específicamente en los pabellones alcanzando un valor $162 \text{ OU}_E/\text{m}^3$.

Tabla Nº 16. Máxima concentración del plantel de cerdos. Escenario Nº1

Descripción	UTM 18H – WGS84		Concentración de inmisión (OU_E/m^3)
	Este (m)	Norte (m)	
Predio Agrícola San Agustín del Arbolito	769.764	6.038.516	162

Con base en la dispersión de emisiones del escenario evaluado, se determinó un área de influencia definida según la “Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA”¹⁹, como el espacio contenido por la isodora de $1 \text{ OU}_E/\text{m}^3$, que corresponde al umbral de detección del olor compuesto. En la siguiente figura se presenta el área de influencia determinada.

¹⁹ Publicada el 2017 por el Servicio de Evaluación Ambiental.

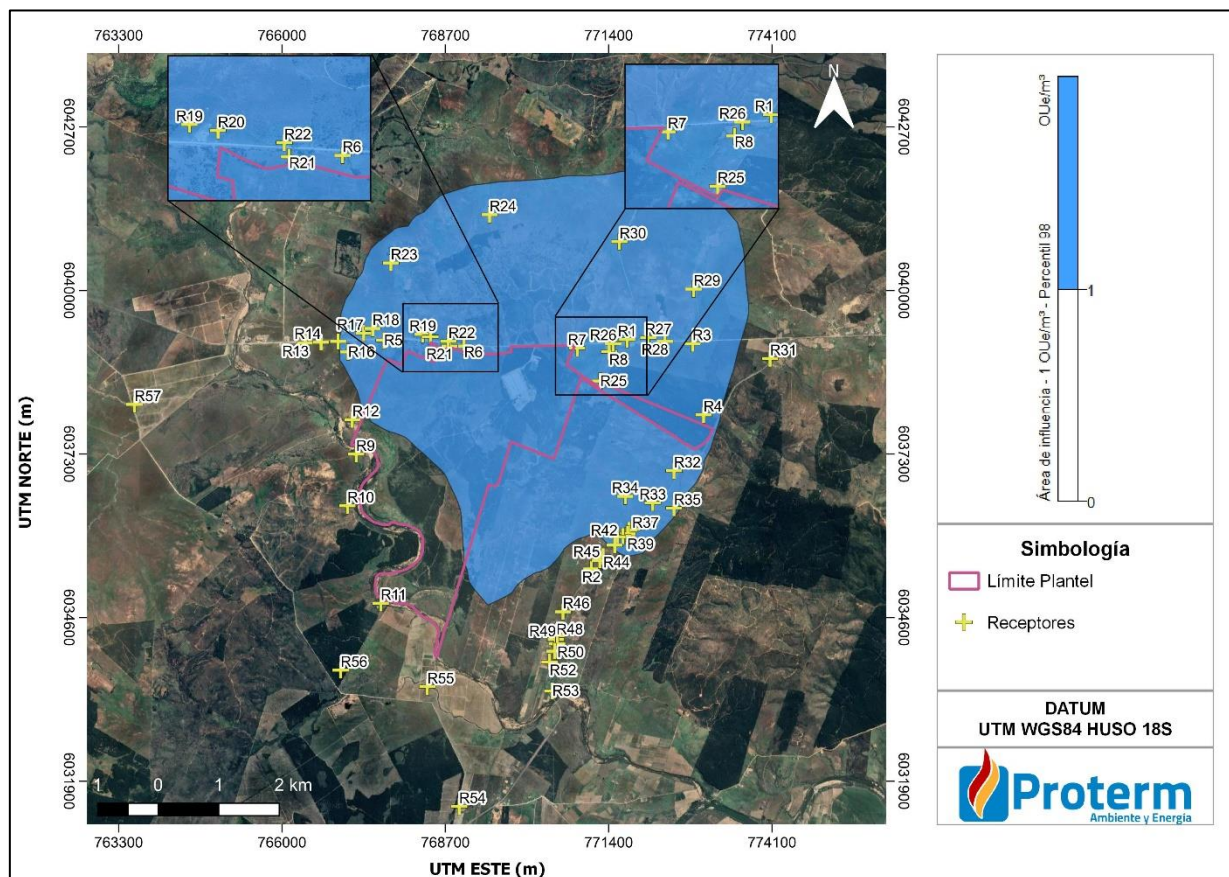


Figura Nº 6. Área de Influencia del plantel de cerdos.

La isodora de 1 OU_E/m^3 , valor que indica la concentración desde el cual el 50% de la población puede percibir un olor cubre una superficie de 33,5 km^2 . La distribución de la pluma es ovalada y se acentúa hacia el noreste con una distancia de 4,6 km (noreste) desde los pabellones.

Como se mencionó anteriormente, el área de influencia, determinada por la curva de iso-concentración de 1 OU_E/m^3 , se circunscribe alrededor de los pabellones, cubriendo un área rural y/o forestal. El área de influencia circunscribe los receptores que se indican a continuación con su respectiva descripción:

Tabla N° 17. Receptores circunscritos en el área de influencia.

N°	Descripción	N°	Descripción
R1	Vivienda Habitacional	R26	Galpón y animales
R3	Habitacional	R27	Habitacional con actividad pecuaria a pequeña escala
R4	Habitacional, infraestructura agropecuaria y venta de carbón de pino.	R28	Abandonada
R5	Habitacional	R29	Habitacional, cuidador de fundo de viña y crianza de ganado
R6	Habitacional	R30	Habitacional, crianza de ganado
R7	Habitacional	R32	Galpón de ovejas
R8	Infraestructura productiva (galpón)	R33	Habitacional
R16	Habitacional, 8 viviendas en total, algunas con actividad pecuaria a pequeña escala	R34	Habitacional
R17	Sin moradores, aparentemente segunda vivienda	R35	Habitacional
R18	Sin moradores, aparentemente segunda vivienda	R36	Habitacional
R19	Sin moradores, aparentemente segunda vivienda	R37	Habitacional
R20	Sin moradores, aparentemente segunda vivienda	R38	Habitacional, crianza de gallinas
R21	Sin moradores	R39	Almacén
R22	Sin moradores	R40	Habitacional, 5 viviendas
R23	No es visible desde camino público	R41	Habitacional, 3 viviendas
R24	No es visible desde camino público	R42	Habitacional
R25	Sin moradores, maquinaria agrícola	R43	Habitacional, apicultura y servicios de podología y costura

Los demás receptores identificados se encuentran fuera del área de influencia.

5.3.2 Receptores discretos considerados en la modelación

De acuerdo con el estudio de medio humano ingresado en la Adenda Complementaria de la Evaluación Ambiental del proyecto “Optimización del sistema de manejo de purines del primer grupo de 24 pabellones del plantel porcino de 10 mil madres, San Agustín del Arbolito”, se identificaron los siguientes receptores potencialmente sensibles al olor.

Tabla N° 18. Receptores identificados en la caracterización de receptores.

Nº	Descripción	Proyección UTM Huso 18S Datum WGS84		Distancia a la fuente más cercana (km)
		Este (m)	Norte (m)	
R1	Vivienda Habitacional	229.183	6.039.218	1,53
R2	Habitacional, actividades agropecuarias, infraestructura productiva.	228.825	6.035.404	2,95
R3	Habitacional	230.265	6.039.218	2,58
R4	Habitacional, infraestructura agropecuaria y venta de carbón de pino.	230.520	6.038.054	2,90
R5	Habitacional	225.173	6.038.957	2,10
R6	Habitacional	226.499	6.038.947	0,86
R7	Habitacional	228.367	6.039.026	0,69
R8	Infraestructura productiva (galpón)	228.899	6.039.001	1,20
R9	Habitacional, 2 viviendas e infraestructura productiva (corral).	224.828	6.037.055	2,76
R10	Habitacional	224.736	6.036.197	3,24
R11	Habitacional	225.385	6.034.624	3,94
R12	Habitacional	224.730	6.037.620	2,62
R13	Actividad agropecuaria e infraestructura productiva	223.880	6.038.835	3,34
R14	Infraestructura productiva (galpón o establo)	224.135	6.038.863	3,09
R15	Actividad pecuaria a pequeña escala	224.418	6.038.894	2,81
R16	Habitacional, 8 viviendas en total, algunas con actividad pecuaria a pequeña escala	224.592	6.038.731	2,60
R17	Sin moradores, aparentemente segunda vivienda	224.830	6.039.057	2,45
R18	Sin moradores, aparentemente segunda vivienda	224.972	6.039.144	2,33
R19	Sin moradores, aparentemente segunda vivienda	225.806	6.039.095	1,54
R20	Sin moradores, aparentemente segunda vivienda	225.935	6.039.066	1,41
R21	Sin moradores	226.259	6.038.931	1,06
R22	Sin moradores	226.235	6.039.008	1,12
R23	No es visible desde camino público	225.207	6.040.240	2,67
R24	No es visible desde camino público	226.788	6.041.135	2,50
R25	Sin moradores, maquinaria agrícola	228.779	6.038.507	1,10
R26	Galpón y animales	228.957	6.039.138	1,29



Nº	Descripción	Proyección UTM Huso 18S Datum WGS84		Distancia a la fuente más cercana (km)
		Este (m)	Norte (m)	
R27	Habitacional con actividad pecuaria a pequeña escala	229.529	6.039.273	1,87
R28	Abandonada	229.808	6.039.224	2,13
R29	Habitacional, cuidador de fundo de viña y crianza de ganado	230.229	6.040.117	2,85
R30	Habitacional, crianza de ganado	228.957	6.040.822	2,37
R31	Habitacional y almacén	231.560	6.039.049	3,85
R32	Galpón de ovejas	230.088	6.037.103	2,67
R33	Habitacional	229.770	6.036.554	2,66
R34	Habitacional	229.310	6.036.633	2,25
R35	Habitacional	230.126	6.036.490	2,98
R36	Habitacional	229.477	6.036.117	2,72
R37	Habitacional	229.457	6.036.102	2,72
R38	Habitacional, crianza de gallinas	229.407	6.036.079	2,70
R39	Almacén	229.381	6.035.982	2,77
R40	Habitacional, 5 viviendas	229.389	6.036.017	2,74
R41	Habitacional, 3 viviendas	229.312	6.035.973	2,73
R42	Habitacional	229.222	6.035.959	2,67
R43	Habitacional, apicultura y servicios de podología y costura	229.184	6.035.817	2,76
R44	Habitacional	229.007	6.035.622	2,81
R45	Habitacional	228.955	6.035.554	2,85
R46	Habitacional, venta de carbón, miel y pequeña agricultura	228.399	6.034.668	3,43
R47	Habitacional, 5 viviendas	228.324	6.034.366	3,71
R48	Parcelación "Doña Matilde"	228.314	6.034.270	3,79
R49	Habitacional, 2 viviendas. Restaurant que ofrece venta de verduras y frutas	228.310	6.034.204	3,85
R50	Habitacional, una deshabitada y otra nueva	228.337	6.034.132	3,94
R51	Habitacional, 4 viviendas e infraestructura productiva	228.301	6.034.011	4,05
R52	Habitacional, 2 viviendas. Parcela con producción de vino y venta de carbón	228.229	6.033.827	4,21
R53	Habitacional, 11 viviendas e infraestructura productiva	228.304	6.033.352	4,69
R54	Viña "Doña Aurora"	226.884	6.031.355	6,64
R55	"Fundo con vivienda e infraestructura productiva.	226.238	6.033.296	4,83
R56	Fundo con producción de uvas orgánicas para vino. Presencia actividad agropecuaria (burros)	224.791	6.033.481	5,22
R57	Habitacional, 4 viviendas	221.122	6.037.650	6,13

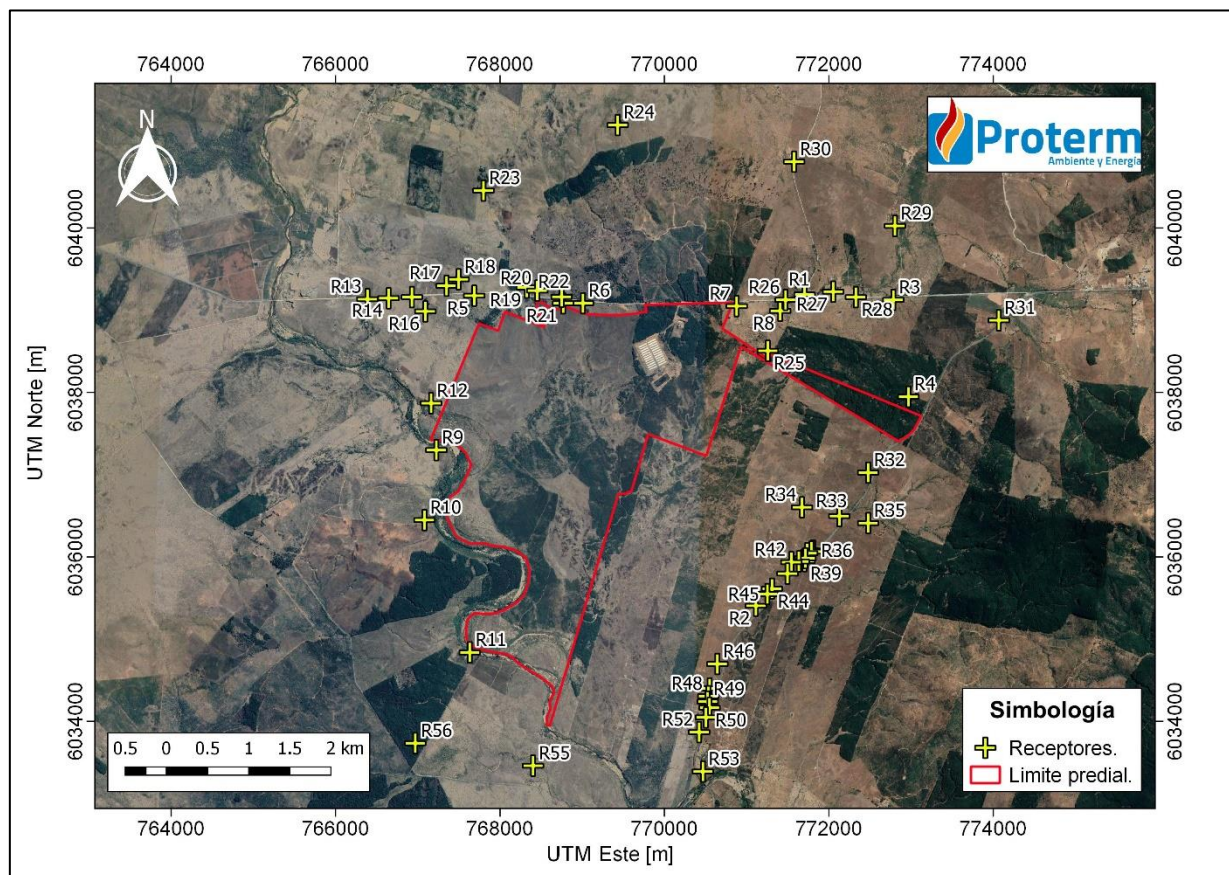


Figura Nº 7. Receptores de interés analizados.

En la siguiente tabla se presenta el resultado del Percentil 98 de las concentraciones horarias para cada receptor identificado.

Tal como se puede apreciar en la tabla siguiente, la operación del plantel durante el periodo evaluado con mejoras del plantel de cerdos produce concentraciones de inmisión que están sobre $3 \text{ OU}_E/\text{m}^3$ (Percentil 98), siendo R6, (Vivienda habitacional) aquel que posee la concentración más alta con $14,12 \text{ OU}_E/\text{m}^3$.

Tabla Nº 19. Concentración receptores. Percentil 98.

Nº	Concentración de inmisión (OU _E /m ³)	Horas del periodo >3 OU _E /m ³	Nº	Concentración de inmisión (OU _E /m ³)	Horas del periodo >3 OU _E /m ³
R1	4,31	498 (4,54%)	R30	1,80	40 (0,36%)
R2	0,65	13 (0,12%)	R31	0,68	0 (0,00%)
R3	1,83	36 (0,33%)	R32	1,38	16 (0,15%)
R4	1,22	4 (0,04%)	R33	1,39	25 (0,23%)
R5	2,62	164 (1,50%)	R34	1,86	69 (0,63%)
R6	14,12	923 (8,42%)	R35	1,07	4 (0,04%)
R7	12,85	1502 (13,69%)	R36	1,24	23 (0,21%)
R8	5,46	776 (7,08%)	R37	1,25	25 (0,23%)
R9	0,66	1 (0,01%)	R38	1,30	29 (0,26%)
R10	0,80	2 (0,02%)	R39	1,20	24 (0,22%)
R11	0,26	0 (0,00%)	R40	1,20	25 (0,23%)
R12	0,77	12 (0,11%)	R41	1,16	22 (0,20%)
R13	0,49	1 (0,01%)	R42	1,15	20 (0,18%)
R14	0,69	3 (0,03%)	R43	1,00	18 (0,16%)
R15	1,00	8 (0,07%)	R44	0,79	15 (0,14%)
R16	1,20	9 (0,08%)	R45	0,74	14 (0,13%)
R17	1,58	38 (0,35%)	R46	0,59	15 (0,14%)
R18	2,12	95 (0,87%)	R47	0,59	13 (0,12%)
R19	4,14	355 (3,24%)	R48	0,58	11 (0,10%)
R20	4,71	417 (3,80%)	R49	0,57	10 (0,09%)
R21	8,37	633 (5,77%)	R50	0,54	10 (0,09%)
R22	7,50	578 (5,27%)	R51	0,55	7 (0,06%)
R23	1,65	50 (0,46%)	R52	0,55	6 (0,05%)
R24	1,56	57 (0,52%)	R53	0,47	3 (0,03%)
R25	6,31	789 (7,19%)	R54	0,31	0 (0,00%)
R26	5,41	748 (6,82%)	R55	0,34	0 (0,00%)
R27	3,19	253 (2,31%)	R56	0,16	0 (0,00%)
R28	2,64	162 (1,48%)	R57	0,18	0 (0,00%)
R29	1,86	52 (0,47%)			

En el Anexo N°2 se presenta el análisis de la variación horaria del olor en los receptores cercanos que presentaron valores más altos de concentración.

5.3.2.1 Frecuencia de percepción de olor

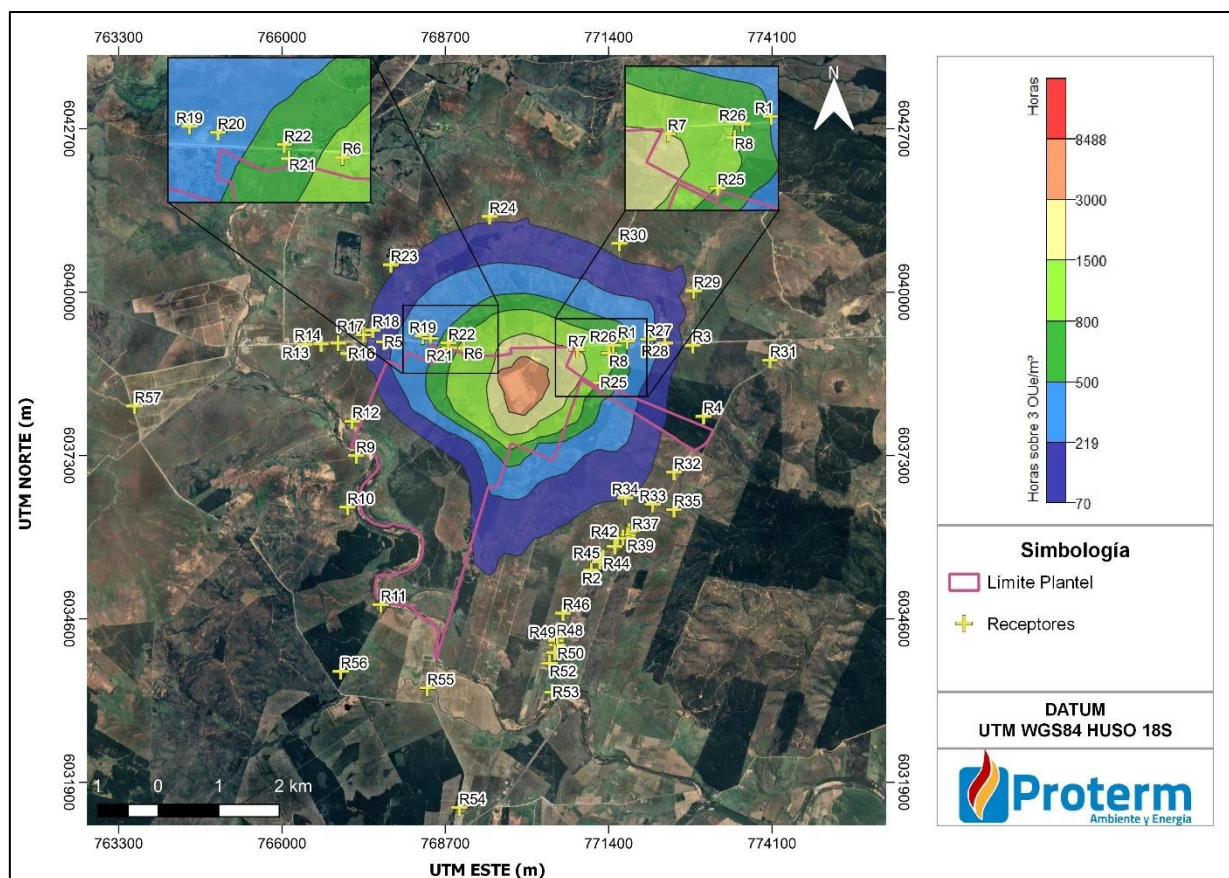


Figura N° 8. Mapa de horas sobre 3 OUE/m³ generado por las fuentes de emisión del plantel de cerdos. Promedio horario (percentil 98).

En la figura anterior se puede observar las horas en el periodo sobre las 3 OUE/m³. Dicha figura indica que los lugares sobre un 2% de frecuencia (219 horas para un año y 3 meses), se encuentran superior a la excedencia entregada por el percentil 98. Las zonas al interior de esta curva corresponden a sectores al interior del plantel y al norte del plantel, y receptores. De la figura se puede observar que 11 de los 57 receptores identificados, se encuentran al interior de la curva de 219 horas. Estos receptores se localizan al norte de los límites del plantel alcanzando hasta las 1502 horas sobre 3 OUE/m³ (13,7%).

A continuación, se presenta un gráfico con los receptores y horas sobre las 3 OUE/m³ indicado:

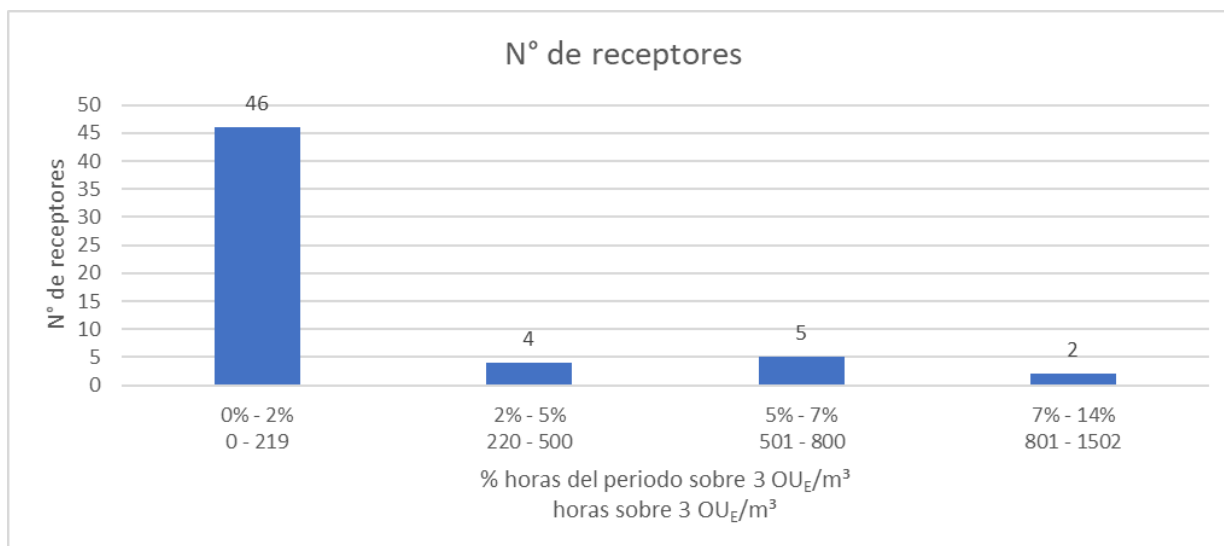


Figura N° 9. Clasificación N° de receptores de acuerdo a la cantidad de horas sobre 3 OUE/m³.

De la tabla se puede observar que de los 57 receptores evaluados, 46 de ellos tienen menos de 219 horas (2% de las horas de 1 año y tres meses), 4 receptores entre 220 a 500 horas (2%-5%), 5 receptores entre 501 a 800 horas (5%-7%) y 2 receptores entre 801 a 1502 horas (7%-14%).

5.3.2.2 Análisis FIDOL

Tabla N° 20. Protocolo FIDOL en base a receptores definidos.

Parámetro	Con respecto a receptores discretos.
Frecuencia	El plantel opera durante todos los días del año. Se observa que 11 de los 57 receptores sobrepasan el umbral de 3 OUE/m³ en más de 219 horas del periodo evaluado (1 año y 3 meses), mientras que 46 receptores se encuentran bajo este límite. 4 receptores indican entre 219 a 50 horas sobre el umbral (2% a 5% de las horas de un año y 3 meses), 5 receptores entre 501 a 800 horas (5%-7%) y 2 receptores entre 801 a 1502 horas (7%-14%).
Intensidad	Se observa que 46 receptores, se encuentran bajo el umbral de 3 OUE/m³. Por otro lado 11 receptores se encuentran sobre el valor umbral, siendo los más altos los receptores R6 y R7, sobre 10 OUE/m³.
Duración	En cuanto a la duración, la superación de 3 OUE/m³ ocurre en eventos puntuales en periodos no continuos durante el año, exceptuando los receptores que superan las 219 horas. En 46 receptores esta superación es menor a 219 horas, mientras que en 2 de ellos presentan un 7% a 14% de horas del año por lo que se podrían presentar duraciones de varias horas durante algunos días.
Ofensividad	A pesar que los olores del plantel se consideran desagradable y/o ofensivos, en 46 receptores las concentraciones están bajo el umbral de molestia mientras en 11 están por sobre el valor. Estos 11 receptores podrían considerar ofensivo los olores.

Localización	El territorio circunscrito al Área de Influencia presenta un uso principalmente de carácter rural por lo que se encuentra fuera del plan regulador de la comuna de San Javier. Los receptores dentro del área de influencia corresponden a viviendas habitadas con actividad ganadera de pequeña escala.
--------------	--

5.4 Análisis del desempeño del archivo de pronóstico utilizado

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 ello se utilizan los datos disponibles de las estaciones de monitoreo ubicadas en la zona de interés para el estudio.

Las estaciones utilizadas corresponden a Campanacura y Linares del sistema Agromet y SINCA, a 19 km y 36 km del plantel respectivamente. Estas estaciones presentan datos de temperatura, dirección y velocidad de viento, las cuales serán utilizadas para validar el modelo meteorológico de pronóstico WRF, no siendo usadas como entradas al modelo.

En el Anexo N°3 se presentan las variables meteorológicas y geofísicas del emplazamiento del plantel y en el Anexo N°4 se presenta una comparación cualitativa y cuantitativa entre la meteorología de pronóstico y los datos observados en la estación meteorológica.

De acuerdo con las comparaciones realizadas en forma cualitativa de ciclo diario, promedio mensual rosa de los vientos y ciclos estacionales, para los parámetros temperatura, velocidad y dirección de viento para la estación de Campanacura y Linares se puede indicar que tanto el modelo WRF y 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.

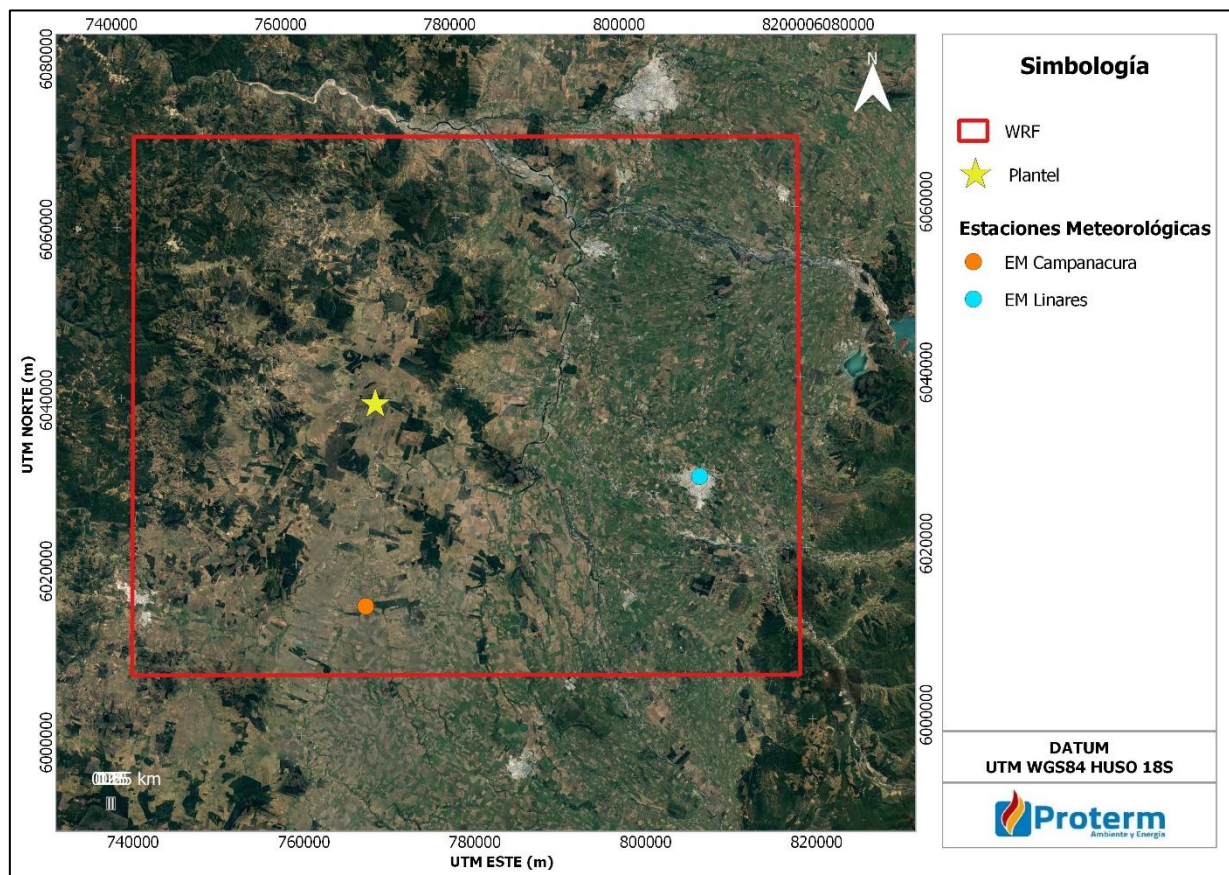


Figura Nº 10. Estación Meteorológica utilizada en el Análisis de Incertidumbre.

6 Conclusiones

Con respecto a la modelación de dispersión de olores para los escenarios evaluados se concluye lo siguiente:

Respecto al escenario evaluado correspondiente a la operación pasada del plantel en el periodo de julio 2018 a septiembre 2019, que incluye las contingencias en el biodigestor, se concluye:

1. Las curvas de isoconcentración del percentil 98, indican que las concentraciones de olor producidas en los alrededores del plantel varían entre 1 a 162 OU_E/m^3 , presentándose la máxima concentración dentro del plantel, cerca de los pabellones de recría-finalización, con un valor de 162 OU_E/m^3 . Fuera de los límites del predio las concentraciones alcanzan valores entre 1 a 50 OU_E/m^3 .
2. Se presenta superación del límite de 3 OU_E/m^3 (percentil 98) en 11 de los receptores identificados, mientras que en los otros 46 receptores se encuentran bajo el límite. Los receptores con las concentraciones más altas (R6 y R7) fueron identificados como viviendas particulares al norte del plantel con una concentración de 14,12 y 12,85 OU_E/m^3 .
3. El área de influencia, descrita por la isodora de 1 OU_E/m^3 , se circunscribe en forma ovalada alrededor de los pabellones principalmente, cubriendo un área rural y/o forestal. El área de influencia cubre una superficie de 33,5 km^2 y tiene una extensión máxima de 4,6 km desde los pabellones.
4. De los 57 receptores evaluados, 46 de ellos tienen menos 219 horas sobre las 3 (2% de las horas del periodo), cumpliendo la normativa, 4 receptores entre 220 a 500 horas (2%-5%), 5 receptores entre 501 a 800 horas (5%-7%) y 2 receptores entre 801 a 1502 horas (7%-14%)., los cuales (11) no cumplen la normativa.
5. Se puede concluir a partir del análisis cualitativo y cuantitativo, que el modelo de pronóstico WRF presenta valores de dirección y velocidad de viento similares a los datos observados. Al analizar las velocidades promedio y direcciones frecuentes del viento, los valores modelados concuerdan con las observaciones. Por lo tanto, de acuerdo con lo mostrado en el análisis cuantitativo y cualitativo de la estación de Campanacura y Linares, el modelo WRF utilizado para el análisis de dispersión atmosférica es adecuado y concuerda con las condiciones de la realidad.

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 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.

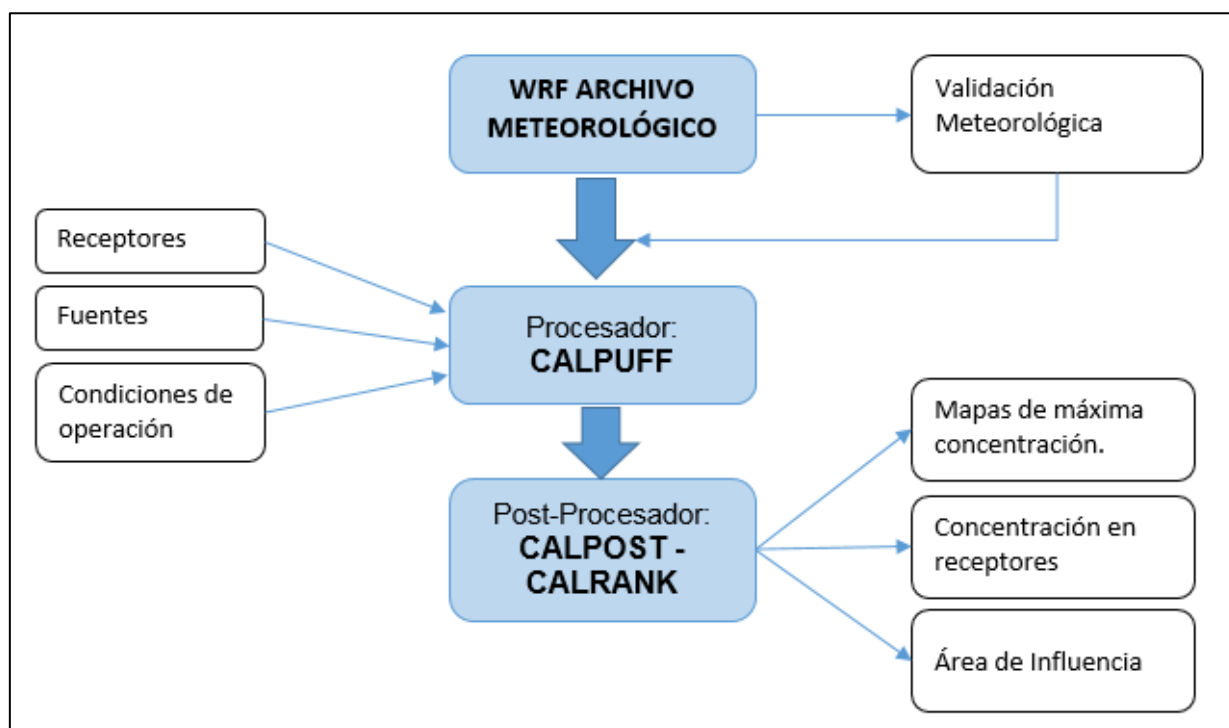


Figura Nº 11. Esquema funcionamiento CALPUFF.

Estructuras y efecto downwash.

La dispersión de emisiones descargadas por chimeneas puede ser afectada por la presencia de edificios cercanos que representan obstáculos a la circulación del aire, como se muestra en la figura a continuación.

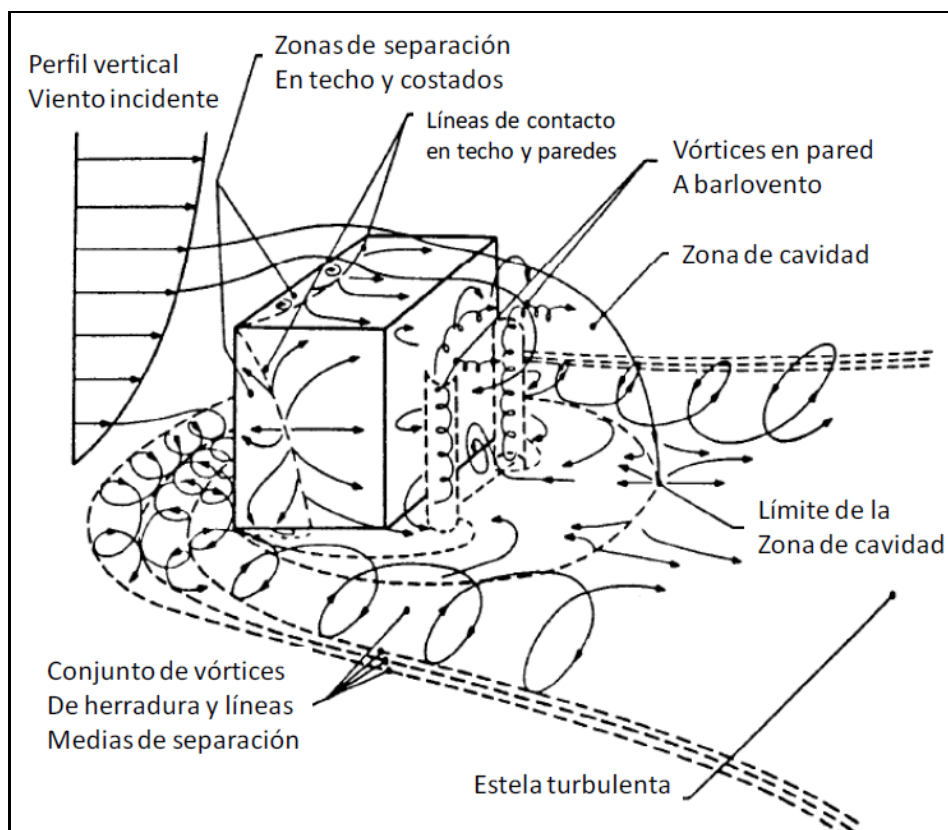


Figura N° 12. Esquema efecto downwash.

Se aprecia una zona viento arriba, donde el viento es influenciado por la alta presión desarrollada en la pared del edificio que enfrenta el viento, una zona de cavidad con recirculación viento abajo, alta turbulencia y baja velocidad del viento, y una estela turbulenta, donde las propiedades del flujo y de la turbulencia se van aproximando continuamente a los valores ambientales de la circulación del viento lejos del edificio.

Los algoritmos de cálculo utilizados por CALPUFF provienen de la formulación original de ISC3, y se usan 36 sectores angulares para caracterizar las dimensiones que el viento 've' en cada edificio según la dirección que trae. El módulo BPIP (Building Profile Input Program) se utilizó para determinar esas dimensiones de manera automática.

En la siguiente figura (en azul) se presentan las edificaciones significativas del plantel de cerdos que fueron consideradas para evaluar su efecto sobre la dispersión de las emisiones de olor, mientras que en la tabla se adjuntan las alturas y dimensiones de las edificaciones.



Figura Nº 13. Esquema de los pabellones considerados.

Tabla Nº 21. Dimensiones de los pabellones.

Pabellón	Elevación (m)	Altura (m)	Longitud X (m)	Longitud Y (m)	Coordenadas UTM WGS84 Huso 18S	
					Este (m)	Norte (m)
Recría-finalización 1	149,53	2,9-5,3	105	12,6	769.800	6.038.592
Recría-finalización 2	148,45	2,9-5,3	105	12,6	769.812	6.038.567
Recría-finalización 3	147,36	2,9-5,3	105	12,6	769.823	6.038.542
Recría-finalización 4	146,36	2,9-5,3	105	12,6	769.835	6.038.518
Recría-finalización 5	145,36	2,9-5,3	105	12,6	769.847	6.038.493
Recría-finalización 6	144,45	2,9-5,3	105	12,6	769.858	6.038.468
Recría-finalización 7	143,57	2,9-5,3	105	12,6	769.871	6.038.443
Recría-finalización 8	141,56	2,9-5,3	105	12,6	769.883	6.038.417
Recría-finalización 9	141,14	2,9-5,3	105	12,6	769.896	6.038.391
Recría-finalización 10	140,8	2,9-5,3	105	12,6	769.907	6.038.366
Recría-finalización 11	140,53	2,9-5,3	105	12,6	769.919	6.038.340
Recría-finalización 12	140,33	2,9-5,3	105	12,6	769.932	6.038.315
Recría-finalización 13	148,96	2,9-5,3	105	12,6	769.688	6.038.537



Pabellón	Elevación (m)	Altura (m)	Longitud X (m)	Longitud Y (m)	Coordenadas UTM WGS84 Huso 18S	
					Este (m)	Norte (m)
Recría-finalización 14	148,05	2,9-5,3	105	12,6	769.700	6.038.513
Recría-finalización 15	146,53	2,9-5,3	105	12,6	769.711	6.038.487
Recría-finalización 16	145,7	2,9-5,3	105	12,6	769.723	6.038.463
Recría-finalización 17	144,89	2,9-5,3	105	12,6	769.735	6.038.439
Recría-finalización 18	144,14	2,9-5,3	105	12,6	769.746	6.038.414
Recría-finalización 19	143,41	2,9-5,3	105	12,6	769.759	6.038.389
Recría-finalización 20	142,77	2,9-5,3	105	12,6	769.771	6.038.363
Recría-finalización 21	141,26	2,9-5,3	105	12,6	769.783	6.038.337
Recría-finalización 22	140,97	2,9-5,3	105	12,6	769.795	6.038.312
Recría-finalización 23	140,74	2,9-5,3	105	12,6	769.807	6.038.286
Recría-finalización 24	140,56	2,9-5,3	105	12,6	769.820	6.038.261
Zona Transferencia	159,56	4,5	50	15	770.165	6.038.856

7.2 Anexo N°2. Análisis de receptores.

A continuación, se presentan los gráficos ciclo diario y mensual de las concentraciones de olor, para algunos receptores en el periodo de julio 2018 a septiembre 2019. 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).

A continuación, se muestra el comportamiento diario los cuatro receptores con los resultados de concentración más altos.

Receptor 6

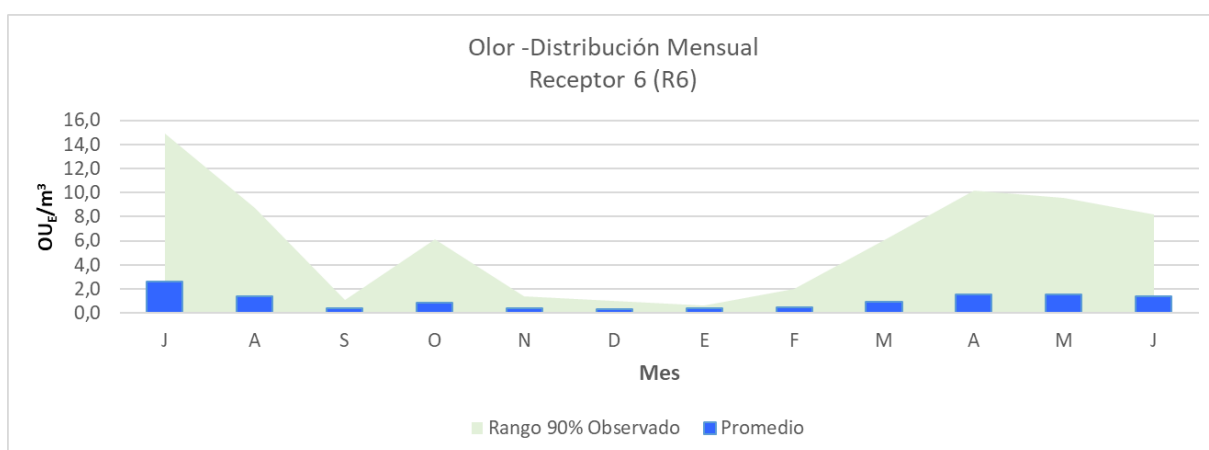


Figura N° 14. Concentraciones horarias (OU_E/m³), Distribución mensual. Receptor N°6.

En la figura anterior se muestra, el comportamiento de las concentraciones de olor durante los meses del periodo estudiado. Se puede observar que los mayores valores se presentan durante el mes de Junio, alcanzando valores cercanos a las 15 OU_E/m³, mientras que los meses de menor concentración de olor se registran en noviembre, diciembre y enero, con valores bajo las 2 OU_E/m³ en el rango del 90% observado.

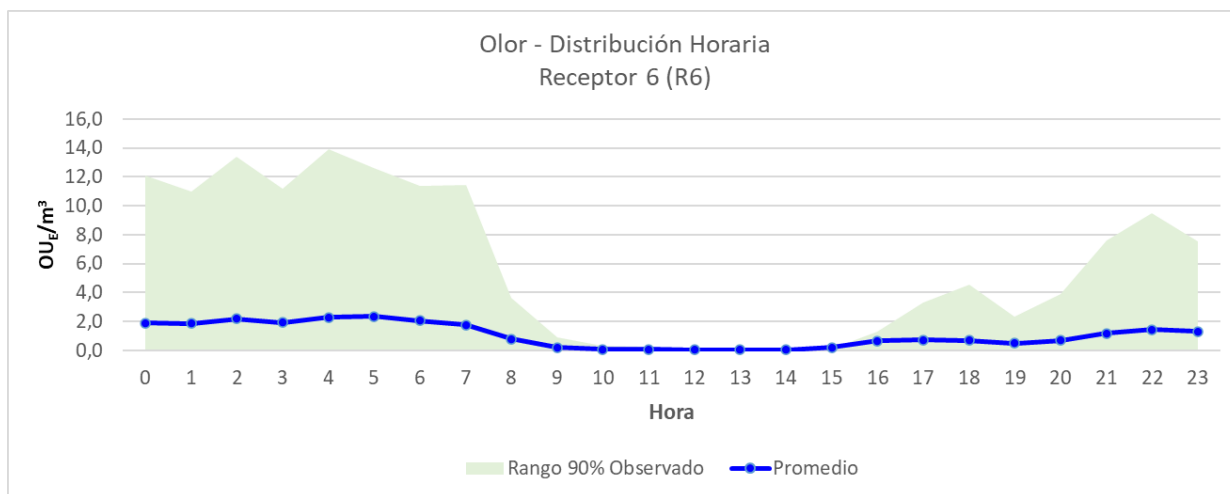


Figura N° 15. Concentraciones horarias (OU_E/m³), Distribución horaria. Receptor N°6.

En la figura anterior se muestra, el comportamiento de las concentraciones de olor durante el día. Las máximas concentraciones de olor se perciben entre las 21:00 hrs y las 07:00 hrs alcanzando aproximadamente las 14 OU_E/m³ a las 04:00 hrs en el rango del 90% observado.

Receptor 7

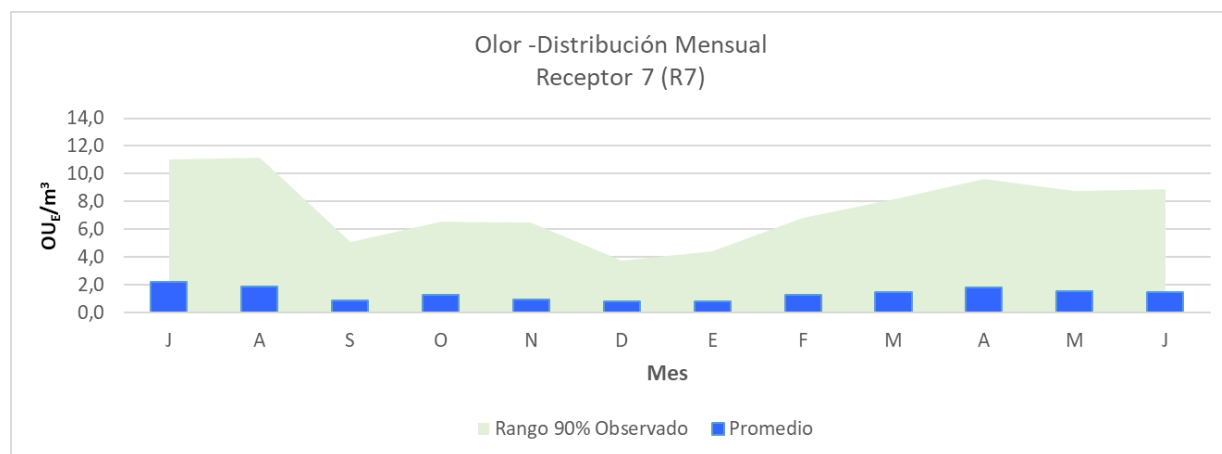


Figura N° 16. Concentraciones horarias (OU_E/m³), Distribución mensual. Receptor N°7.

En la figura anterior se muestra, el comportamiento de las concentraciones de olor durante los meses del periodo estudiado. Se puede observar que los mayores valores se presentan durante el mes de julio y agosto, alcanzando valores cercanos a las 11 OU_E/m³, mientras que en los meses de menor concentración de olor, se registran las concentraciones de 4 a 6,5 OU_E/m³ en el rango del 90% observado.

Receptor 7

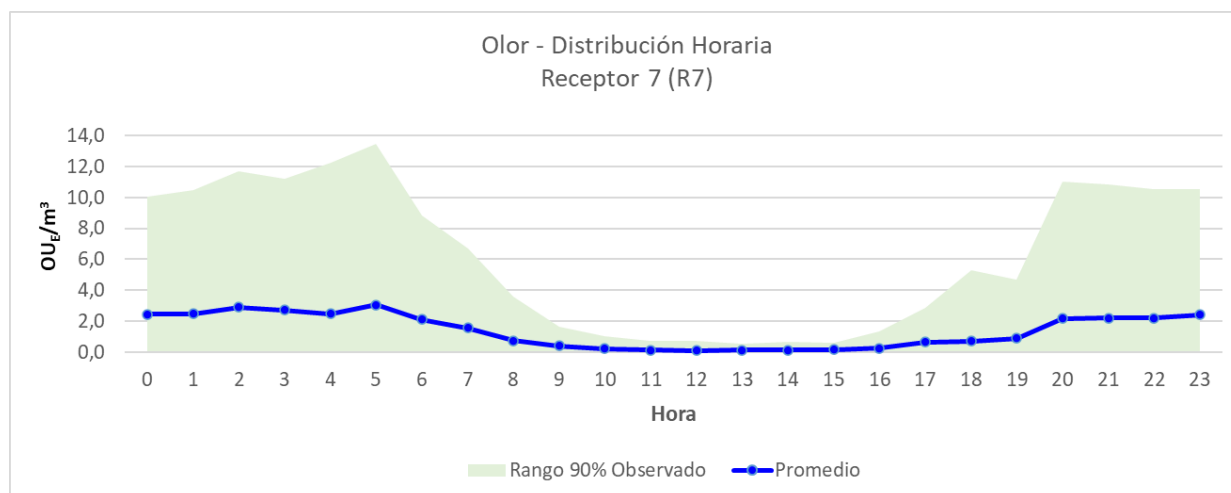


Figura N° 17. Concentraciones horarias (OU_E/m³), Distribución horaria. Receptor N°7.

En la figura anterior se muestra, el comportamiento de las concentraciones de olor durante el día. Las máximas concentraciones de olor se perciben entre las 20:00 hrs y las 06:00 hrs alcanzando aproximadamente las 13 OU_E/m³ a las 05:00 hrs en el rango del 90% observado.

Receptor 21

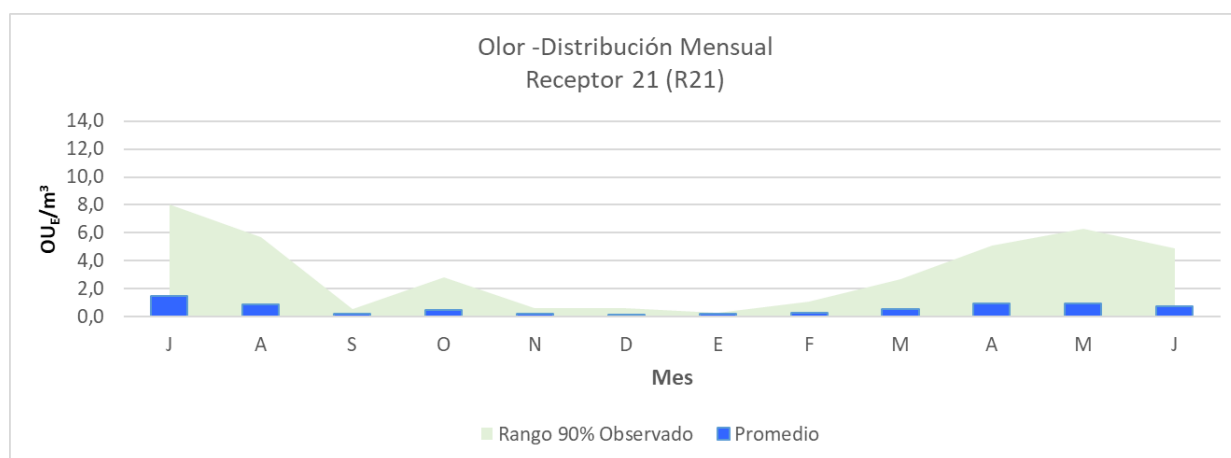


Figura N° 18. Concentraciones horarias (OU_E/m³), Distribución mensual. Receptor N°21.

En la figura anterior se muestra, el comportamiento de las concentraciones de olor durante los meses del periodo estudiado. Se puede observar que los mayores valores se presentan durante el mes de julio, alcanzando valores cercanos a las 8 OU_E/m³, mientras que los meses de menor concentración de olor se registran entre septiembre, noviembre, diciembre y enero en el rango del 90% observado.

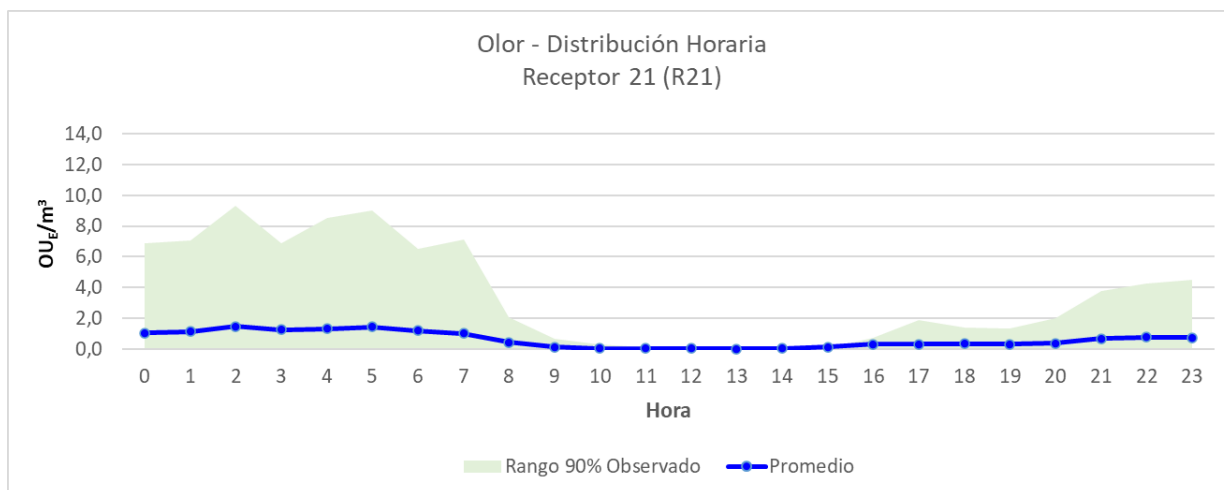


Figura N° 19. Concentraciones horarias (OU_E/m³), Distribución horaria. Receptor N°21.

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, entre las 0:00 y 07:00 hrs, donde se alcanzan aproximadamente las 9 OU_E/m³ a las 02:00 hrs en el rango del 90% observado.

Receptor 22

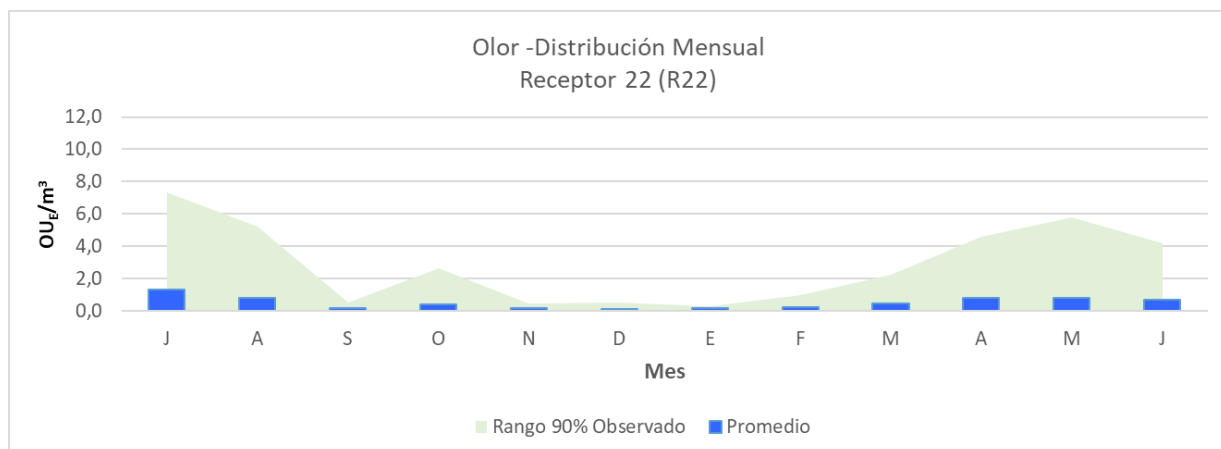


Figura N° 20. Concentraciones horarias (OU_E/m³), Distribución mensual. Receptor N°22.

En la figura anterior se muestra, el comportamiento de las concentraciones de olor durante los meses del periodo estudiado. Se puede observar que los mayores valores se presentan durante el mes de julio, alcanzando valores sobre las 7 OU_E/m³, mientras que los meses de menor concentración de olor se registran entre septiembre, noviembre, diciembre y enero en el rango del 90% observado.

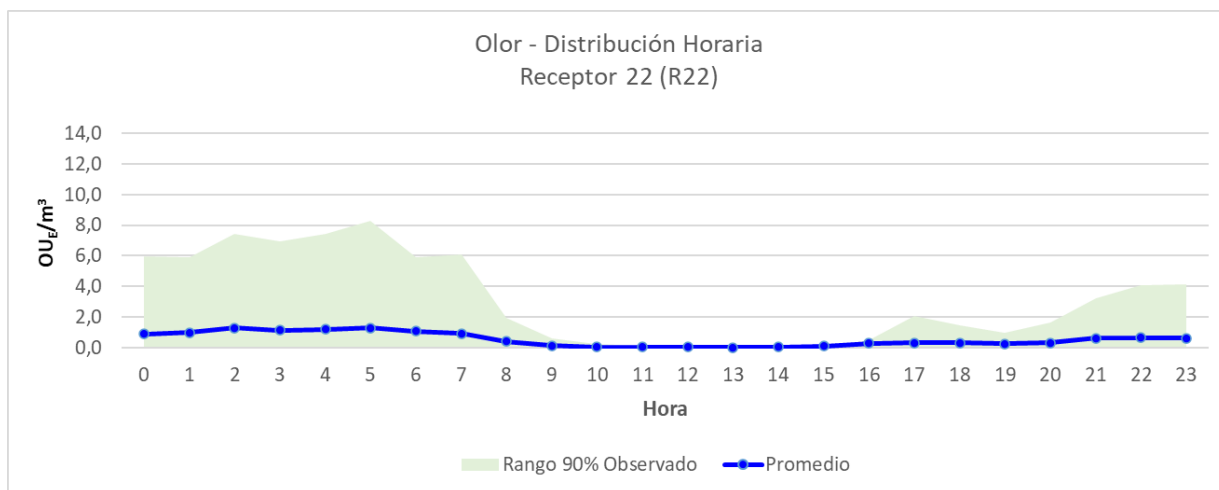


Figura Nº 21. Concentraciones horarias (OU_E/m³), Distribución horaria. Receptor Nº22.

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, entre las 22:00 y 07:00 hrs, donde se alcanzan aproximadamente las 8,3 OU_E/m³ a las 05:00 hrs en el rango del 90% observado.

7.3 Anexo N°3. Descripción meteorológica y geofísica de la zona (2018)

En el siguiente anexo se presenta el análisis de la meteorología de la zona modelada. Los datos expresados a continuación fueron extraídos por la plataforma AGROMET (Red Agroclimática Nacional) y SINCA, correspondientes a las estaciones de monitoreo de Campanacura y Linares.

Tabla N° 22. Datos estaciones meteorológicas consideradas.

Estación Meteorológica		Campanacura	Linares
Coordenada UTM Datum WGS 84	Zona	18H	19H
	Este (m)	768.017	265.805
	Norte (m)	6.014.861	6.031.030
"Periodo del registro (desde DD/MM/AA - hasta DD/MM/AA)"		01/01/2018 - hasta 31/12/2018	01/01/2018 - hasta 31/12/2018
Distancia desde el Plantel (km)		19,1	36,0
Meteorología		Velocidad Viento(VV) Dirección Viento(DV) Temperatura (TA)	

7.3.1 Cantidad de datos

Para realizar el análisis meteorológico y el análisis de incertidumbre es necesario verificar la cantidad de datos presentes en las mediciones ambientales de las estaciones. A continuación, se muestran los datos de las estaciones en la serie de tiempo para comprobar que no existen periodos extensos sin datos durante el año de análisis.

Estación Campanacura:

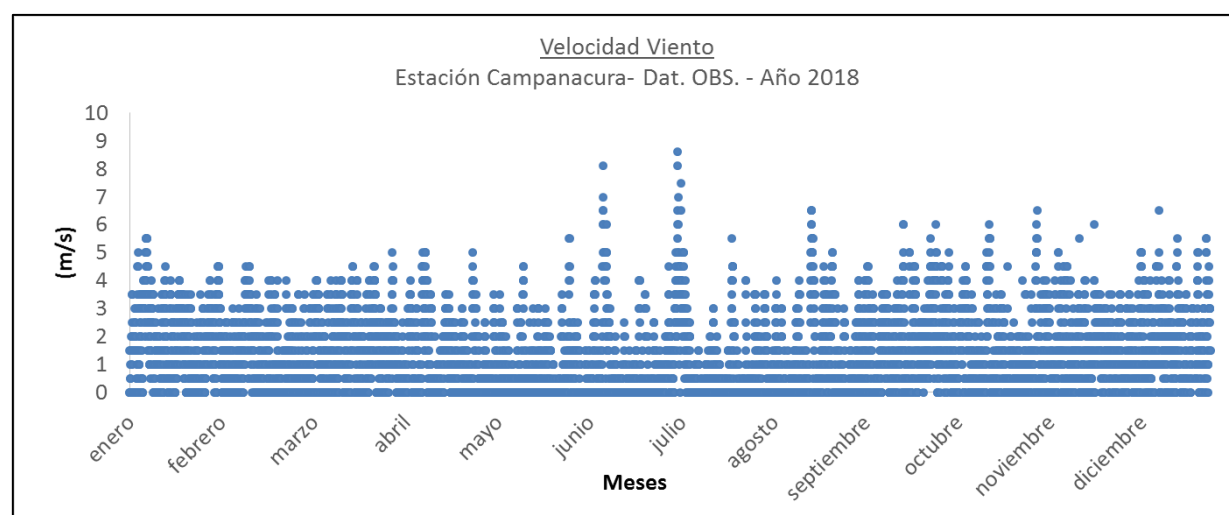


Figura N° 22. Serie de tiempo velocidad de viento – datos observados estación Campanacura – año 2018.

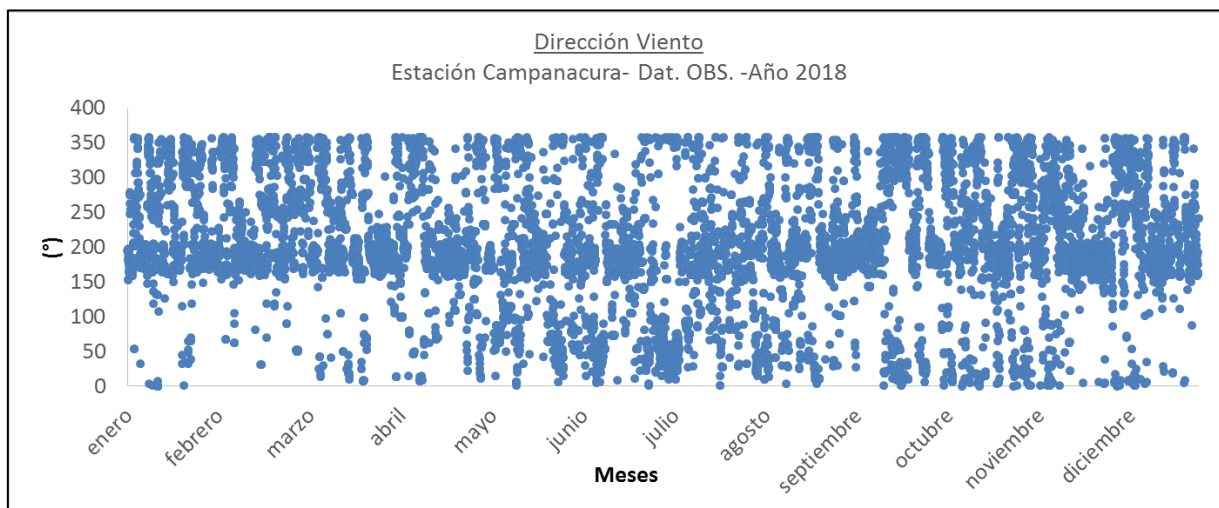


Figura N° 23. Serie de tiempo dirección de viento – datos observados estación Campanacura – año 2018.

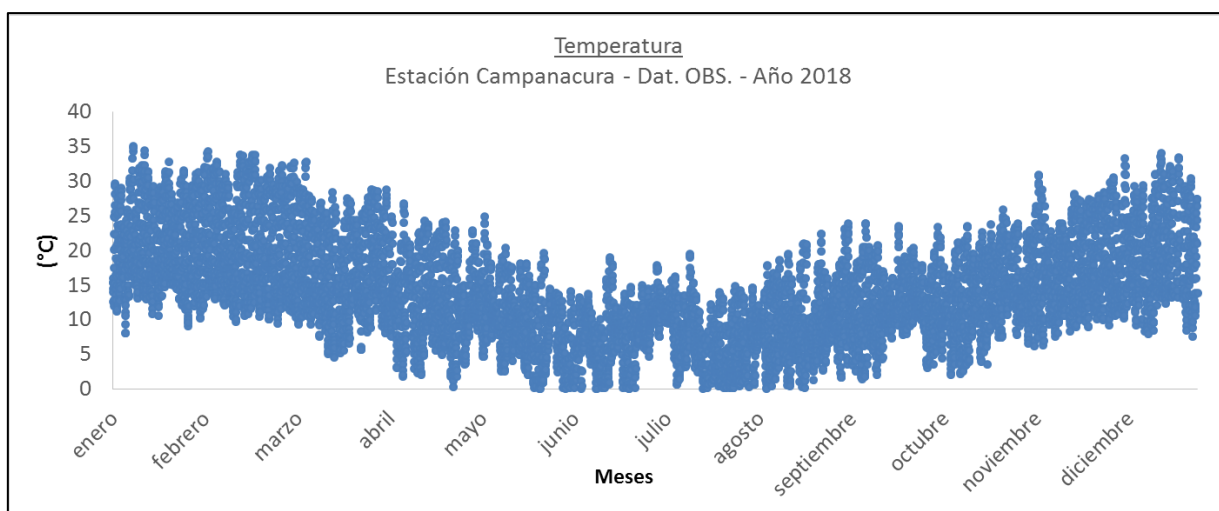


Figura N° 24. Serie de tiempo temperatura – datos observados estación Campanacura – año 2018.

Tabla N° 23. Datos válidos estación meteorológica Campanacura.

Porcentaje de datos meteorológicos disponibles – EM Campanacura													
Pará/mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
VV	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	90%	99%
DV	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%
T	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	90%	99%

La estación Campanacura posee una cantidad de datos mínima de 90% para velocidad del viento y temperatura, mientras que mínima cantidad de datos para dirección del viento es de 99%, lo que es superior al 75% sugerido por la Guía para modelos de calidad del aire del SEA.

Estación Linares:

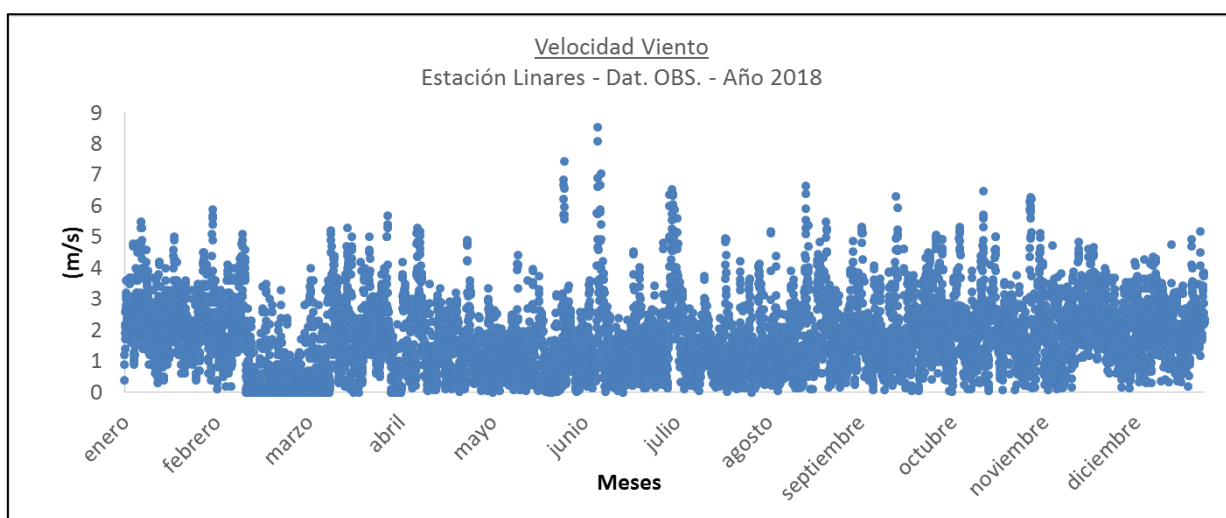


Figura N° 25. Serie de tiempo velocidad de viento – datos observados estación Linares – año 2018.

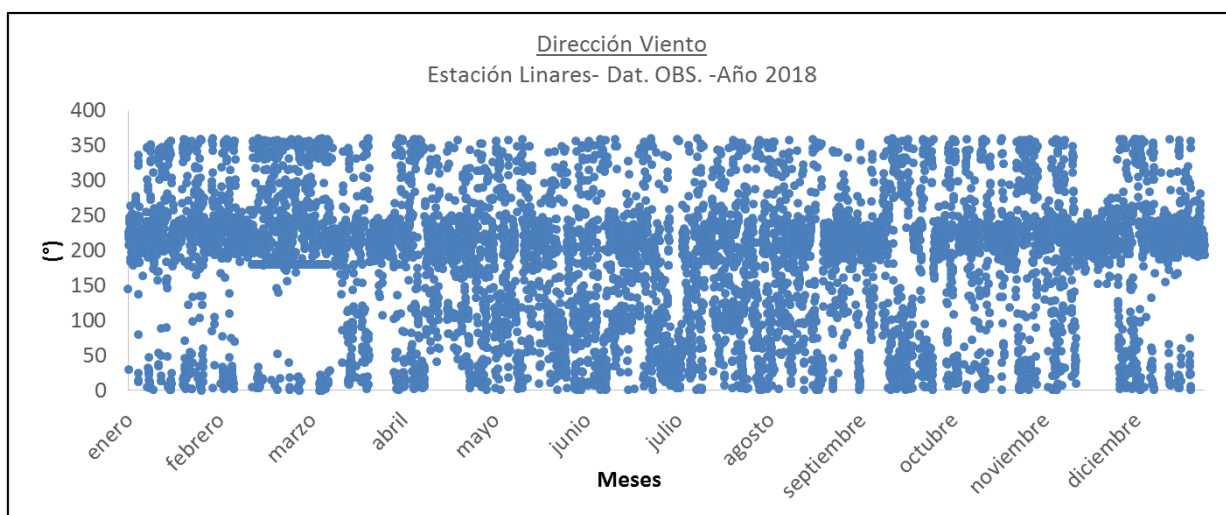


Figura N° 26. Serie de tiempo dirección de viento – datos observados estación Linares – año 2018.

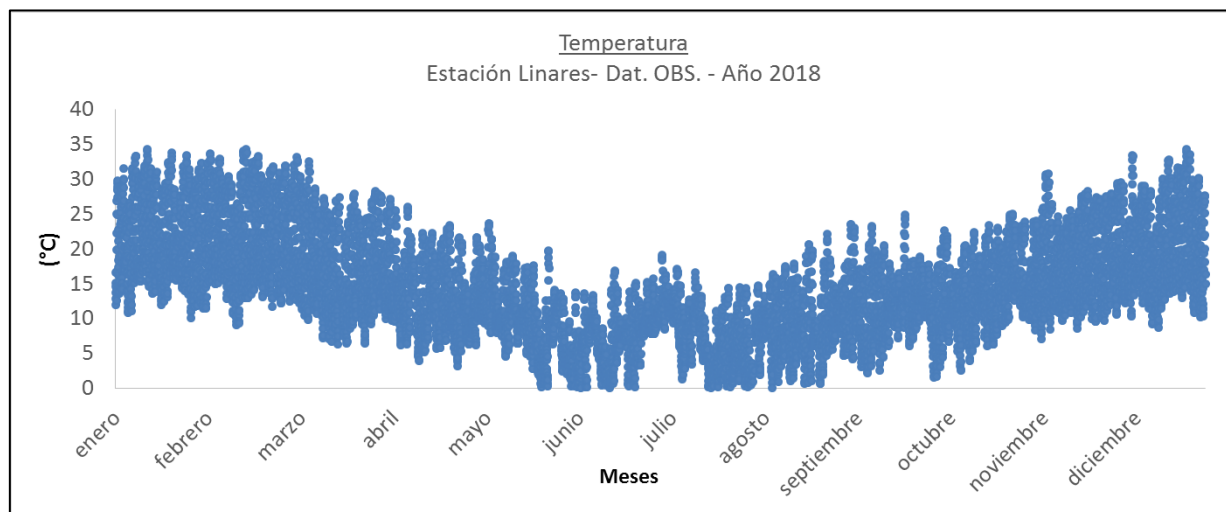


Figura Nº 27. Serie de tiempo temperatura – datos observados estación Linares – año 2018.

Tabla Nº 24. Datos válidos estación meteorológica Linares.

Porcentaje de datos meteorológicos disponibles – EM Linares													
Pará/mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
VV	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
DV	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
T	100%	100%	100%	100%	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 Linares, se evidencia que no existen periodos de tiempo sin datos. De acuerdo a la tabla anterior, las gráficas evidencian una cantidad de datos mínima de un 100% para cada variable, superior al 75% sugerido por la Guía para modelos de calidad del aire del SEA.

7.3.2 Gráficos Ciclo diario

Velocidad de viento

En los siguientes gráficos se presenta los ciclos diarios promedios de temperatura, velocidad y dirección del viento; junto con su variabilidad entre el percentil 5% a 95% (Rango 90% observado).

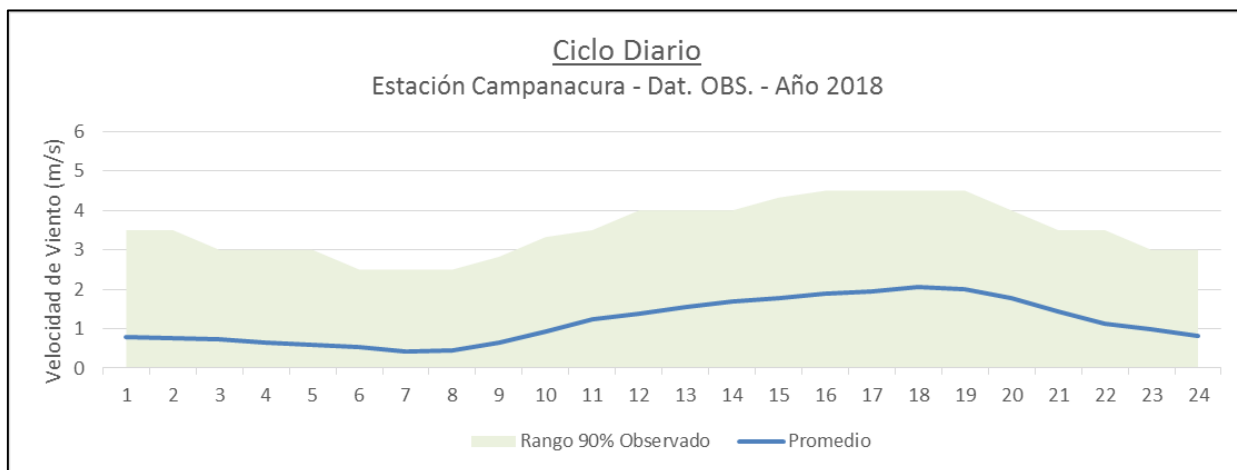


Figura Nº 28. Ciclo diario para velocidad de viento Campanacura.

En relación al ciclo diario promedio de la velocidad de viento, de la estación Campanacura, se observa una velocidad promedio mínima de 0,4 m/s durante la mañana y una velocidad máxima promedio de 2,1 m/s en las horas de la tarde. Durante el año, la velocidad del viento puede variar entre calmas y 4,5 m/s en el rango de 90% observado.

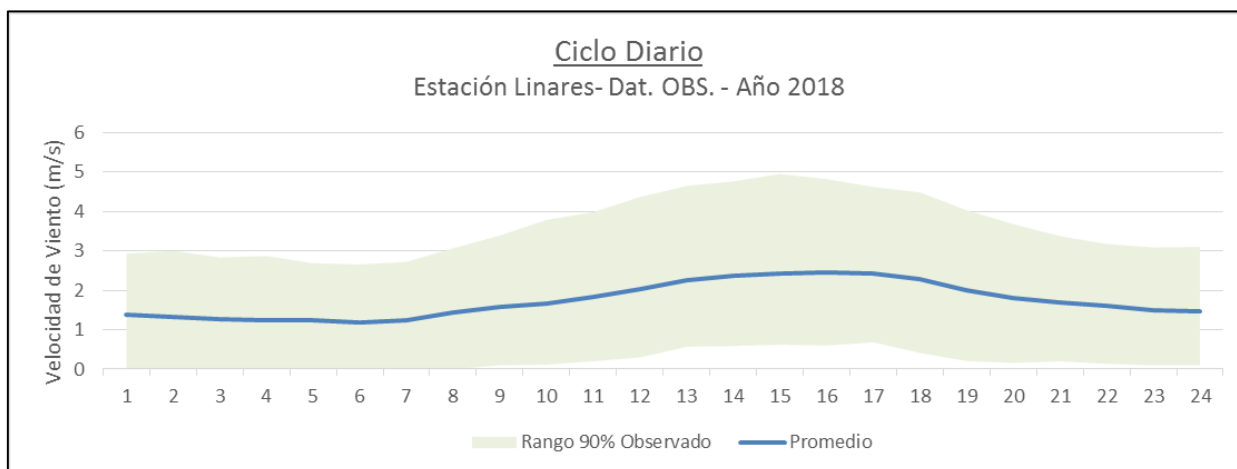


Figura Nº 29. Ciclo diario para velocidad de viento Linares.

En relación al ciclo diario promedio de la velocidad de viento, de la estación Linares, se observa una velocidad promedio mínima de 1,2 m/s durante la mañana y una velocidad máxima promedio de 2,5 m/s en las horas de la tarde. Durante el año, la velocidad del viento puede variar entre calmas y 5,0 m/s en el rango de 90% observado.

Dirección de viento

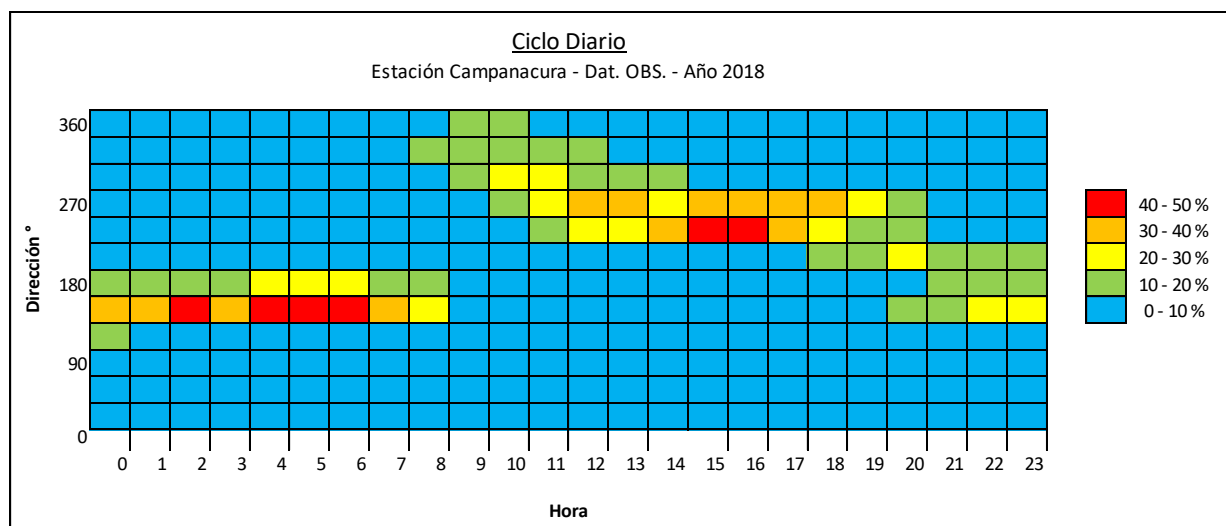


Figura Nº 30. Ciclo diario para dirección de viento estación Campanacura.

En relación al ciclo diario de la dirección de viento de la estación Campanacura, se observa que durante la noche predominan los vientos provenientes desde el sureste, mientras que en el día predominan los vientos provenientes desde el oeste; dicha condición indica que los gases se dispersan hacia el noroeste durante la noche, mientras que durante el día se dispersan favorablemente hacia el este.

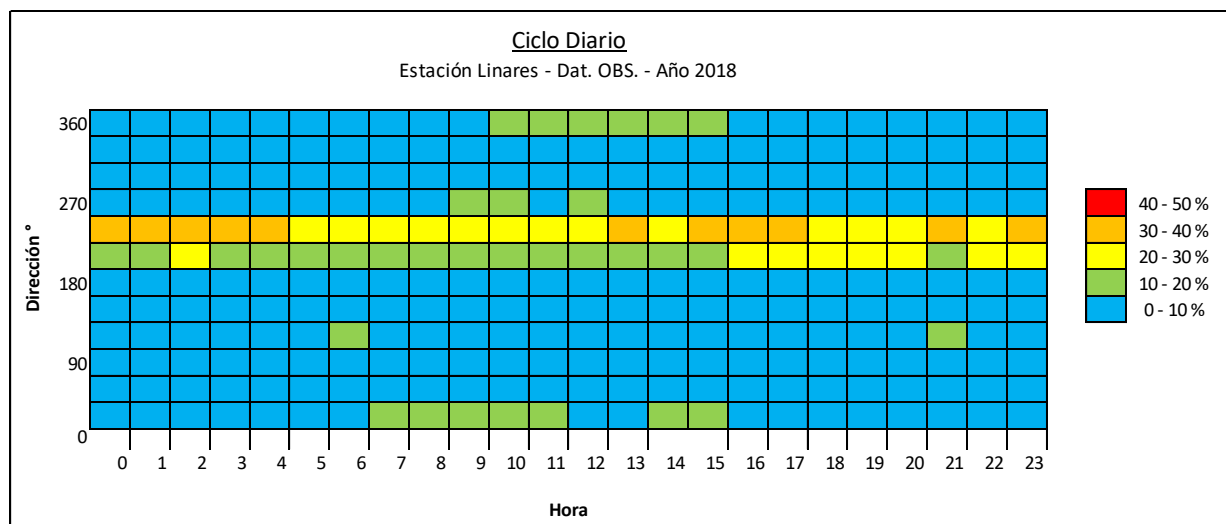


Figura Nº 31. Ciclo diario para dirección de viento estación Linares.

En relación al ciclo diario de la dirección de viento de la estación Linares, se observa que durante todo el día predominan los vientos provenientes desde el suroeste; dicha condición indica que los gases se dispersan hacia el noreste.

Temperatura

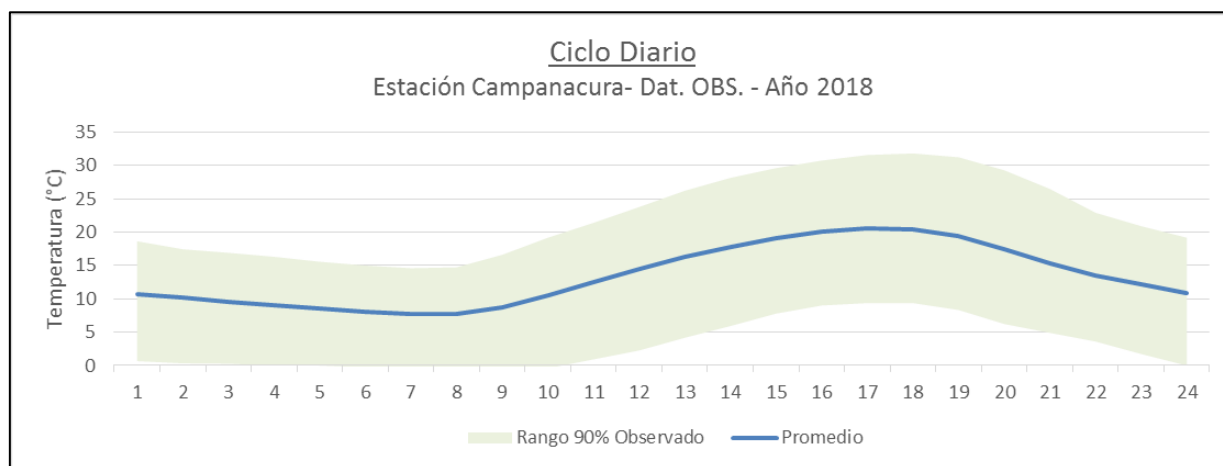


Figura Nº 32. Ciclo diario para temperatura estación Campanacura.

Respecto al ciclo diario de la temperatura, en la estación Campanacura, se observa una temperatura promedio variable de 8°C a 21°C. La temperatura máxima ocurre a las 18:00 horas mientras que la mínima sucede a las 08:00 horas. Durante el año, la temperatura puede variar entre $\pm 20^{\circ}\text{C}$ respecto al promedio, alcanzando máximas de 32 °C y mínimas de 0°C, respecto al 90% observado.

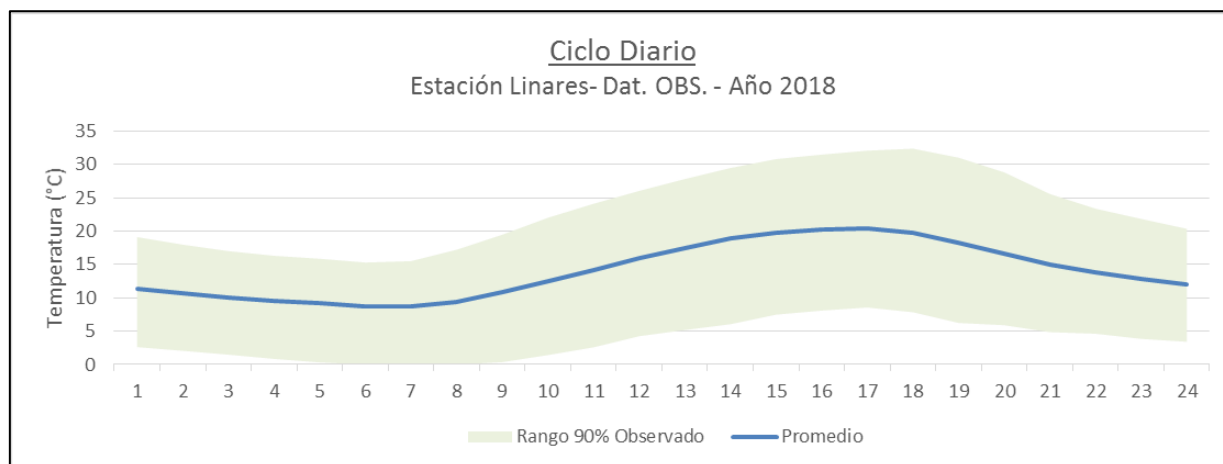


Figura Nº 33. Ciclo diario para temperatura estación Linares.

Respecto al ciclo diario de la temperatura, en la estación Linares, se observa una temperatura promedio variable de 9°C a 20°C. La temperatura máxima ocurre a las 16:00 horas mientras que la mínima sucede a las 05:00 horas. Durante el año, la temperatura puede variar entre $\pm 20^{\circ}\text{C}$ respecto al promedio, alcanzando máximas de 32 °C y mínimas de 0°C, respecto al 90% observado.

7.3.3 Gráficos Distribución de Vientos

Las siguientes figuras muestran la distribución de vientos en las estaciones: Campanacura y Linares. De aquí se puede concluir que la velocidad de los vientos fluye principalmente entre calmas con un 35% (velocidad menor a 0,5 m/s) y 42,9% de velocidades de viento entre 0,5 y 2,1 m/s (en la estación meteorológica Campanacura). Las condiciones anteriores proveen una dispersión más acotada alrededor del plantel, disminuyendo el transporte del viento. Adicionalmente se presenta la distribución de vientos para la estación Linares.

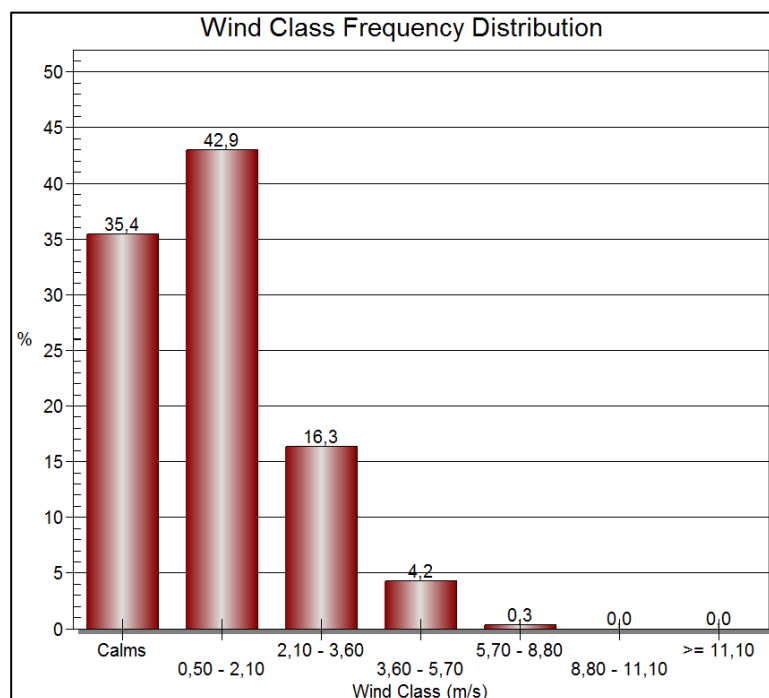


Figura Nº 34. Distribución velocidades de viento estación Campanacura.

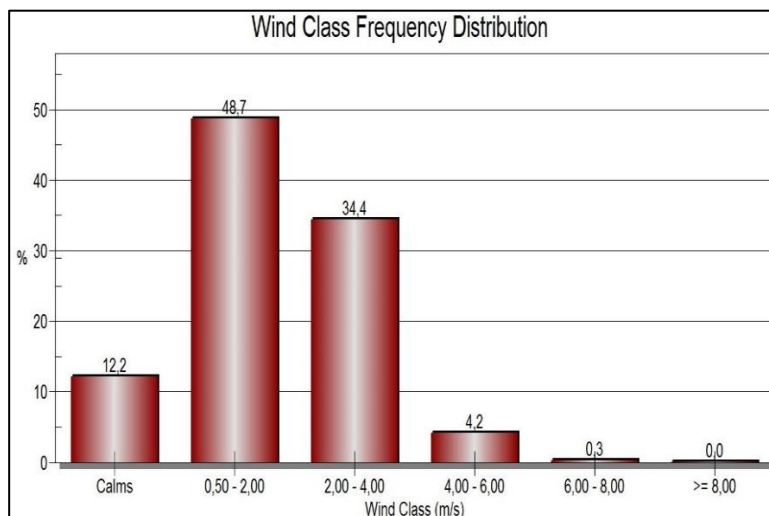


Figura Nº 35. Distribución velocidades de viento estación Linares.

7.3.4 Rosa de los vientos

De la rosa de los vientos anual realizada para cada estación, se puede concluir que el viento predominante proviene desde el sur y suroeste principalmente, alcanzando una frecuencia de un 21% en la estación Linares y un 14% en la estación Campanacura. Cabe destacar que los vientos alcanzan una velocidad que va entre los 4 y 6 m/s en ambas estaciones.

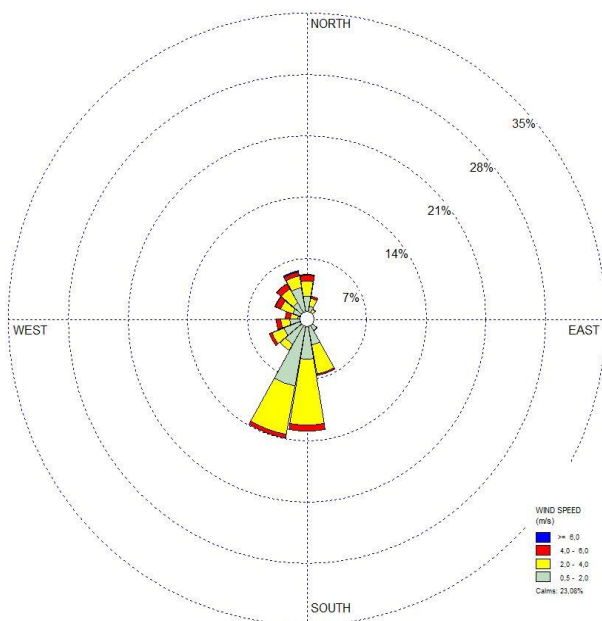


Figura Nº 36. Rosa de los vientos Anual.
Estación Campanacura.

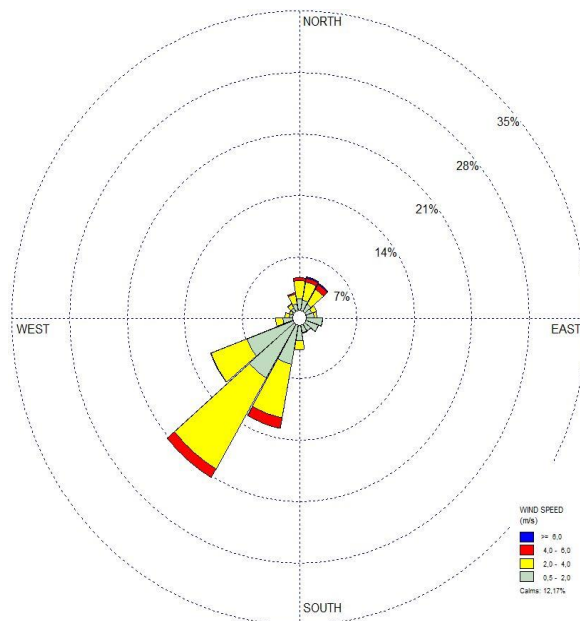


Figura Nº 37. Rosa de los vientos Anual.
Estación Linares.

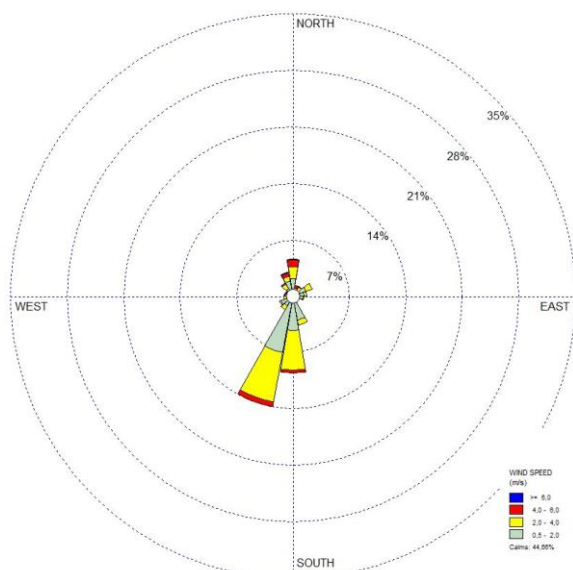
Por estación

En los gráficos siguientes se muestra una comparación de las rosas de los vientos para cada estación del año.

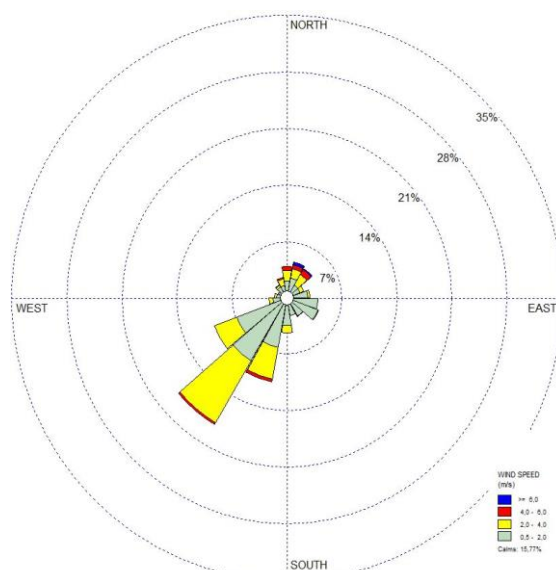
- En otoño los vientos provienen principalmente desde el suroeste, seguidos en menor frecuencia por los vientos provenientes desde el norte, debido a los periodos de inestabilidad atmosférica. Cabe destacar que las velocidades promedio alcanzan los 4 y 6 m/s, por lo que en este periodo la dispersión de emisiones se da principalmente al noreste.
- En invierno los vientos tienen un comportamiento similar al otoño, sin embargo aumenta la frecuencia (7%) de los vientos provenientes desde el noreste debido a los periodos de inestabilidad atmosférica. Cabe destacar que las velocidades promedio superan los 6 m/s en menor proporción.
- En primavera y verano, los vientos provienen desde el suroeste principalmente alcanzando una frecuencia de un 28% en primavera y 23% en verano. Cabe destacar

que las mayores velocidades del viento alcanzan los 4 y 6 m/s, favoreciendo la dispersión de los gases hacia el noreste.

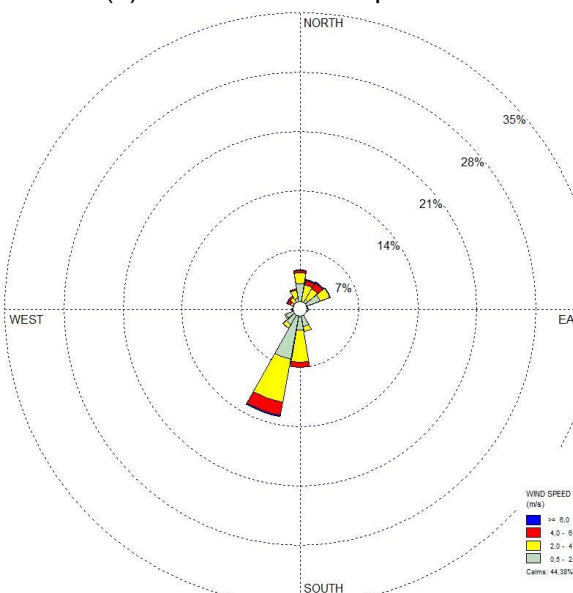
En los gráficos siguientes se muestran las rosa de los vientos para cada estación del año.



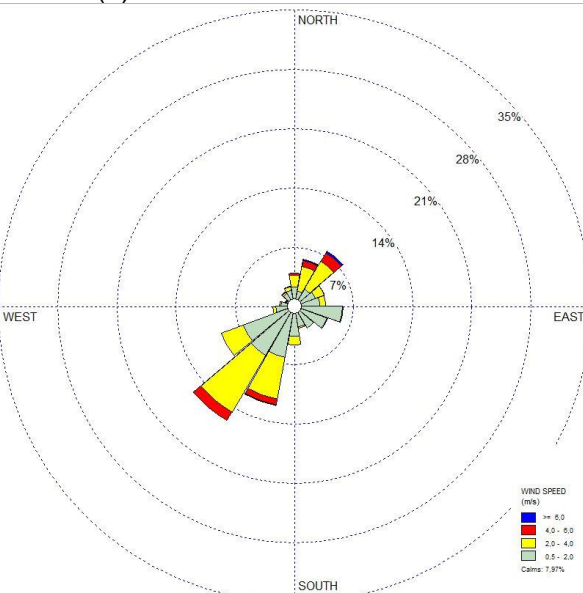
(a) Otoño – EM Campanacura 2018.



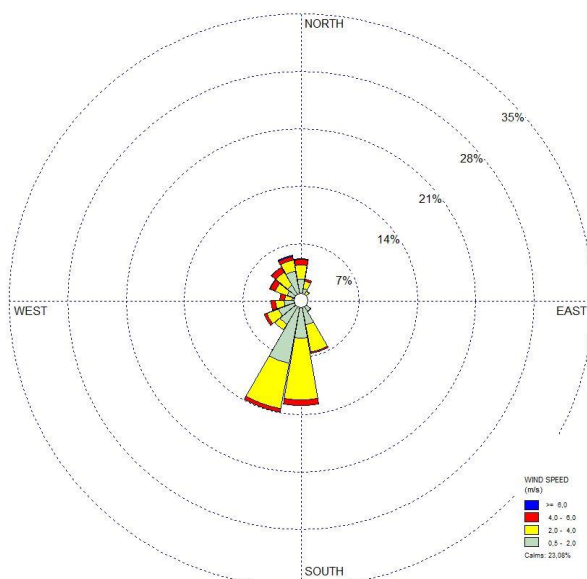
(b) Otoño – EM Linares 2018.



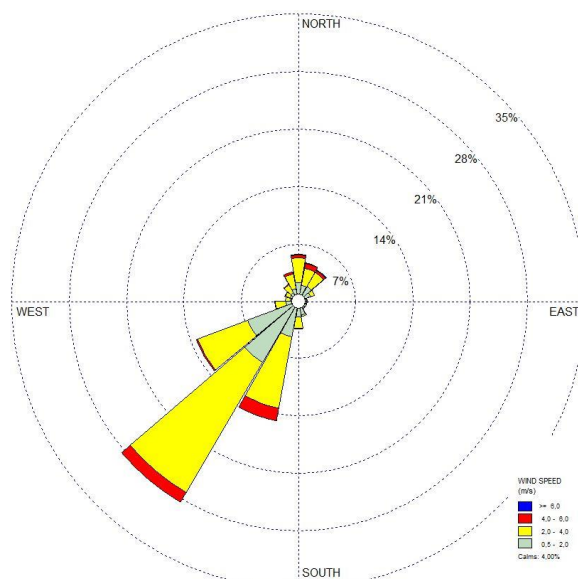
(c) Invierno – EM Campanacura 2018.



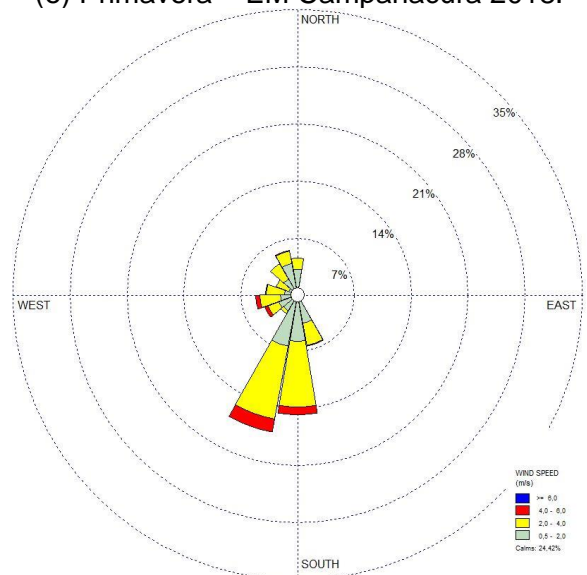
(d) Invierno – EM Linares 2018.



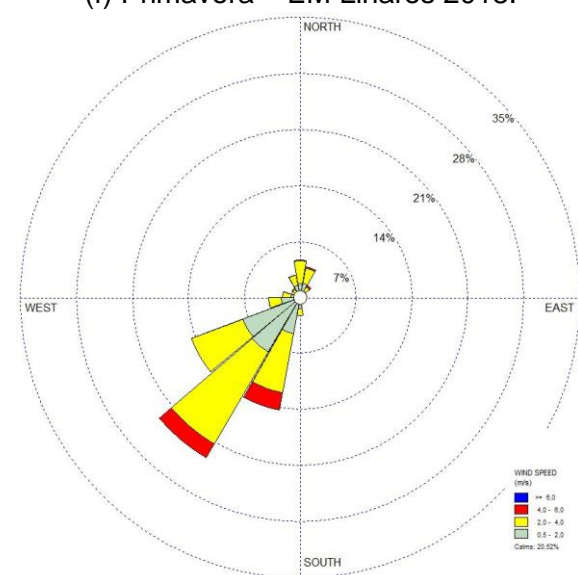
(e) Primavera – EM Campanacura 2018.



(f) Primavera – EM Linares 2018.



(g) Verano – EM Campanacura 2018.



(h) Verano – EM Linares 2018.

Figura Nº 38. Rosa de los vientos por estación del año.

7.3.5 Gráficos ciclo estacional

En las figuras a continuación, se observa la variación estacional de los ciclos de velocidad y dirección de viento. En relación a la dirección de viento en los meses de primavera y verano, se mantiene el ciclo diario con vientos desde el sur y suroeste durante todo el día, mientras que en los meses de junio y julio predominan los vientos provenientes desde el este. Lo anterior indica que la dispersión de gases se dirige hacia el norte y noreste, mientras que en los meses de invierno, según la estación linares, los gases se dirigen hacia el oeste.

Respecto a la velocidad del viento, durante las horas del día en primavera y verano ocurren las mayores velocidades, las que alcanzan los 3 m/s mientras que en horas de la noche presenta velocidades del viento inferior a 1,5 m/s. En los meses de invierno las velocidades también varían durante el día alcanzando un máximo de 3 m/s en las horas de la tarde para luego disminuir a 1,5 m/s durante la noche y la mañana.

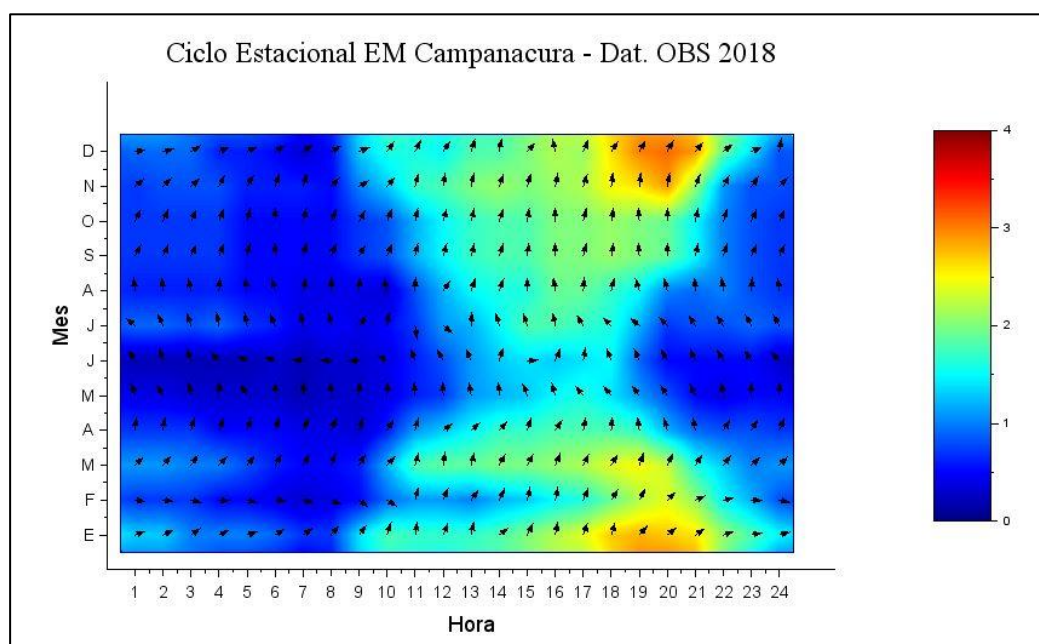


Figura Nº 39. Ciclos estacionales – datos observados estación Campanacura – Año 2018. ²⁰

²⁰ Las flechas indican hacia donde se dirige el viento.

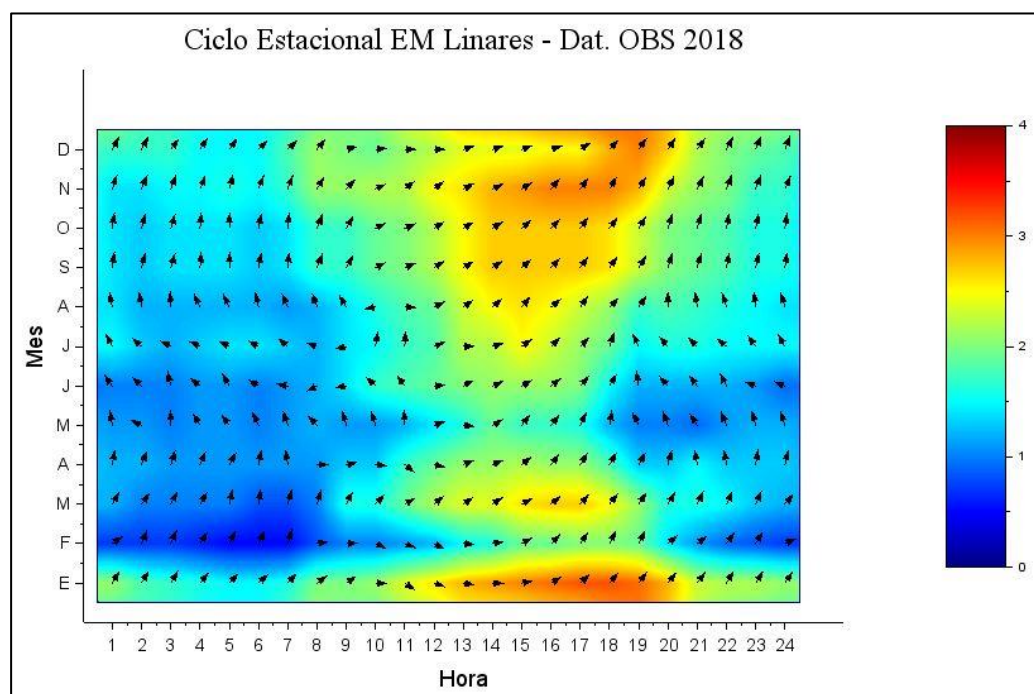


Figura Nº 40. Ciclos estacionales – datos observados estación Linares – Año 2018.

7.3.6 Elevación de Terreno

La zona modelada corresponde a un sector ubicado en la región del Maule, en la depresión intermedia, la que se encuentra rodeada por un cordón de cerros hacia el norte, alcanzando elevaciones de hasta 600 m.s.n.m. hacia el noreste, sin embargo, el plantel de cerdos San Agustín del Arbolito de Coexca S.A se encuentra emplazado en los 100 m.s.n.m.; la comuna más cercana es San Javier, ubicada a 29 km aproximadamente del plantel.

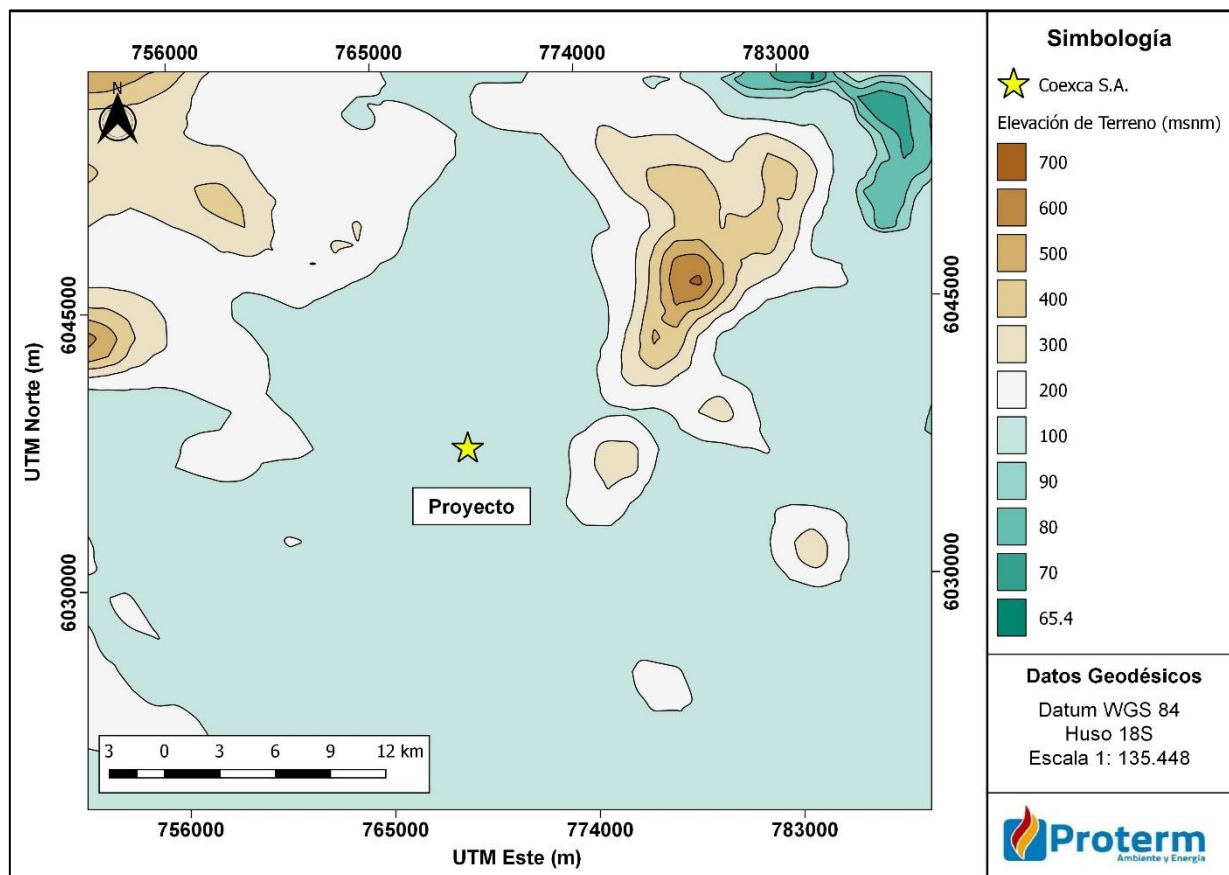


Figura Nº 41. Elevación de terreno archivo WRF.

7.4 Anexo N°4. Descripción meteorológica y geofísica de la zona (2019)

En el siguiente anexo se presenta el análisis de la meteorología de la zona modelada. Los datos expresados a continuación fueron extraídos por la plataforma AGROMET (Red Agroclimática Nacional) y SINCA, correspondientes a las estaciones de monitoreo de Campanacura y Linares.

Tabla N° 25. Datos estaciones meteorológicas consideradas.

Estación Meteorológica		Campanacura	Linares
Coordenada UTM Datum WGS 84	Zona	18H	19H
	Este (m)	768.017	265.805
	Norte (m)	6.014.861	6.031.030
"Periodo del registro (desde DD/MM/AA - hasta DD/MM/AA)"		01/01/2019 - hasta 31/12/2019	01/01/2019 - hasta 31/12/2019
Distancia desde el Proyecto (km)		19,1	36,0
Meteorología		Velocidad Viento(VV) Dirección Viento(DV) Temperatura (TA)	

7.4.1 Cantidad de datos

Para realizar el análisis meteorológico y el análisis de incertidumbre es necesario verificar la cantidad de datos presentes en las mediciones ambientales de las estaciones. A continuación, se muestran los datos de las estaciones en la serie de tiempo para comprobar que no existen periodos extensos sin datos durante el año de análisis.

Estación Campanacura:

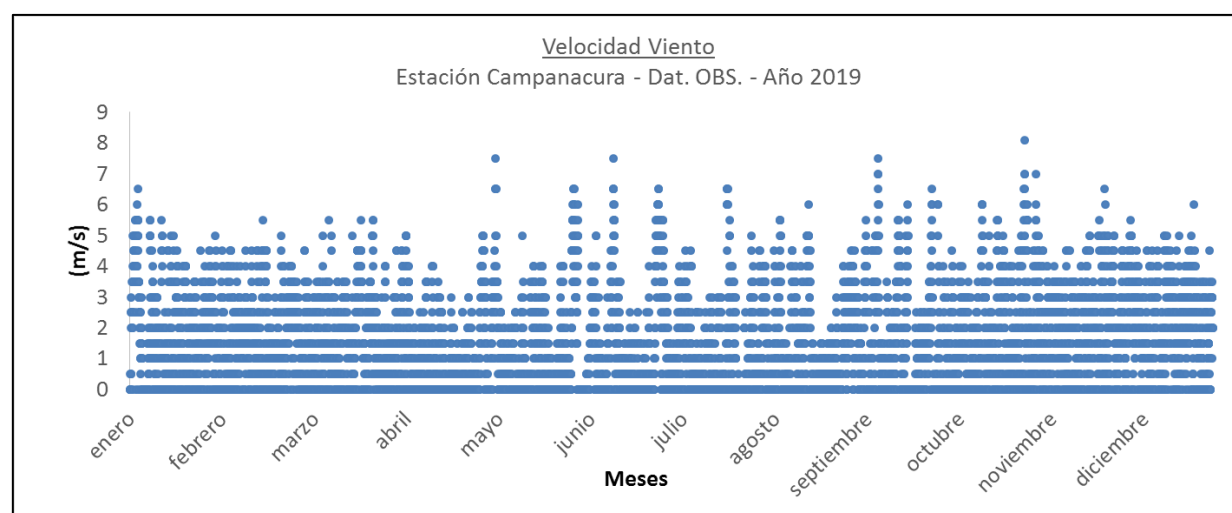


Figura N° 42. Serie de tiempo velocidad de viento – datos observados estación Campanacura – año 2019.

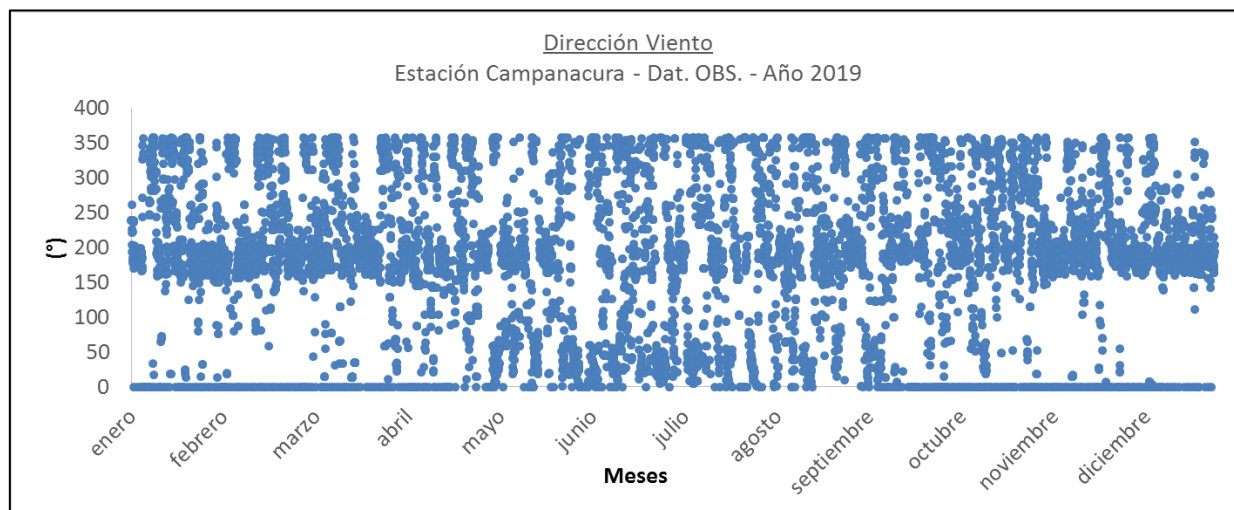


Figura N° 43. Serie de tiempo dirección de viento – datos observados estación Campanacura – año 2019.

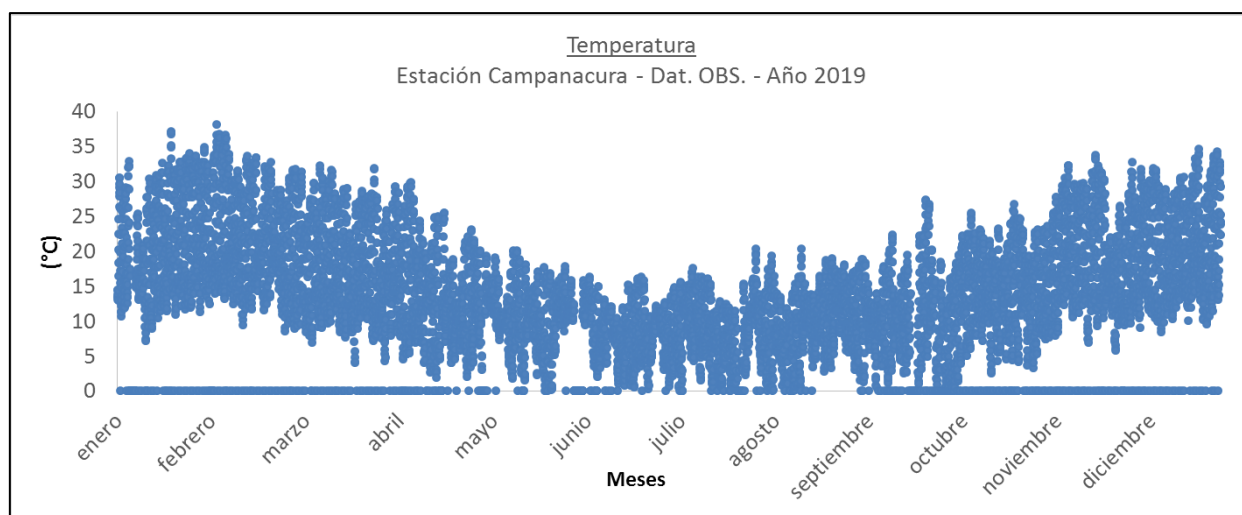


Figura N° 44. Serie de tiempo temperatura – datos observados estación Campanacura – año 2019.

Tabla N° 26. Datos válidos estación meteorológica Campanacura.

Porcentaje de datos meteorológicos disponibles – EM Campanacura													
Pará/mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
VV	89%	95%	96%	94%	94%	90%	94%	99%	85%	93%	93%	95%	93%
DV	89%	95%	96%	94%	94%	90%	94%	99%	85%	93%	93%	95%	93%
T	89%	95%	96%	94%	94%	90%	94%	99%	85%	93%	93%	95%	93%

La estación Campanacura posee una cantidad de datos mínima de 85% para velocidad del viento, dirección del viento y temperatura, lo que es superior al 75% sugerido por la Guía para modelos de calidad del aire del SEA.

Estación Linares:

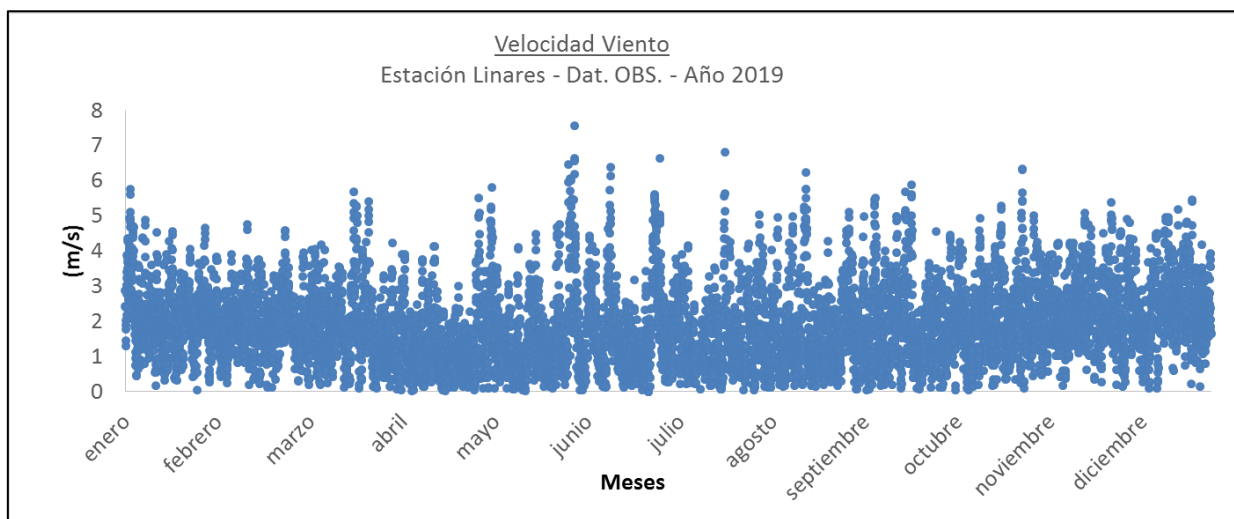


Figura Nº 45. Serie de tiempo velocidad de viento – datos observados estación Linares – año 2019.

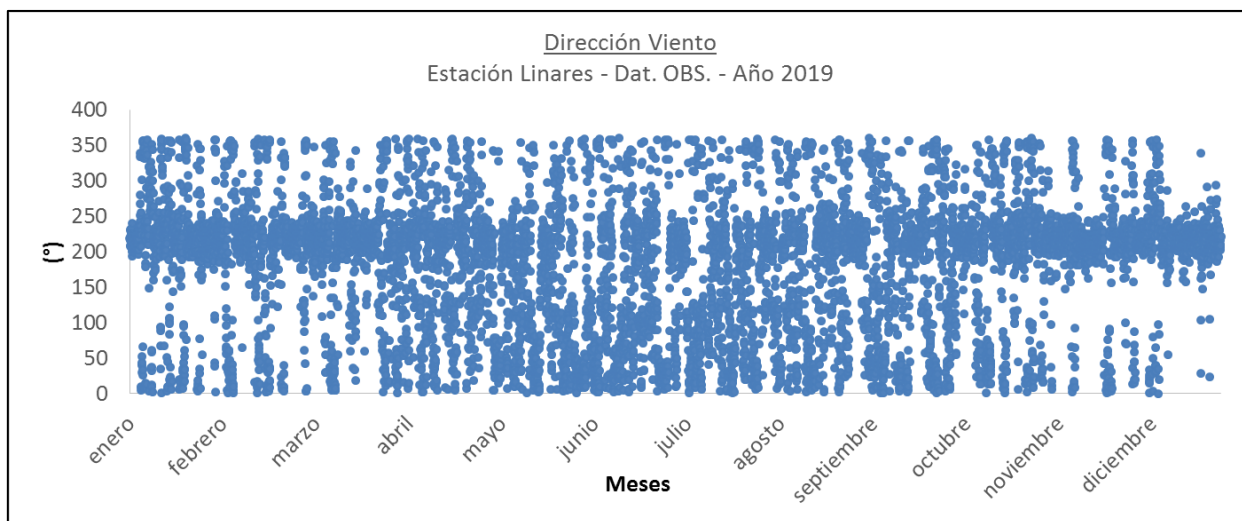


Figura Nº 46. Serie de tiempo dirección de viento – datos observados estación Linares – año 2019.

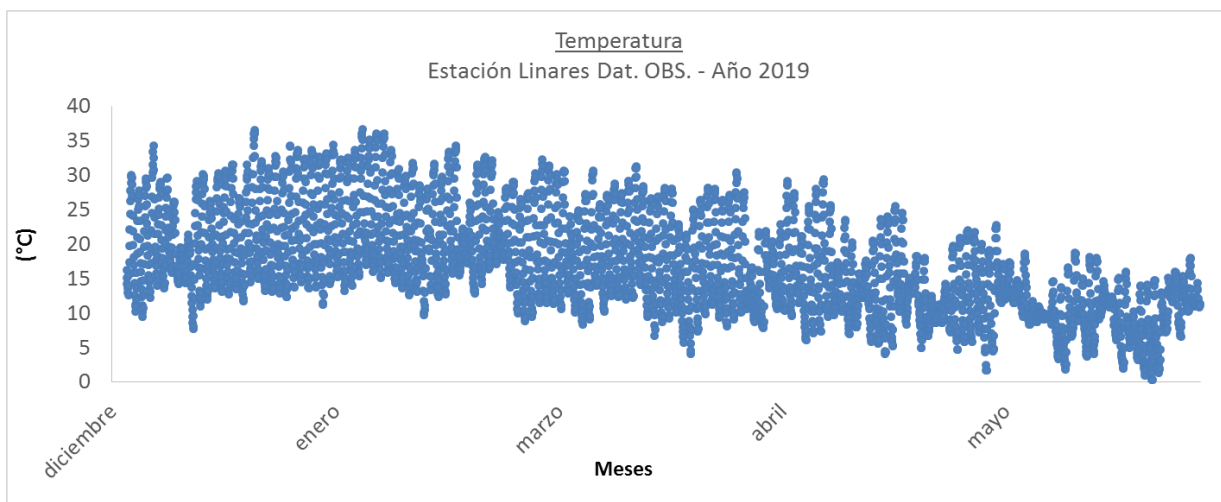


Figura Nº 47. Serie de tiempo temperatura – datos observados estación Linares – año 2019.

Tabla Nº 27. Datos válidos estación meteorológica Linares.

Porcentaje de datos meteorológicos disponibles – EM Linares													
Pará/mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
VV	100%	100%	100%	100%	100%	100%	96%	100%	100%	100%	98%	99%	99%
DV	100%	100%	100%	100%	100%	100%	96%	100%	100%	100%	98%	99%	99%
T	100%	100%	100%	100%	100%	100%	34%	0%	0%	0%	28%	19%	56%

A partir de las gráficas de serie de tiempo de los parámetros velocidad y dirección de viento de la estación Linares, se evidencian una cantidad de datos mínima de un 96%, superior al 75% sugerido por la Guía para modelos de calidad del aire del SEA. De acuerdo a la tabla anterior, las gráficas evidencian una cantidad de datos faltantes para el parámetro de temperatura en los meses de agosto, septiembre y octubre. Además en los meses de noviembre y diciembre para este último parámetro, se observa una cantidad de datos mínima de 28% y 19% respectivamente.

7.4.2 Gráficos Ciclo diario

Velocidad de viento

En los siguientes gráficos se presenta los ciclos diarios promedios de temperatura, velocidad y dirección del viento; junto con su variabilidad entre el percentil 5% a 95% (Rango 90% observado).

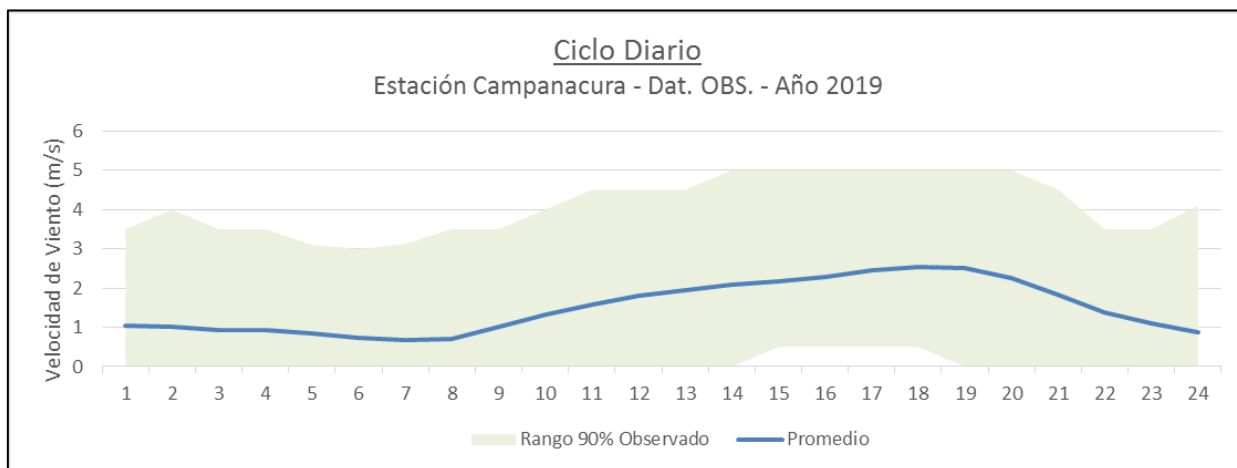


Figura Nº 48. Ciclo diario para velocidad de viento Campanacura.

En relación al ciclo diario promedio de la velocidad de viento, de la estación Campanacura, se observa una velocidad promedio mínima de 0,7 m/s durante la mañana y una velocidad máxima promedio de 2,5 m/s en las horas de la tarde. Durante el año, la velocidad del viento puede variar entre calmas y 5,0 m/s en el rango de 90% observado.

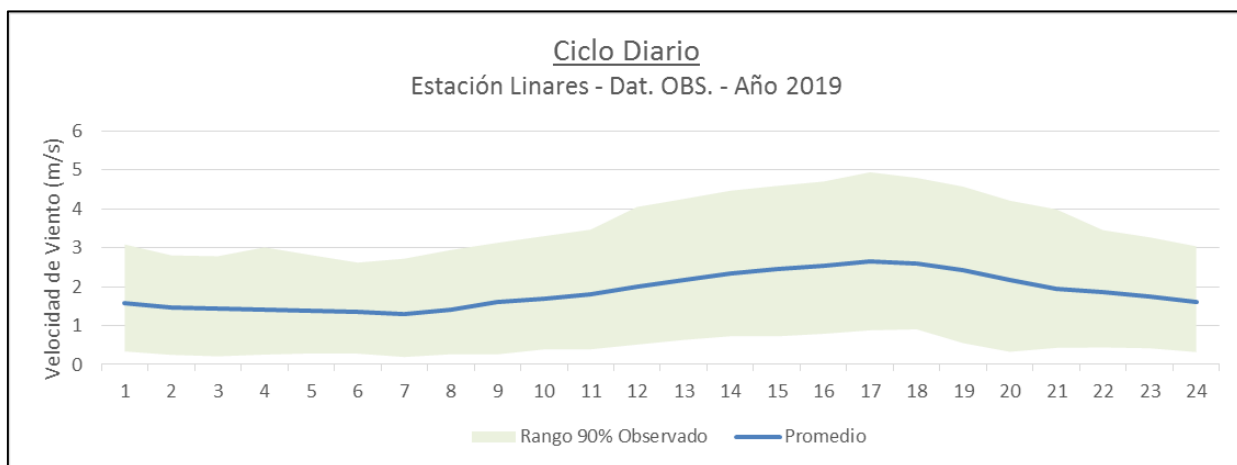


Figura Nº 49. Ciclo diario para velocidad de viento Linares.

En relación al ciclo diario promedio de la velocidad de viento, de la estación Linares, se observa una velocidad promedio mínima de 1,3 m/s durante la mañana y una velocidad máxima promedio de 2,6 m/s en las horas de la tarde. Durante el año, la velocidad del viento puede variar entre calmas y 5,0 m/s en el rango de 90% observado.

Dirección de viento

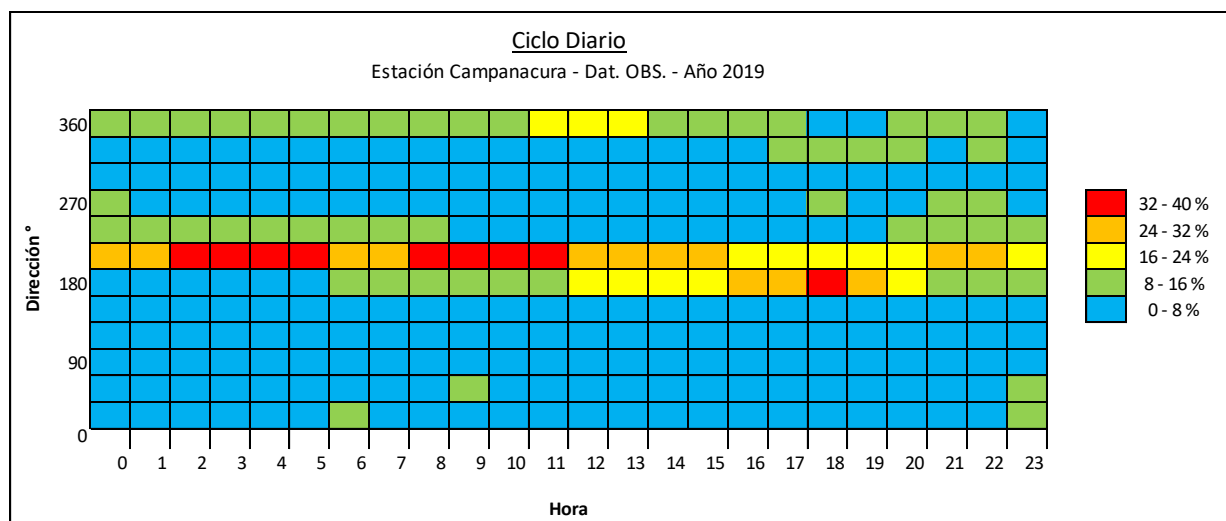


Figura Nº 50. Ciclo diario para dirección de viento estación Campanacura.

En relación al ciclo diario de la dirección de viento de la estación Campanacura, se observa que durante todo el día predominan los vientos provenientes desde el suroeste; dicha condición indica que los gases se dispersan hacia el noreste.

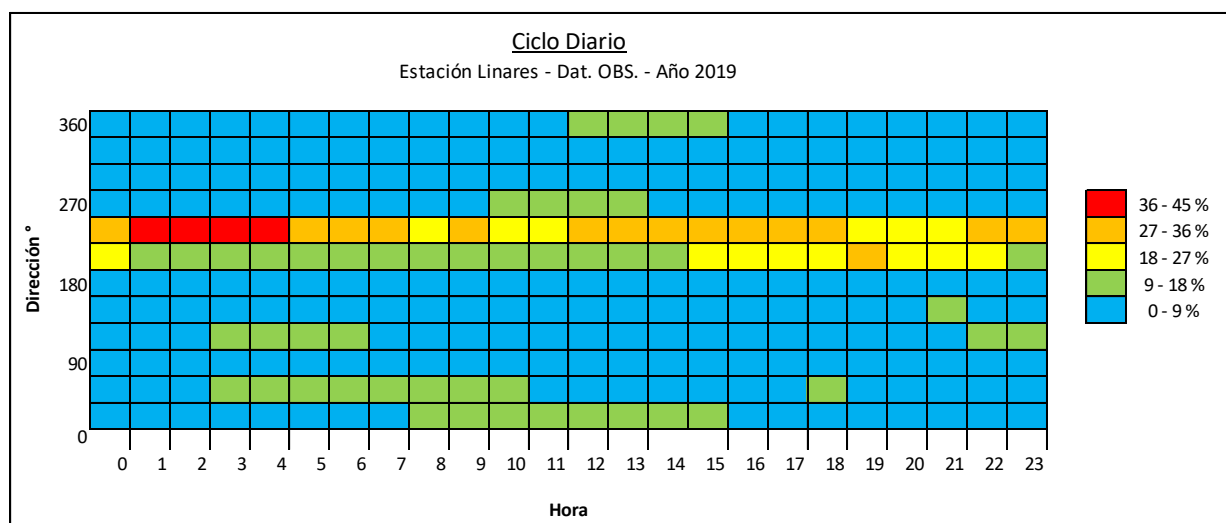


Figura Nº 51. Ciclo diario para dirección de viento estación Linares.

En relación al ciclo diario de la dirección de viento de la estación Linares, se observa que durante todo el día predominan los vientos provenientes desde el suroeste; dicha condición indica que los gases se dispersan hacia el noreste.

Temperatura

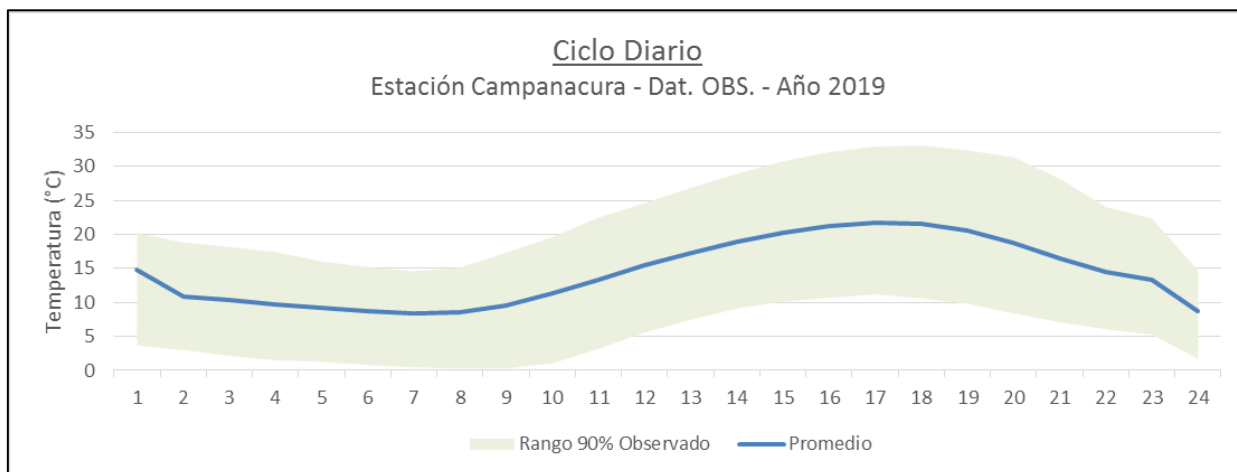


Figura Nº 52. Ciclo diario para temperatura estación Campanacura.

Respecto al ciclo diario de la temperatura, en la estación Campanacura, se observa una temperatura promedio variable de 8°C a 22°C.

La temperatura máxima ocurre a las 17:00 horas mientras que la mínima sucede a las 07:00 horas. Durante el año, la temperatura puede variar entre $\pm 20^{\circ}\text{C}$ respecto al promedio, alcanzando máximas de 33 °C y mínimas de 0°C, respecto al 90% observado.

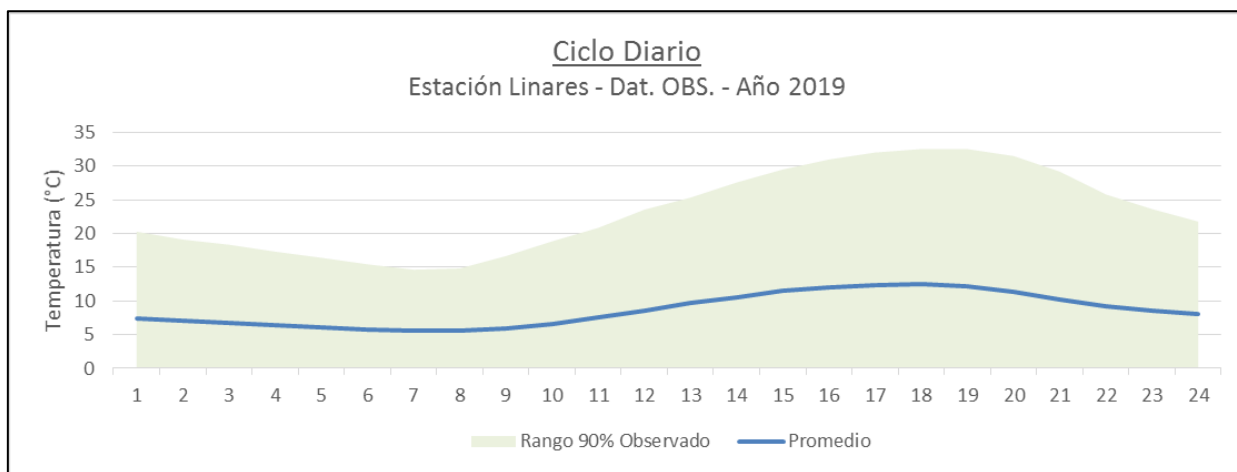


Figura Nº 53. Ciclo diario para temperatura estación Linares.

Respecto al ciclo diario de la temperatura, en la estación Linares, se observa una temperatura promedio variable de 6°C a 12°C. La temperatura máxima ocurre a las 17:00 horas mientras que la mínima sucede a las 08:00 horas. Durante el año, la temperatura puede variar entre $\pm 20^{\circ}\text{C}$ respecto al promedio, alcanzando máximos de 32 °C y mínimas de 0°C, respecto al 90% observado.

7.4.3 Gráficos Distribución de Vientos

Las siguientes figuras muestran la distribución de vientos en las estaciones: Campanacura y Linares. De aquí se puede concluir que la velocidad de los vientos fluye principalmente entre calmas con un 26,7% (velocidad menor a 0,5 m/s) y 39,3% de velocidades de viento entre 0,5 y 2,1 m/s (en la estación meteorológica Campanacura). Las condiciones anteriores proveen una dispersión más acotada alrededor de la plantel, disminuyendo el transporte del viento. Adicionalmente se presenta la distribución de vientos para la estación Linares.

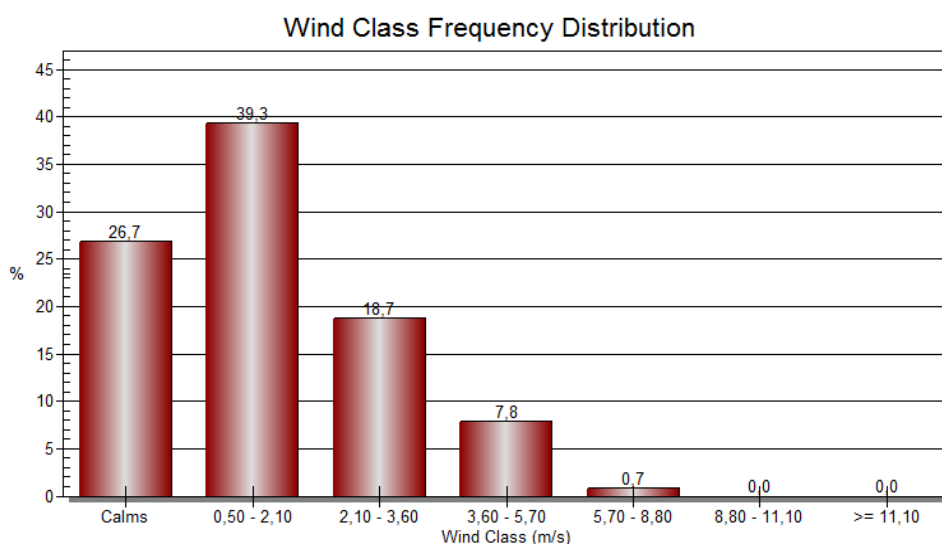


Figura Nº 54. Distribución velocidades de viento estación Campanacura.

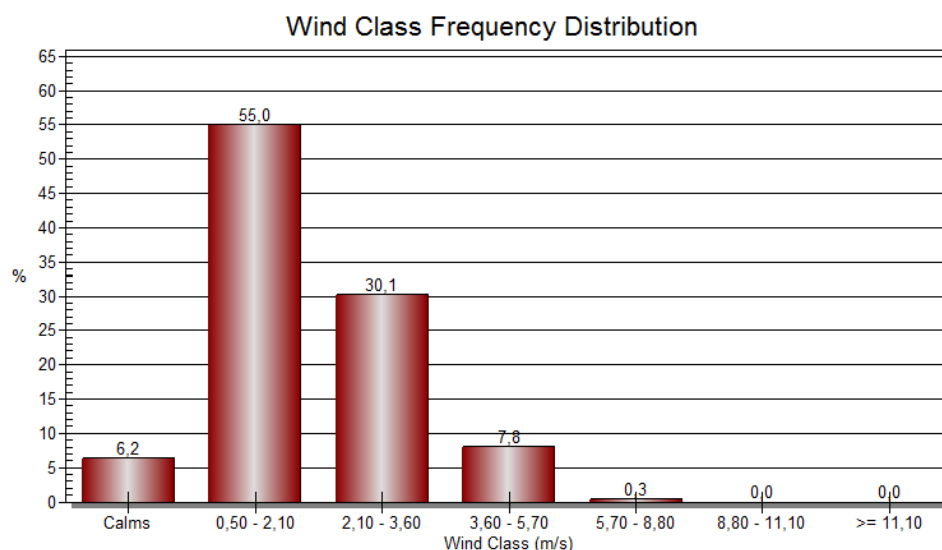


Figura Nº 55. Distribución velocidades de viento estación Linares.

7.4.4 Rosa de los vientos

De la rosa de los vientos anual realizada para cada estación, se puede concluir que el viento predominante proviene desde el sur y suroeste principalmente, alcanzando una frecuencia de un 30% en la estación Linares y un 20% en la estación Campanacura. Cabe destacar que los vientos alcanzan una velocidad que va entre los 4 y 6 m/s en ambas estaciones.

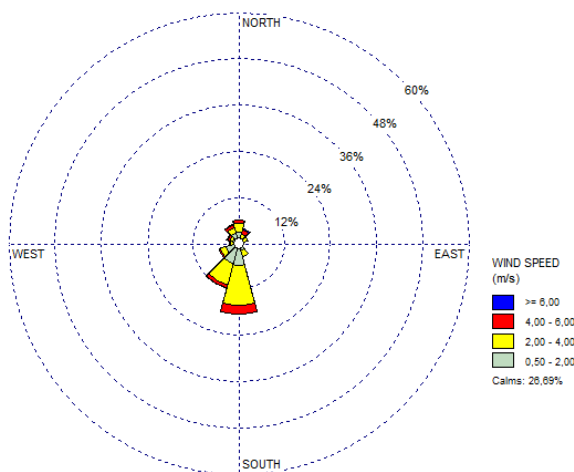


Figura Nº 56. Rosa de los vientos Anual.
Estación Campanacura.

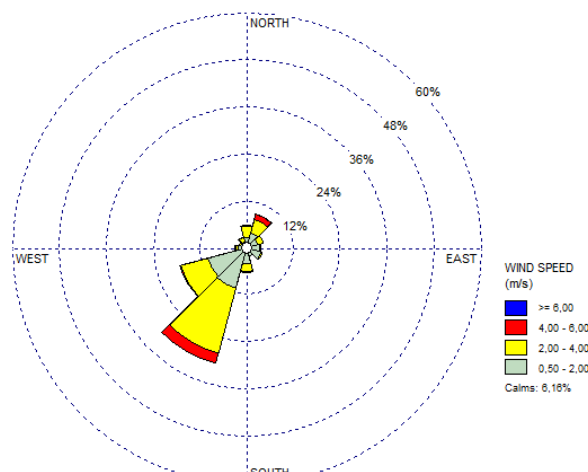


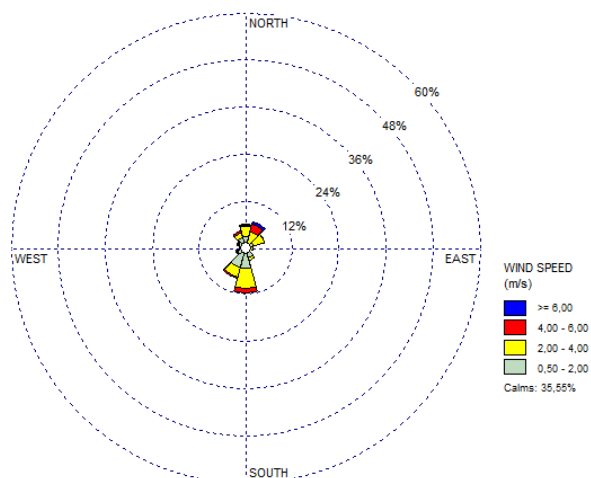
Figura Nº 57. Rosa de los vientos Anual.
Estación Linares.

Por estación

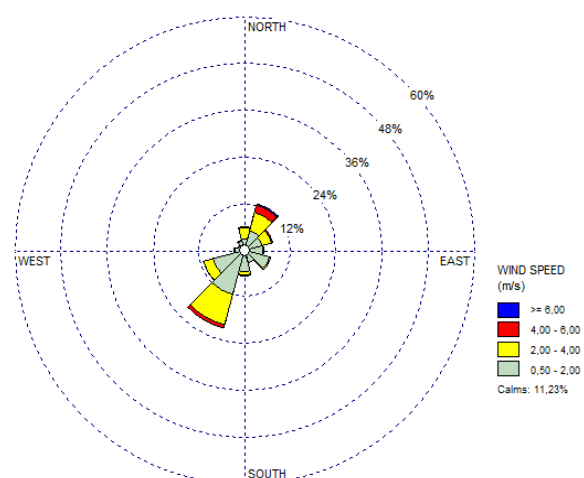
En los gráficos siguientes se muestra una comparación de las rosas de los vientos para cada estación del año.

- En otoño los vientos provienen principalmente desde el sur y suroeste, seguidos en menor frecuencia por los vientos provenientes desde el norte, debido a los periodos de inestabilidad atmosférica. Cabe destacar que las velocidades promedio alcanzan los 4 y 6 m/s, por lo que en este periodo la dispersión de emisiones se da principalmente al noreste.
- En invierno los vientos tienen un comportamiento similar al otoño. Cabe destacar que las velocidades promedio superan los 6 m/s en menor proporción.
- En primavera y verano, los vientos provienen desde el suroeste principalmente alcanzando una frecuencia de un 27% en primavera y 38% en verano. Cabe destacar que las mayores velocidades del viento alcanzan los 4 y 6 m/s, favoreciendo la dispersión de los gases hacia el noreste.

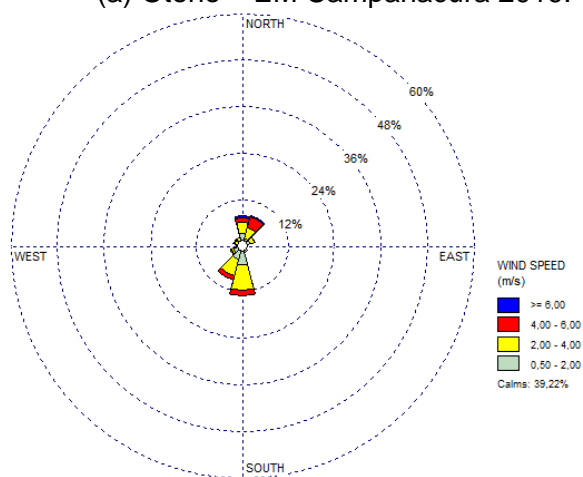
En los gráficos siguientes se muestran las rosas de los vientos para cada estación del año.



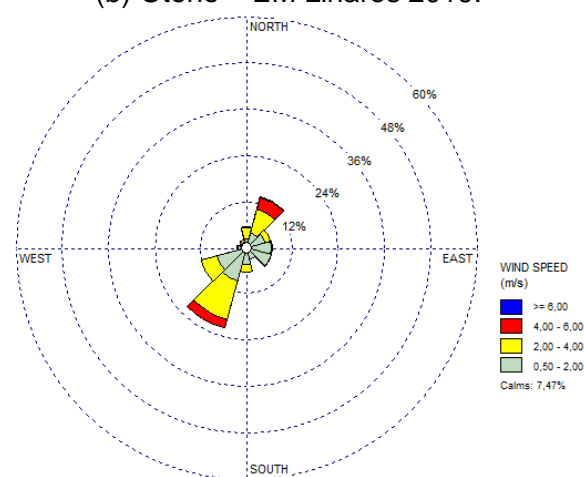
(a) Otoño – EM Campanacura 2019.



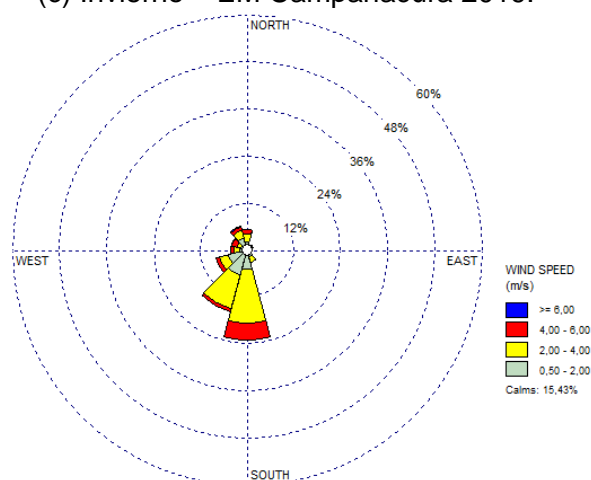
(b) Otoño – EM Linares 2019.



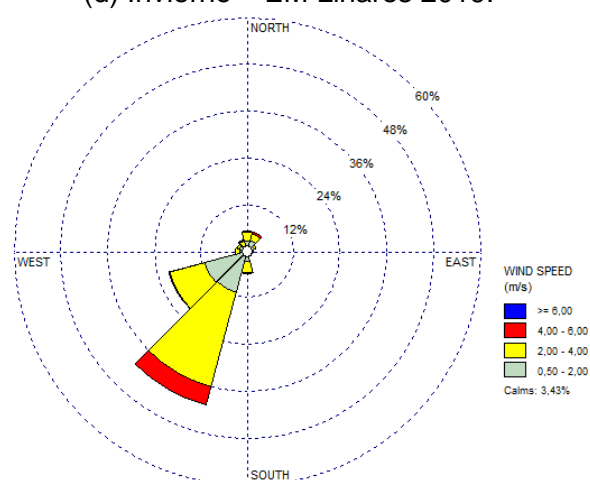
(c) Invierno – EM Campanacura 2019.



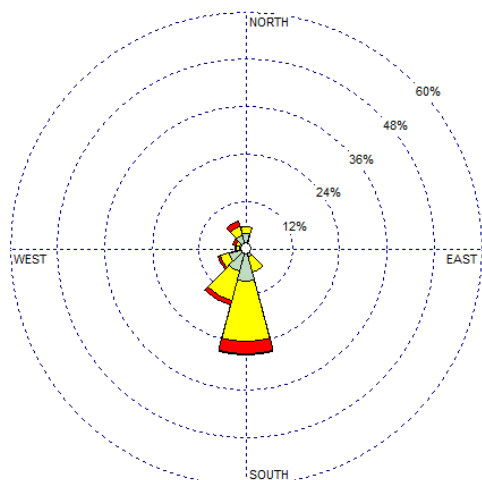
(d) Invierno – EM Linares 2019.



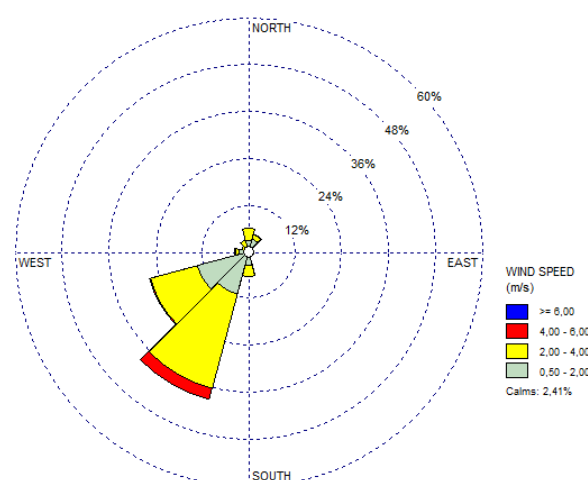
(e) Primavera – EM Campanacura 2019.



(f) Primavera – EM Linares 2019.



(g) Verano – EM Campanacura 2019.



(h) Verano – EM Linares 2019.

Figura Nº 58. Rosa de los vientos por estación del año.

7.4.5 Gráficos ciclo estacional

En las figuras a continuación, se observa la variación estacional de los ciclos de velocidad y dirección de viento. En relación a la dirección de viento en los meses de primavera y verano, se mantiene el ciclo diario con vientos desde el sur y suroeste durante todo el día, mientras que en los meses de junio y julio predominan los vientos provenientes desde el este y norte. Lo anterior indica que la dispersión de gases se dirige hacia el norte y noreste, mientras que en los meses de invierno, según la estación linares, los gases se dirigen hacia el noreste y sur.

Respecto a la velocidad del viento, durante las horas del día en primavera y verano ocurren las mayores velocidades, las que alcanzan los 4 m/s mientras que en horas de la noche presenta velocidades del viento inferior a 1,5 m/s, predominando las calmas en las mañanas y noches según la estación Campanacura. En los meses de invierno las velocidades también varían durante el día alcanzando un máximo de 3 m/s en las horas de la tarde para luego disminuir a 1,5 m/s durante la noche y la mañana.

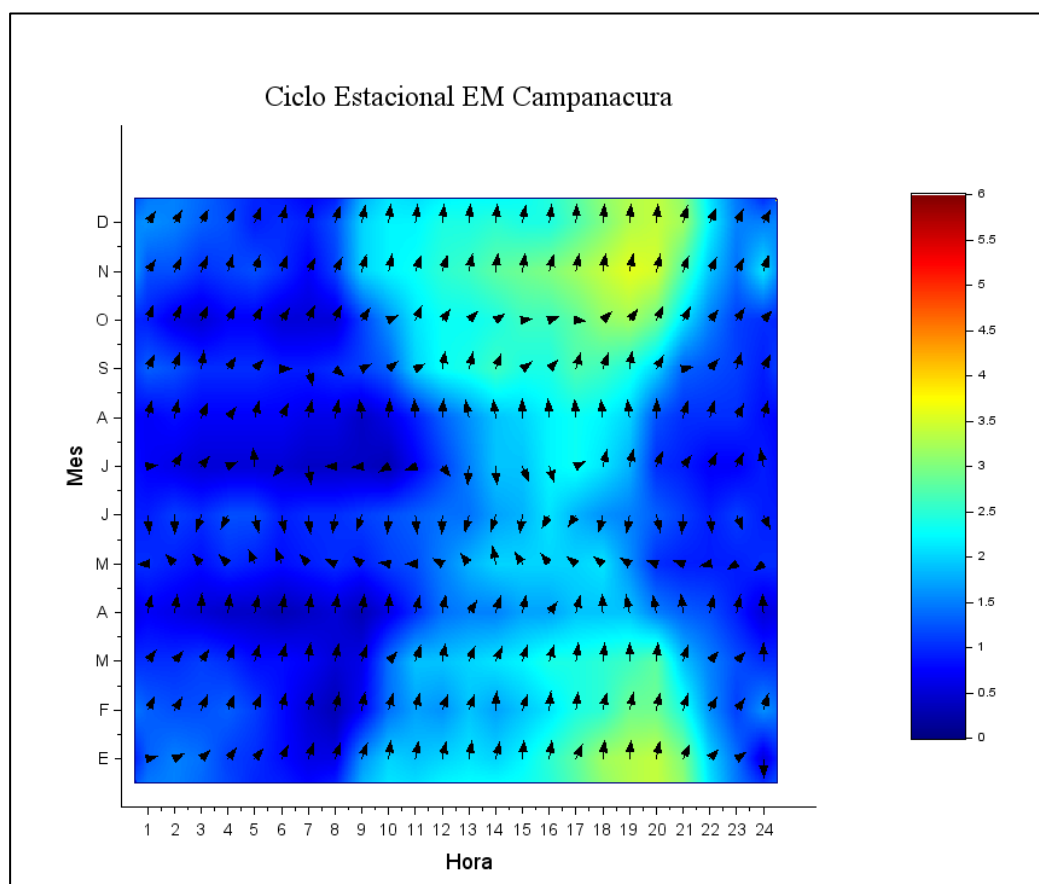


Figura Nº 59. Ciclos estacionales – datos observados estación Campanacura – Año 2019.²¹

²¹ Las flechas indican hacia donde se dirige el viento.

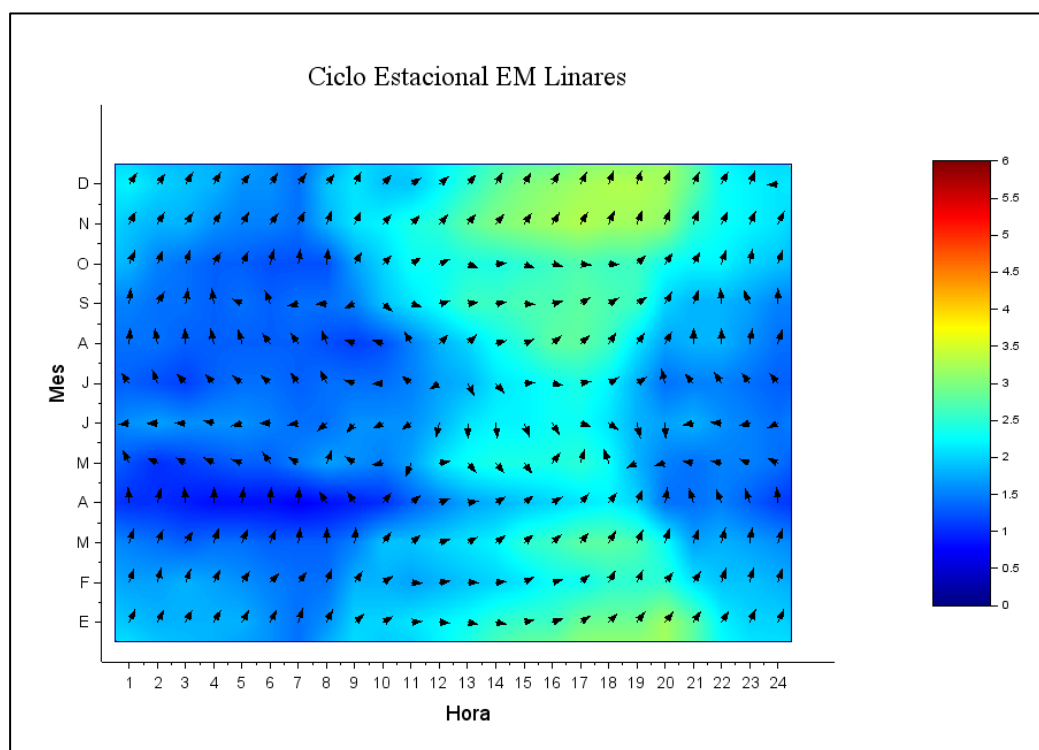


Figura Nº 60. Ciclos estacionales – datos observados estación Linares – Año 2019.

7.5 Anexo N°5. Análisis incertidumbre (2018)

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 ello se utilizan los datos disponibles en las estaciones de monitoreo ubicadas en la zona de interés para el estudio.

Las estaciones de monitoreo analizadas Campanacura y Linares se encuentran a 19,1 y 36,0 km del plantel de cerdos (hacia el sur y este, respectivamente). Los parámetros monitoreados por dicha estación corresponden a temperatura, velocidad y dirección de viento. Para la evaluación del desempeño se realiza una comparación entre las variables temperatura, velocidad y dirección de viento, ya que éstas son las variables de mayor interés.

Con el fin de evaluar el desempeño, se realiza un análisis cualitativo de los parámetros de interés. El análisis cualitativo se desarrolla mediante la comparación entre los ciclos diarios promedios, mensuales, ciclos estacionales y rosa de los vientos.

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.

7.5.1 Ciclos Diarios promedios

Velocidad de viento

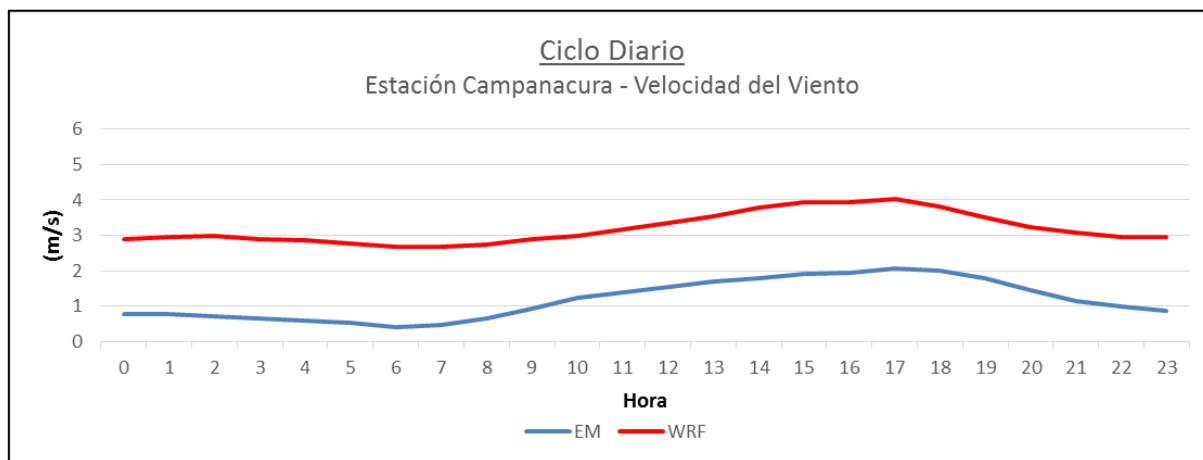


Figura N° 61. Comparación ciclo diario de velocidad de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.

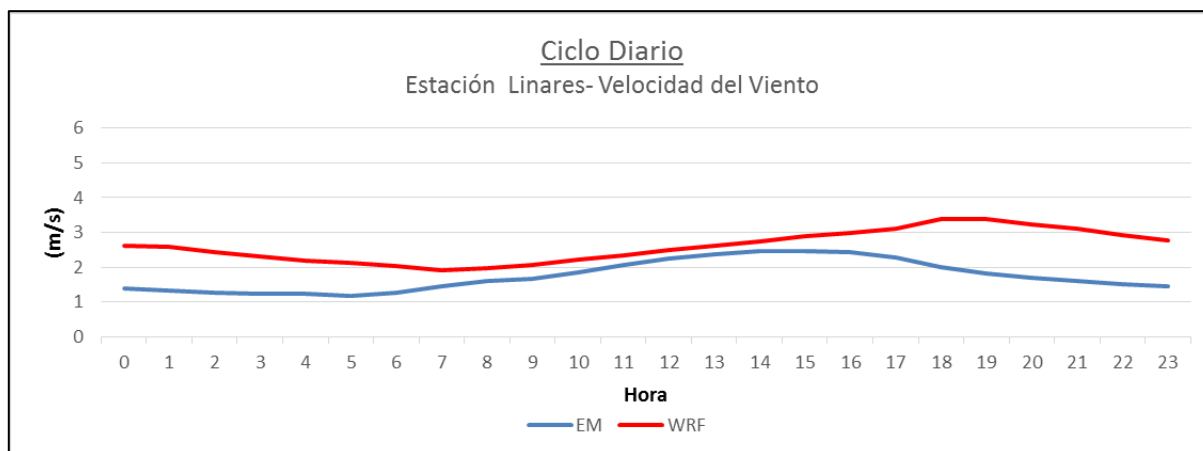


Figura N° 62. Comparación ciclo diario de velocidad de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Linares.

De las figuras anteriores se puede concluir que el ciclo diario promedio de velocidad de viento entre los datos observados y los datos modelados presenta valores sobrestimados en ± 2 m/s en el WRF en comparación a la estación Campanacura. Por otro lado, en la estación Linares los valores se ajustan más a la realidad entre las 07:00 y las 14:00 hrs, mientras que entre las 15:00 y las 06:00 hrs se observa una sobrestimación de los datos del WRF en ± 1 m/s en comparación a los datos observados. A pesar de la leve sobreestimación de los datos, se puede concluir que los datos presentan una variación diaria de velocidad con un patrón similar al del modelo de pronóstico y el observado en ambas estaciones. La variación de velocidad en la estación campanacura puede ser atribuida a las diferencias de altura entre la observación (3 metros) y el archivo WRF (10 metros).

Dirección de Viento

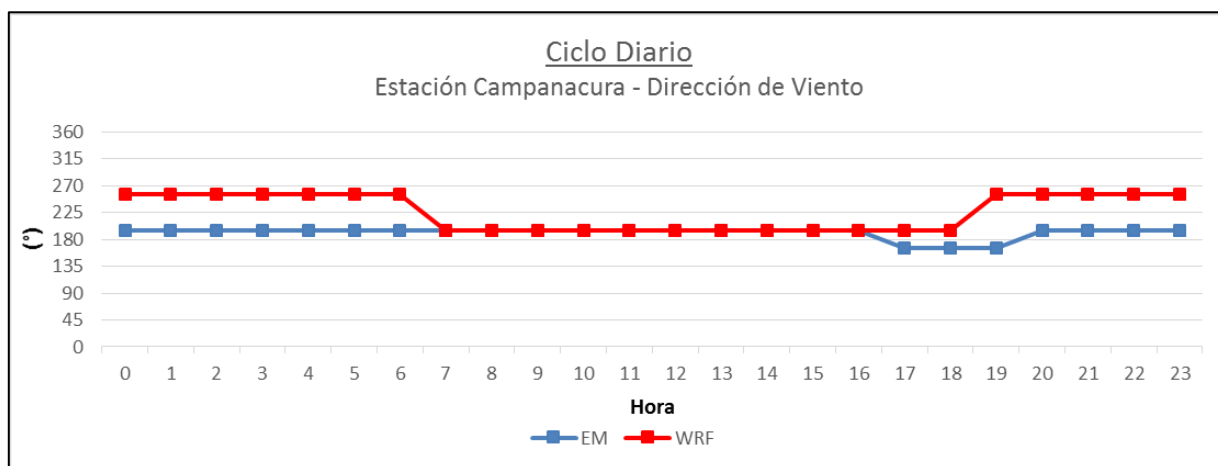


Figura Nº 63. Comparación ciclo diario de dirección de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.

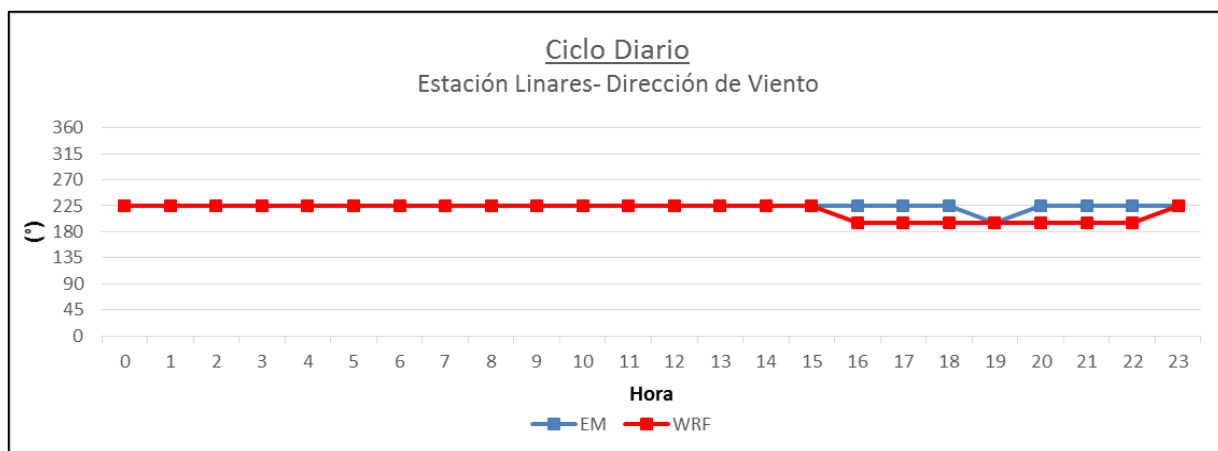


Figura Nº 64. Comparación ciclo diario de dirección de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Linares.

De la figura anterior se puede concluir que la moda diaria de dirección del viento entre los datos observados y los datos modelados presentan valores idénticos entre las 07:00 y las 16:00 hrs de la estación Campanacura, mientras que entre las 17:00 y las 06:00 hrs varía levemente la dirección del viento en el WRF en 45° en promedio. Por otro lado, en la estación Linares se observan valores idénticos entre las 23:00 y las 15:00 hrs, mientras que de las 16:00 y las 22:00 hrs se observa una subestimación de 20° en promedio de los datos modelados en comparación a los observados. Dado estas circunstancias, respecto a la moda diaria de dirección de viento, el modelo es adecuado.

Temperatura

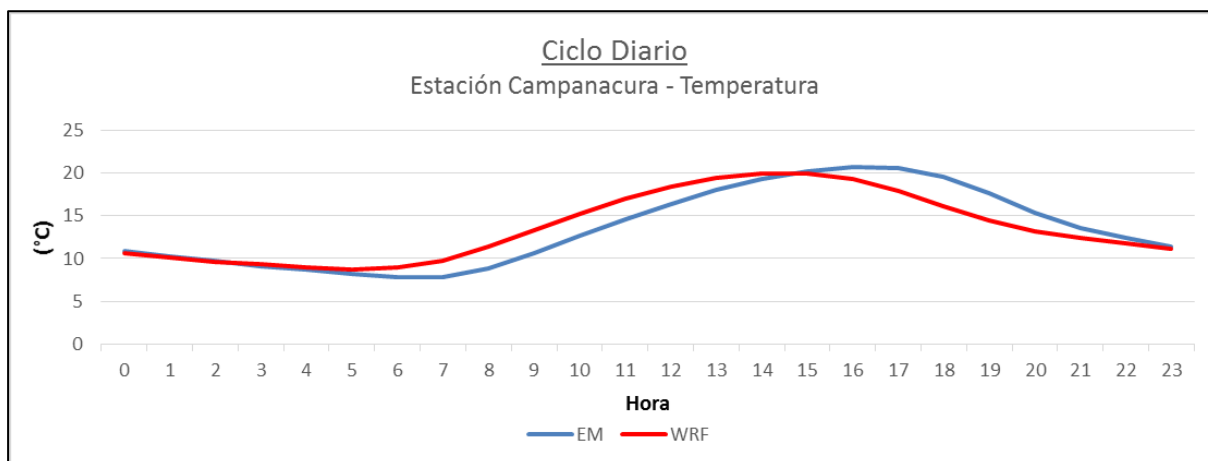


Figura Nº 65. Comparación ciclo diario de temperatura entre los datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.

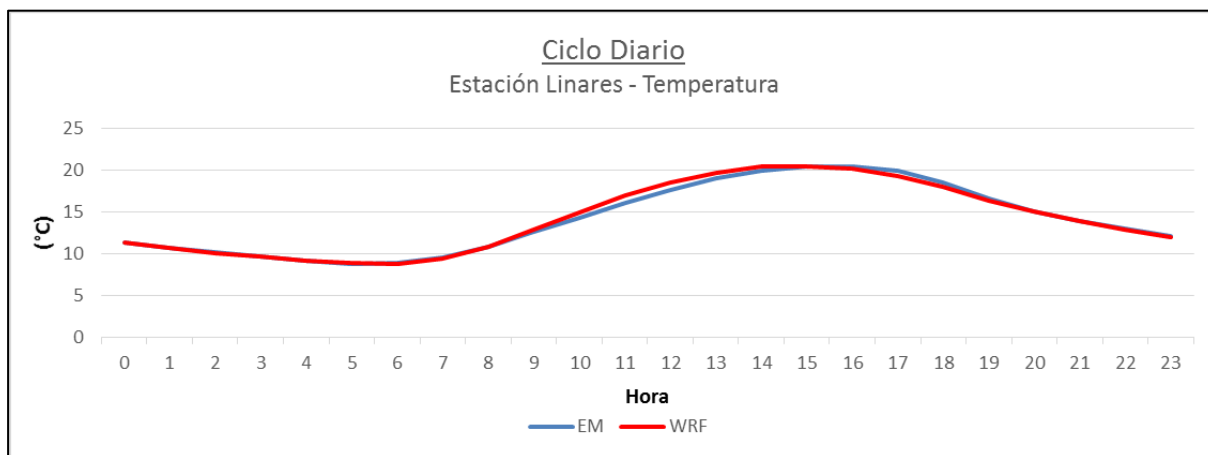


Figura Nº 66. Comparación ciclo diario de temperatura entre los datos observados y proyectados para la estación de Linares.

De las figuras anteriores, se puede concluir que el ciclo diario promedio de temperatura entre los datos observados y los datos modelados presentan valores similares con una diferencia de $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ en la estación Campanacura, mientras que en la estación Linares se presentan datos idénticos de los datos modelados con respecto a los observados. 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.

7.5.2 Promedio Mensuales

Velocidad de viento

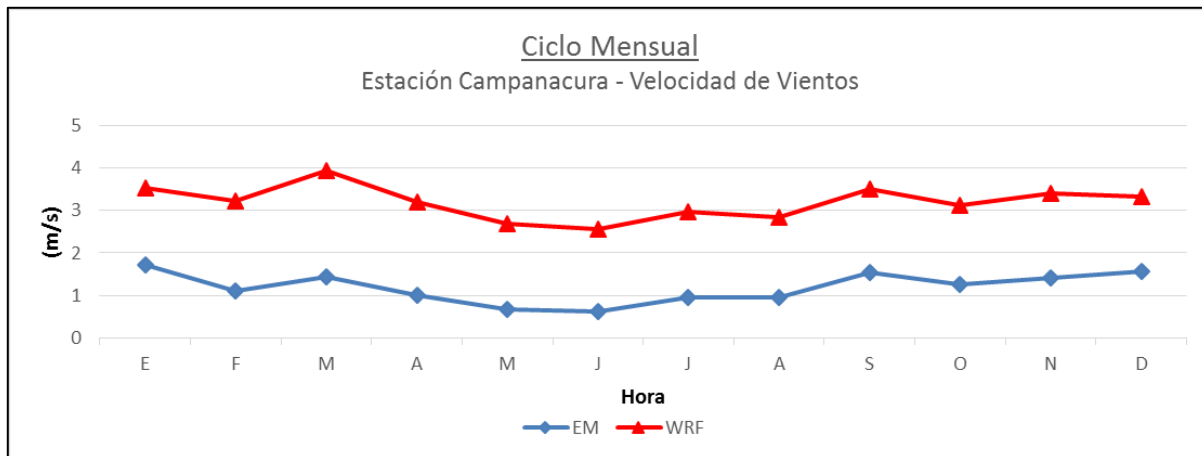


Figura Nº 67. Comparación moda mensual de velocidad de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.

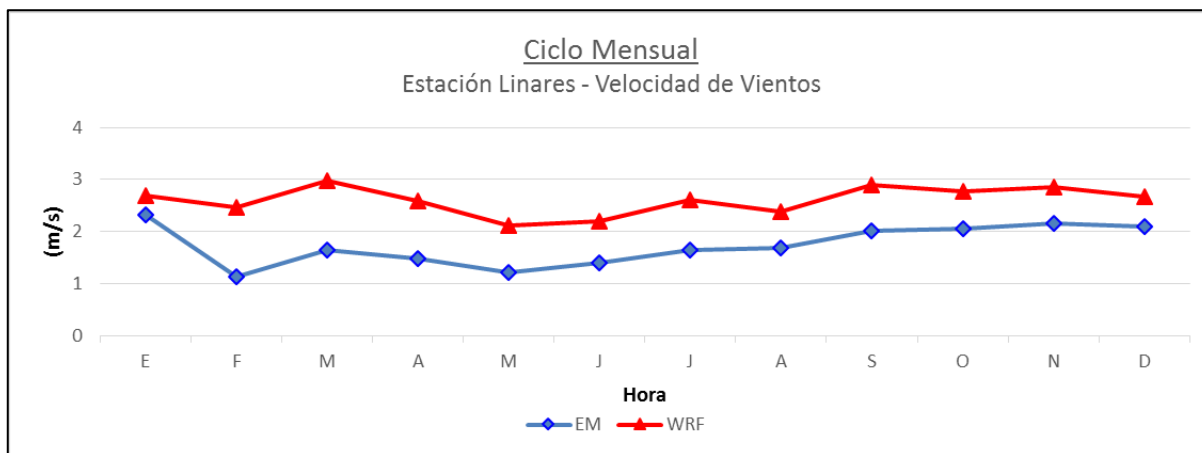


Figura Nº 68. Comparación moda mensual de velocidad de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Linares.

De las figuras anteriores se puede concluir que el promedio mensual de velocidad de viento entre los datos observados y los datos modelados presentan valores similares con una diferencia de ± 2 m/s para la estación de Campanacura. En cuanto a la estación de Linares, se presentan diferencia de ± 1 m/s en promedio. La variación mensual de velocidad posee el mismo patrón del modelo de pronóstico y el observado. La variación de velocidad en la estación Campanacura puede ser atribuida a las diferencias de altura entre la observación (3 metros) y el archivo WRF (10 metros).

Dirección de Viento

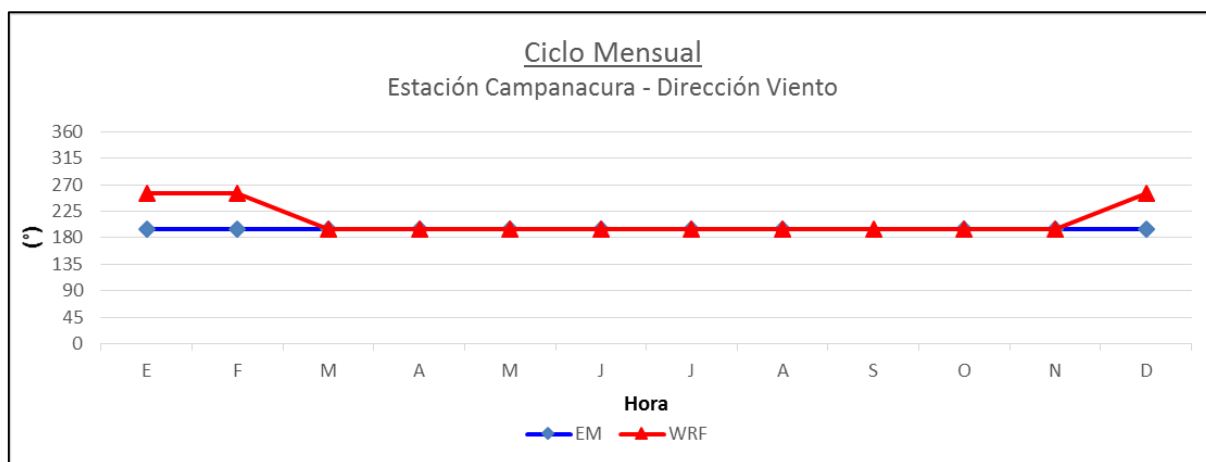


Figura Nº 69. Comparación moda mensual de dirección de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.

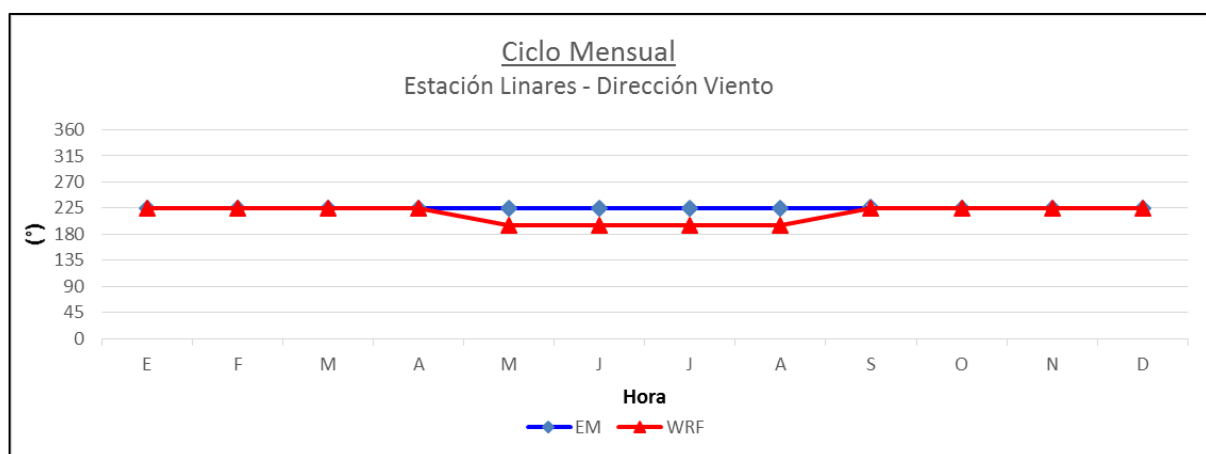


Figura Nº 70. Comparación moda mensual de dirección de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Linares.

De las figuras anteriores se puede concluir que la moda mensual de dirección del viento entre los datos observados y los datos modelados presentan valores idénticos la mayor parte del año, sin embargo, en los meses de diciembre, enero y febrero, en la estación Campanacura se observa una variación de los datos de 45° en promedio; mientras que en la estación Linares se observa una leve variación de los datos en 20° en promedio. Dado estas circunstancias, respecto a la moda mensual de dirección de viento, el modelo es adecuado.

Temperatura

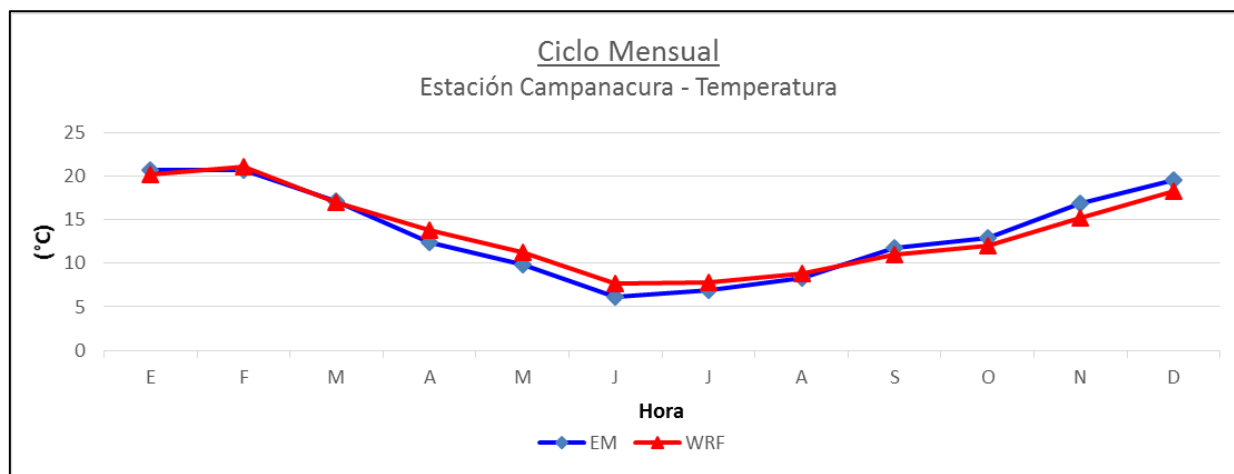


Figura Nº 71. Comparación moda mensual de temperatura entre los datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.

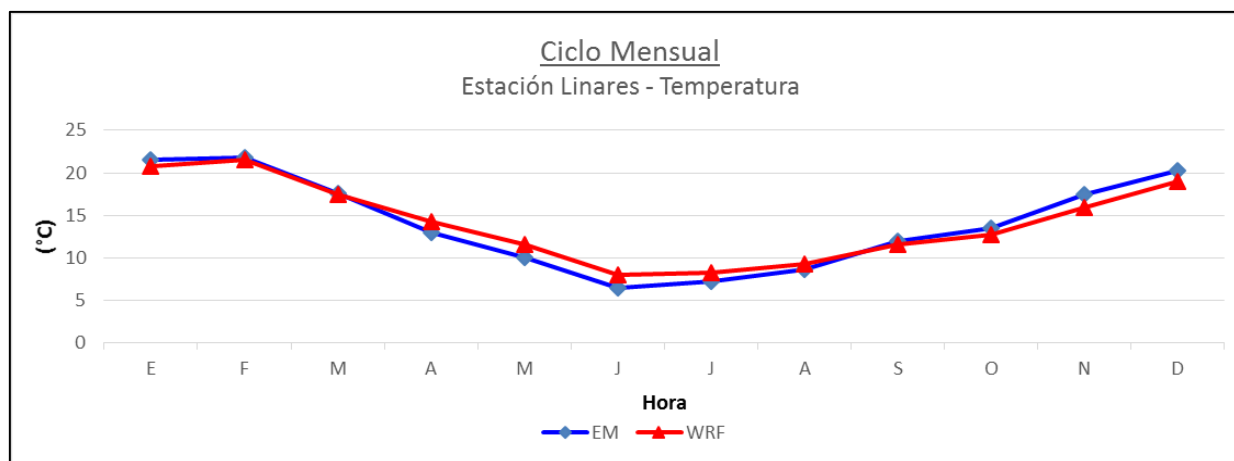
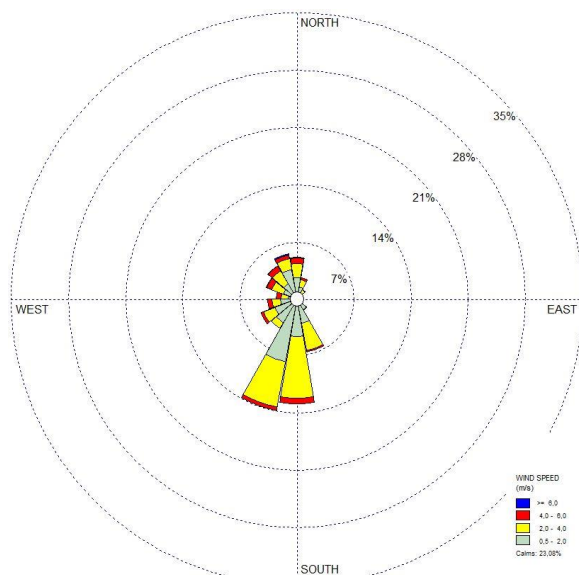


Figura Nº 72. Comparación moda mensual de temperatura entre los datos observados y proyectados para la estación de Linares.

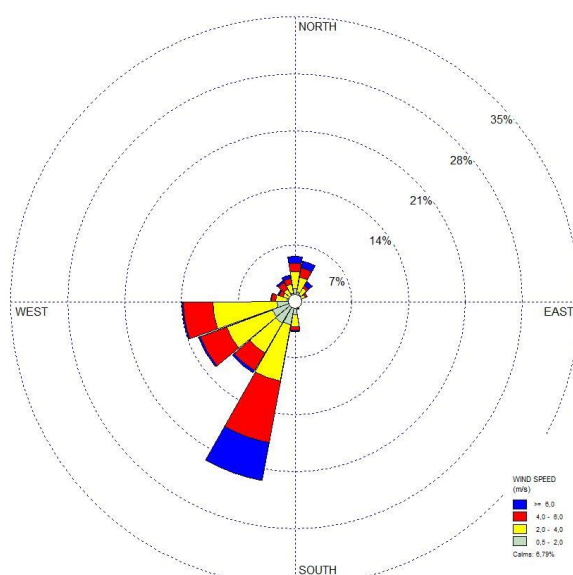
De la figura anterior, se puede concluir que los promedios mensuales de temperatura entre los datos observados y los datos modelados presentan valores similares con una diferencia de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ en promedio. Además, la variación mensual de temperatura posee el mismo patrón del modelo de pronóstico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

7.5.3 Dirección de viento

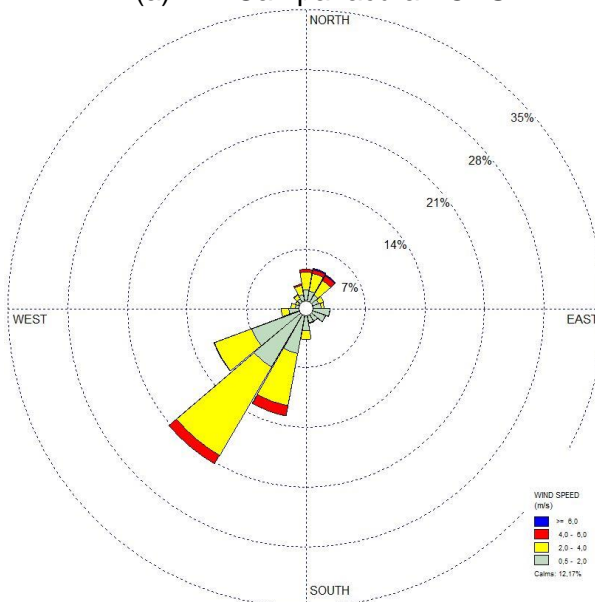
Rosa de los vientos



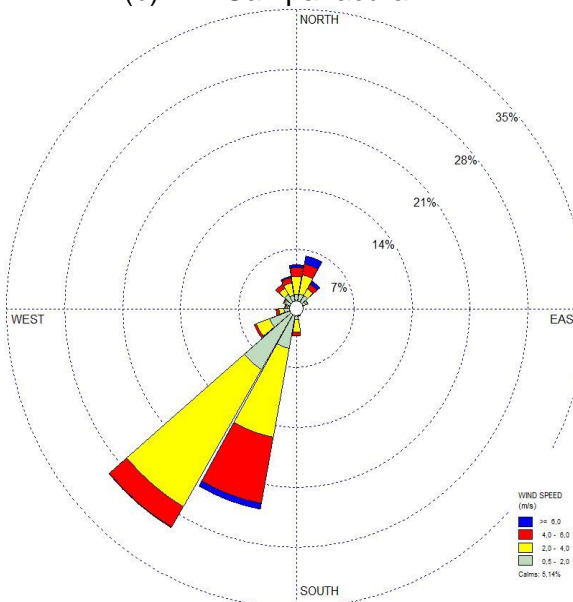
(a) EM Campanacura - OBS



(b) EM Campanacura - WRF



(c) EM Linares - OBS



(d) EM Linares - WRF

Figura N° 73. Comparación Rosas de viento.

De las rosas de los vientos mostradas, se puede observar que en Campanacura predominan los vientos provenientes desde el sur y suroeste; mientras que en Linares predominan los vientos provenientes desde el suroeste. En general el modelo y los datos observados son similares exceptuando las velocidades más altas donde aparece un aumento de los vientos sobre 6 m/s en los datos modelados en Campanacura. El modelo presenta un patrón similar de viento por lo que se puede indicar que el modelo es adecuado.

7.5.4 Análisis cuantitativo

De acuerdo a lo solicitado por la Guía para uso de modelos de calidad del aire en el SEIA, se presenta el análisis cuantitativo de las variables meteorológicas involucradas en la modelación. En el análisis se incluye las variables temperatura y velocidad de viento, con las métricas solicitadas: Sesgo (error medio), coeficiente de correlación y error medio cuadrático.

Tabla N° 28. Análisis cuantitativo.

Parámetro	Métrica	Campanacura		Linares	
		Horario	Diario	Horario	Diario
Velocidad	RMSE	2,56 m/s	2,22 m/s	1,58 m/s	1,16 m/s
	BIAS	2,01 m/s	2,00 m/s	0,86 m/s	0,86 m/s
	R ²	0,39	0,65	0,35	0,57
Temperatura	RMSE	3,2 °C	2,0 °C	2,40 °C	1,67 °C
	BIAS	0,07 °C	0,07 °C	0,07 °C	0,08 °C
	R ²	0,90	0,91	0,82	0,88

Los resultados anteriores son comunes en archivos meteorológicos WRF. De la tabla anterior es posible observar que las diferencias de velocidades, son mayores en la estación de Campanacura, atribuido a las diferencias de altura entre la observación (datos a 3 metros sobre el nivel de suelo) y el archivo WRF (datos a 10 metros sobre el nivel del suelo).

7.6 Anexo N°6. Análisis 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 ello se utilizan los datos disponibles en las estaciones de monitoreo ubicadas en la zona de interés para el estudio.

Las estaciones de monitoreo analizadas Campanacura y Linares se encuentran a 19,1 y 36,0 km del plantel de cerdos (hacia el sur y este, respectivamente). Los parámetros monitoreados por dicha estación corresponden a temperatura, velocidad y dirección de viento. Para la evaluación del desempeño se realiza una comparación entre las variables temperatura, velocidad y dirección de viento, ya que éstas son las variables de mayor interés.

Con el fin de evaluar el desempeño, se realiza un análisis cualitativo de los parámetros de interés. El análisis cualitativo se desarrolla mediante la comparación entre los ciclos diarios promedios, mensuales, ciclos estacionales y rosa de los vientos.

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.

7.6.1 Ciclos Diarios promedios

Velocidad de viento

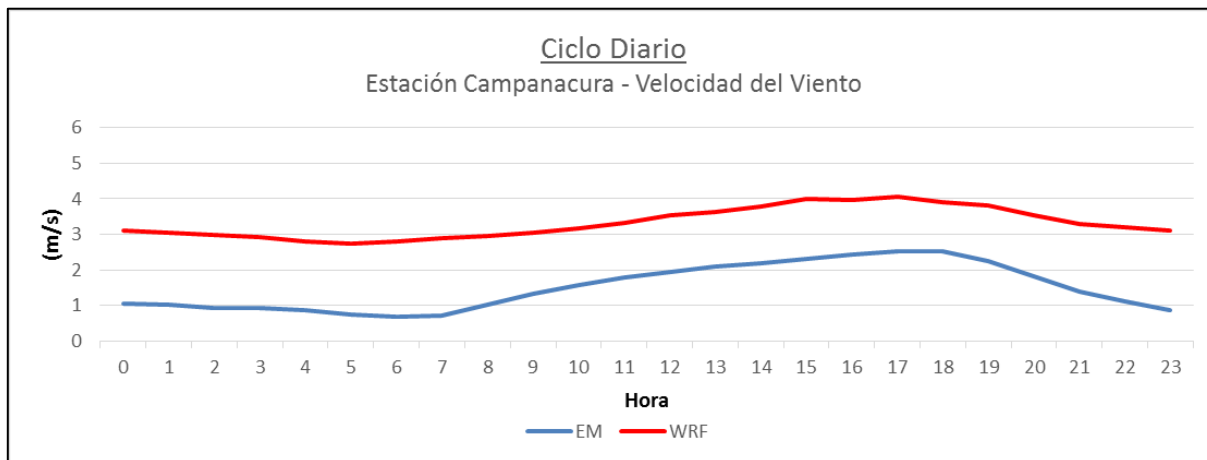


Figura Nº 74. Comparación ciclo diario de velocidad de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.

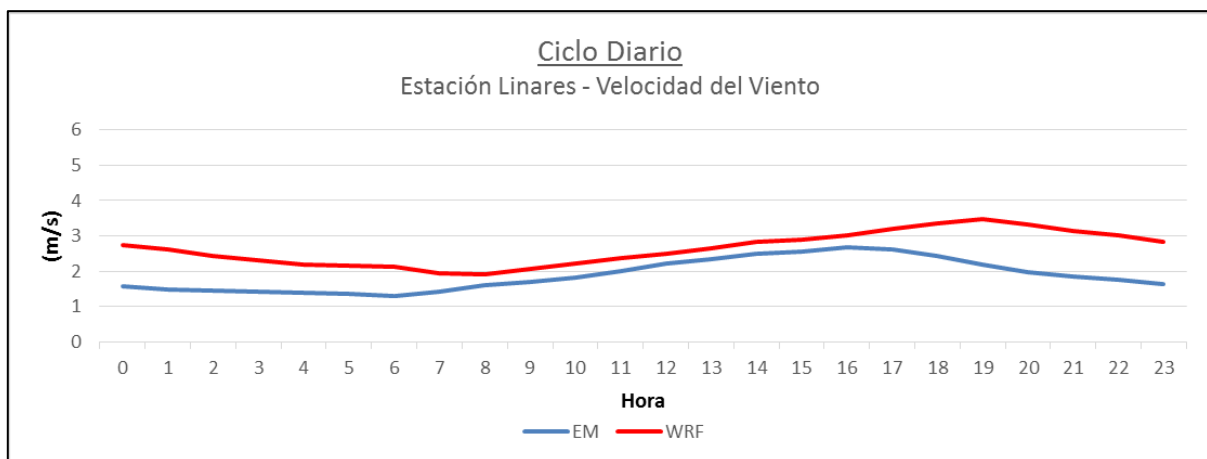


Figura Nº 75. Comparación ciclo diario de velocidad de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Linares.

De las figuras anteriores se puede concluir que el ciclo diario promedio de velocidad de viento entre los datos observados y los datos modelados presenta valores sobrestimados en ± 2 m/s en el WRF en comparación a la estación Campanacura. Por otro lado, en la estación Linares los valores se ajustan más a la realidad entre las 08:00 y las 16:00 hrs, mientras que entre las 17:00 y las 06:00 hrs se observa una sobrestimación de los datos del WRF en ± 1 m/s en comparación a los datos observados. A pesar de la leve sobreestimación de los datos, se puede concluir que los datos presentan una variación diaria de velocidad con un patrón similar al del modelo de pronóstico y el observado en ambas estaciones. La variación de velocidad en la estación Campanacura puede ser atribuida a las diferencias de altura entre la observación (3 metros) y el archivo WRF (10 metros).

Dirección de Viento

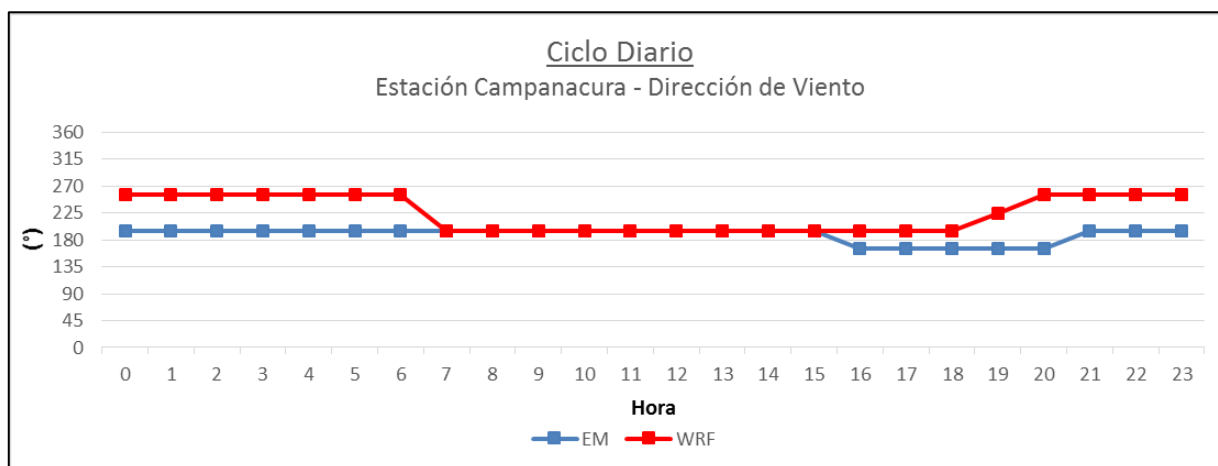


Figura Nº 76. Comparación ciclo diario de dirección de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.

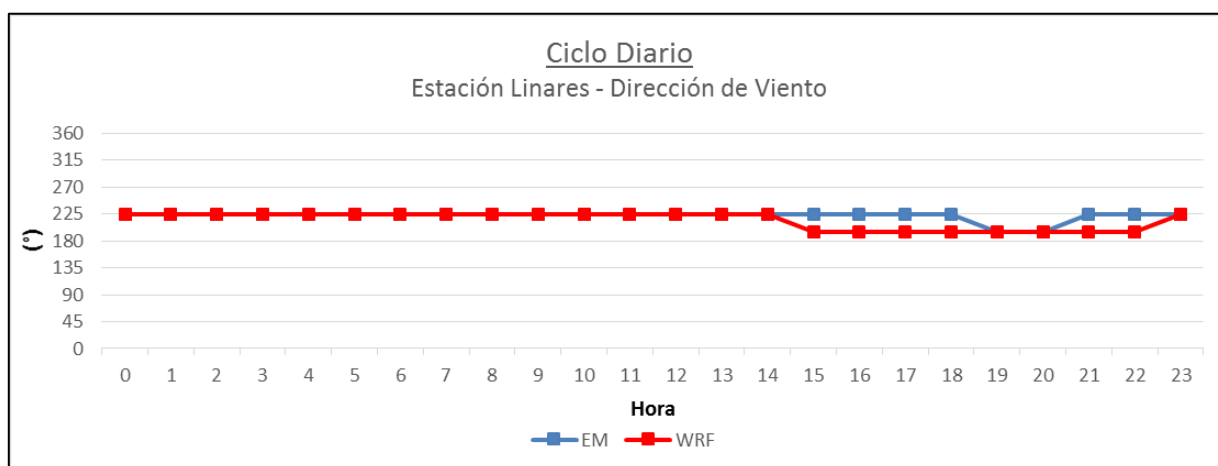


Figura Nº 77. Comparación ciclo diario de dirección de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Linares.

De la figura anterior se puede concluir que la moda diaria de dirección del viento entre los datos observados y los datos modelados presentan valores idénticos entre las 07:00 y las 15:00 hrs de la estación Campanacura, mientras que entre las 16:00 y las 06:00 hrs varía levemente la dirección del viento en el WRF en 45° en promedio. Por otro lado, en la estación Linares se observan valores idénticos entre las 23:00 y las 14:00 hrs, mientras que de las 15:00 y las 22:00 hrs se observa una subestimación de 40° en promedio de los datos modelados en comparación a los observados. Dado estas circunstancias, respecto a la moda diaria de dirección de viento, el modelo es adecuado.

Temperatura

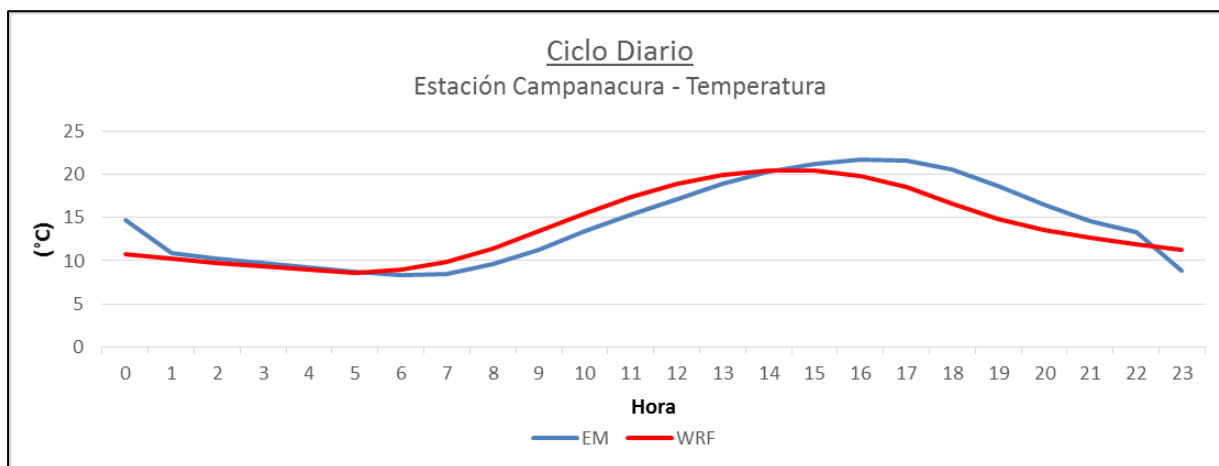


Figura N° 78. Comparación ciclo diario de temperatura entre los datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.

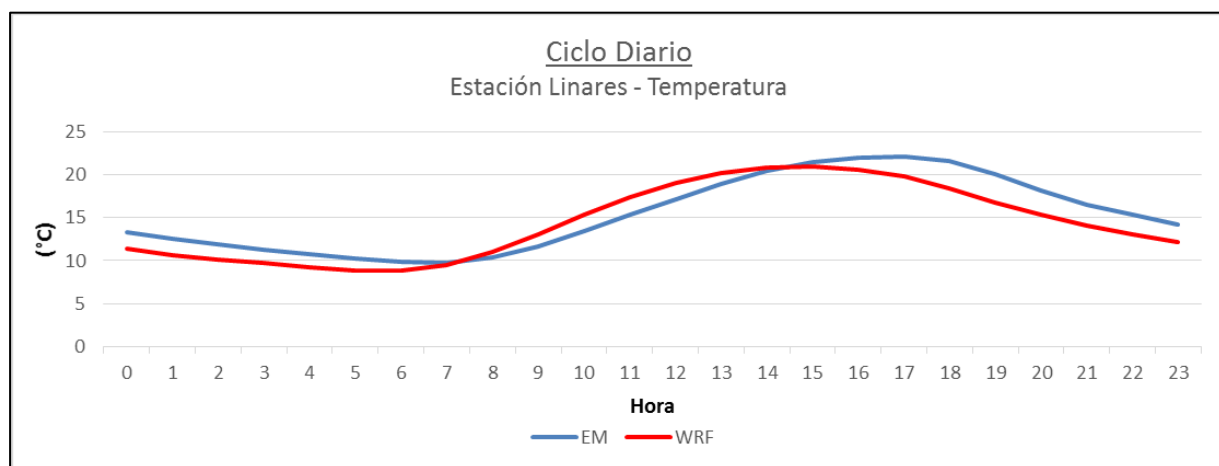


Figura N° 79. Comparación ciclo diario de temperatura entre los datos observados y proyectados para la estación de Linares.

De las figuras anteriores, se puede concluir que el ciclo diario promedio de temperatura entre los datos observados y los datos modelados presentan valores similares con una diferencia de $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ en la estación Campanacura, mientras que en la estación Linares se presentan datos con valores similares con una diferencia mínima de $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$ de los datos modelados con respecto a los observados. 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.

7.6.2 Promedio Mensuales

Velocidad de viento

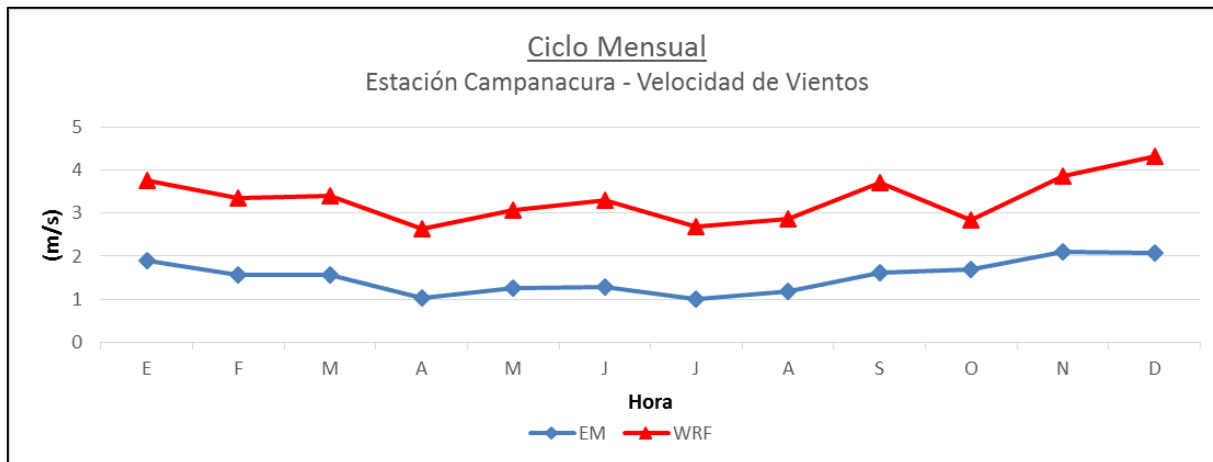


Figura Nº 80. Comparación moda mensual de velocidad de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.

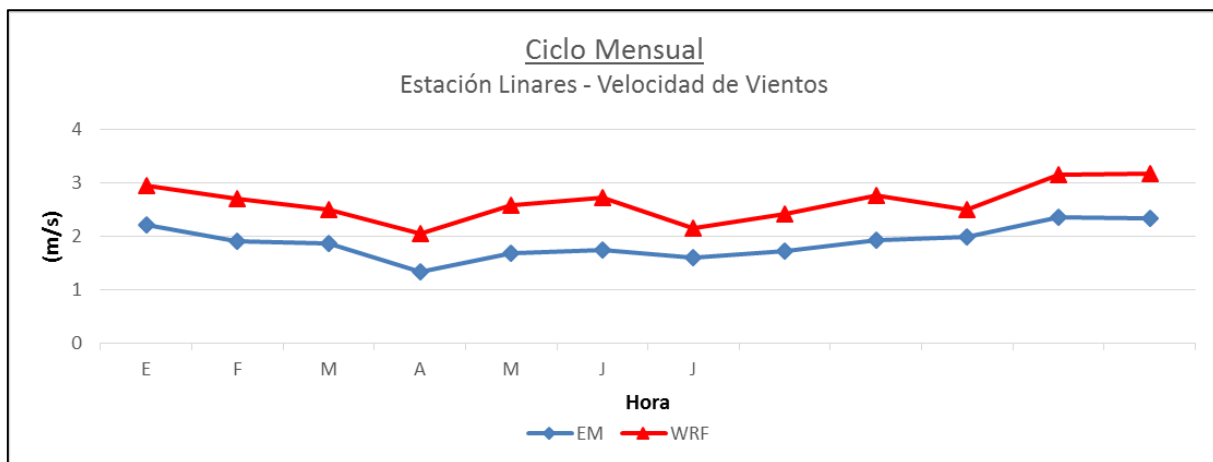


Figura Nº 81. Comparación moda mensual de velocidad de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Linares.

De las figuras anteriores se puede concluir que el promedio mensual de velocidad de viento entre los datos observados y los datos modelados presentan valores similares con una diferencia de ± 2 m/s para la estación de Campanacura. En cuanto a la estación de Linares, se presentan diferencia de ± 1 m/s en promedio. La variación mensual de velocidad posee el mismo patrón del modelo de pronóstico y el observado. La variación de velocidad en la estación Campanacura puede ser atribuida a las diferencias de altura entre la observación (3 metros) y el archivo WRF (10 metros).

Dirección de Viento

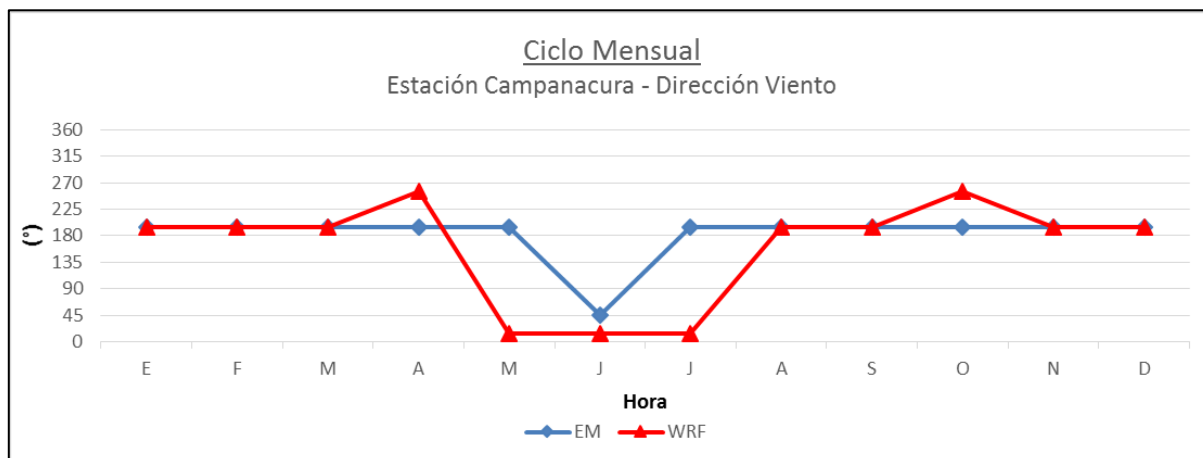


Figura Nº 82. Comparación moda mensual de dirección de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.

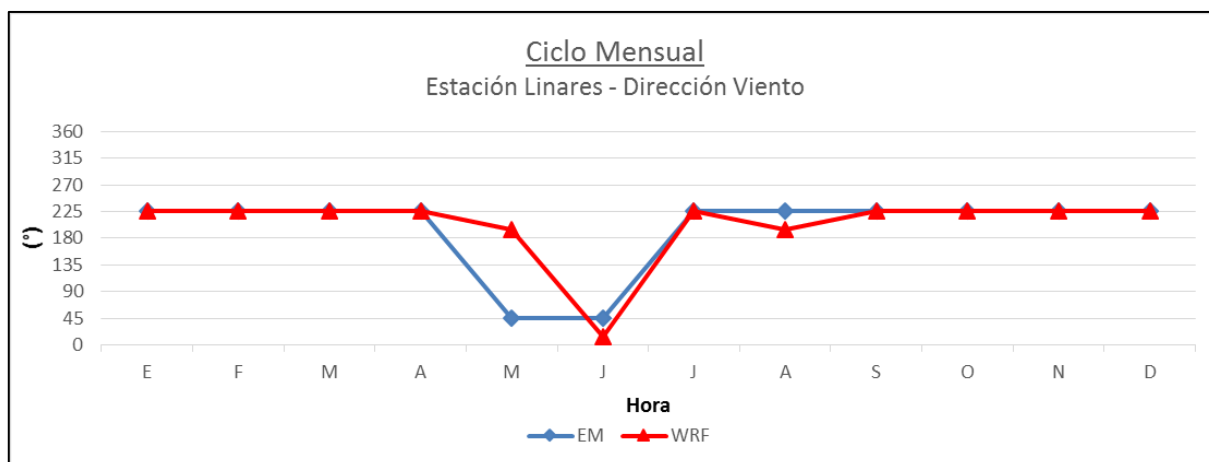


Figura Nº 83. Comparación moda mensual de dirección de viento entre datos observados y proyectados para la estación de Linares.

De las figuras anteriores se puede concluir que la moda mensual de dirección del viento entre los datos observados y los datos modelados presentan valores similares la mayor parte del año, sin embargo, en los meses de abril, mayo y julio, en la estación Campanacura se observa una variación de los datos de 180° en promedio; mientras que en la estación Linares se observa una sola variación en el mes de marzo de los datos en 130° en promedio. Dado estas circunstancias, respecto a la moda mensual de dirección de viento, el modelo es adecuado.

Temperatura

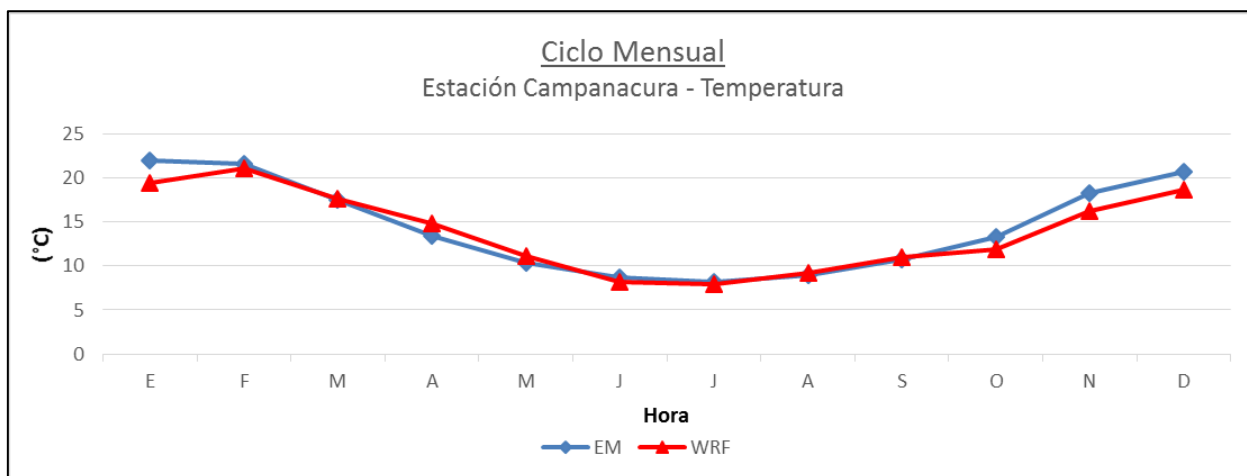


Figura N° 84. Comparación moda mensual de temperatura entre los datos observados y proyectados para la estación de Campanacura.

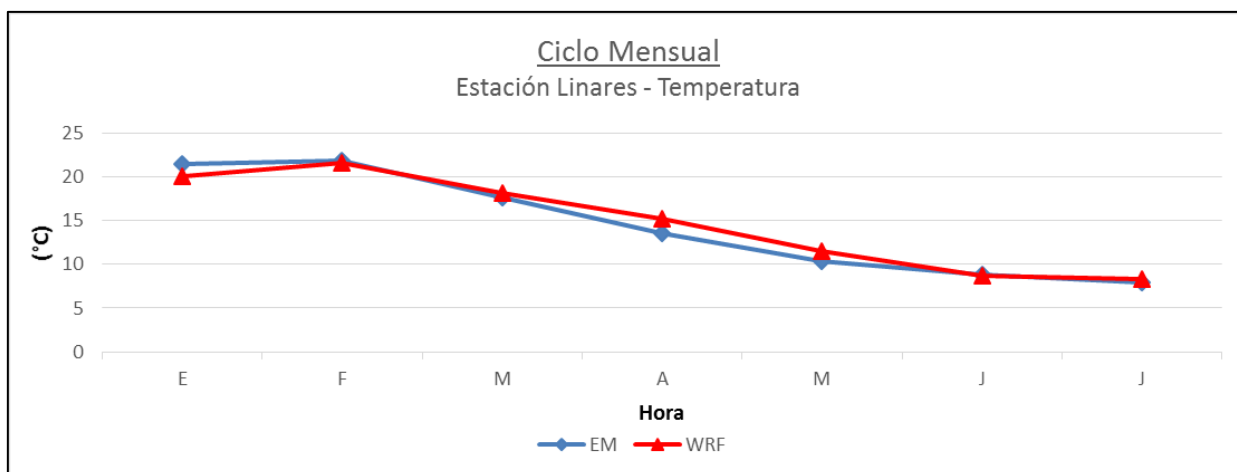
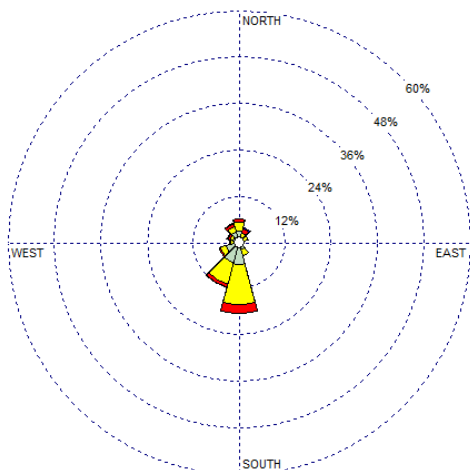


Figura N° 85. Comparación moda mensual de temperatura entre los datos observados y proyectados para la estación de Linares.

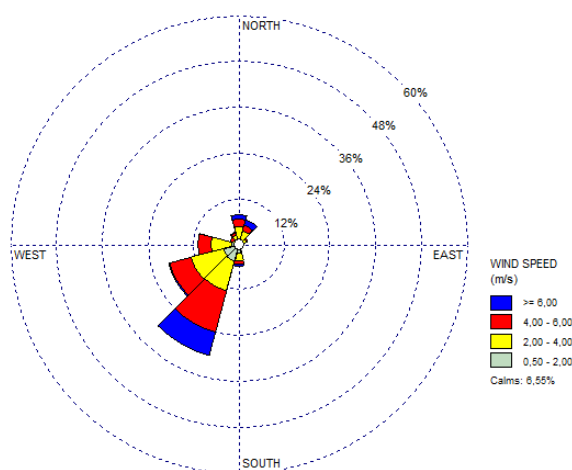
De la figura anterior, se puede concluir que los promedios mensuales de temperatura entre los datos observados y los datos modelados presentan valores similares con una diferencia de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ en promedio. Además, la variación mensual de temperatura posee el mismo patrón del modelo de pronóstico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

7.6.3 Dirección de viento

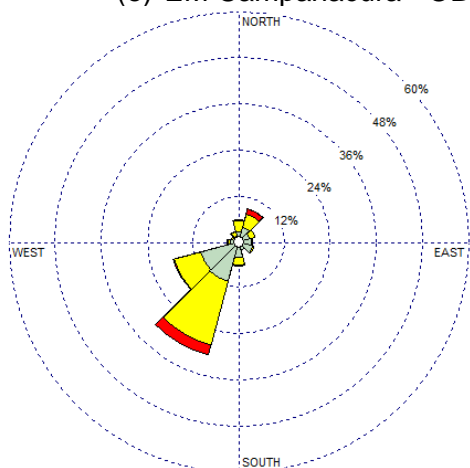
Rosa de los vientos



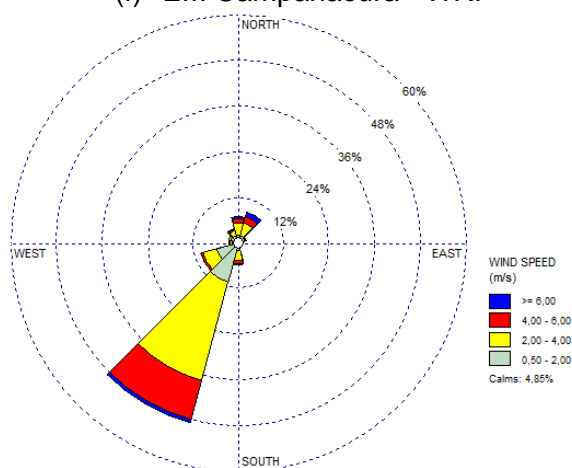
(e) EM Campanacura - OBS



(f) EM Campanacura - WRF



(g) EM Linares - OBS



(h) EM Linares - WRF

Figura N° 86. Comparación Rosas de viento.

De las rosas de los vientos mostradas, se puede observar que en Campanacura predominan los vientos provenientes desde el sur y suroeste; mientras que en Linares predominan los vientos provenientes desde el suroeste por completo. En general el modelo y los datos observados son similares exceptuando las velocidades más altas donde aparece un aumento de los vientos sobre 6 m/s en los datos modelados en Campanacura. El modelo presenta un patrón similar de viento por lo que se puede indicar que el modelo es adecuado.

7.6.4 Análisis cuantitativo

De acuerdo a lo solicitado por la Guía para uso de modelos de calidad del aire en el SEIA, se presenta el análisis cuantitativo de las variables meteorológicas involucradas en la modelación.

En el análisis se incluye las variables temperatura y velocidad de viento, con las métricas solicitadas: Sesgo (error medio), coeficiente de correlación y error medio cuadrático.

Tabla N° 29. Análisis cuantitativo.

Parámetro	Métrica	Campanacura		Linares	
		Horario	Diario	Horario	Diario
Velocidad	RMSE	2,42 m/s	2,08 m/s	1,43 m/s	1,00 m/s
	BIAS	1,80 m/s	1,83 m/s	0,76 m/s	0,75 m/s
	R ²	0,64	0,58	0,72	0,74
Temperatura	RMSE	3,2 °C	1,44 °C	2,42 °C	1,47 °C
	BIAS	0,07 °C	0,09 °C	0,15 °C	0,12 °C
	R ²	0,90	0,49	0,95	0,97

Los resultados anteriores son comunes en archivos meteorológicos WRF. De la tabla anterior es posible observar que las diferencias de velocidades, son mayores en la estación de Campanacura, atribuido a las diferencias de altura entre la observación (datos a 3 metros sobre el nivel de suelo) y el archivo WRF (datos a 10 metros sobre el nivel del suelo).