



**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
 PROYECTO MINERO QUEBRADA BLANCA FASE 2**

**CAPÍTULO 3.2.1
 “LÍNEA DE BASE CLIMA Y METEOROLOGÍA”**

TQB14016-REP-MA-0255

ÍNDICE

3	LÍNEA BASE	3.2.1-1
3.2	MEDIO FÍSICO	3.2.1-1
3.2.1	CLIMA Y METEOROLOGÍA	3.2.1-1
3.2.1.1	Introducción	3.2.1-1
3.2.1.2	Objetivos	3.2.1-2
3.2.1.3	Determinación y Justificación del Área de Influencia	3.2.1-2
3.2.1.4	Metodología	3.2.1-4
3.2.1.4.1	Clima	3.2.1-4
3.2.1.4.2	Meteorología	3.2.1-4
3.2.1.5	Resultados	3.2.1-6
3.2.1.5.1	Clima	3.2.1-6
3.2.1.5.2	Meteorología	3.2.1-14
3.2.1.6	Conclusiones	3.2.1-140
3.2.1.6.1	Clima	3.2.1-140
3.2.1.6.2	Meteorología	3.2.1-140
3.2.1.7	Bibliografía	3.2.1-143

TABLAS

Tabla 3.2.1-1.	Descripción de Estaciones Meteorológicas	3.2.1-15
Tabla 3.2.1-2.	Porcentajes Datos Disponibles Área Mina.	3.2.1-17
Tabla 3.2.1-3.	Porcentajes Datos Disponibles Área Obras Lineales.	3.2.1-18
Tabla 3.2.1-4.	Porcentajes Datos Disponibles Área Pampa.	3.2.1-18
Tabla 3.2.1-5.	Porcentajes Datos Disponibles Área Puerto.	3.2.1-19

Tabla 3.2.1-6.	Datos Disponibles de Estaciones Meteorológicas de la DGA y DMC.....	3.2.1-19
Tabla 3.2.1-7.	Metodologías de Medición Variables Meteorológicas.	3.2.1-20
Tabla 3.2.1-8.	Resumen Resultados de Velocidad del Viento Promedio Estaciones CMTQB (m/s).....	3.2.1-22
Tabla 3.2.1-9.	Períodos de Datos de Temperatura de Estaciones DGA y DMC.	3.2.1-26
Tabla 3.2.1-10.	Resumen Resultados de Temperatura Promedio Estaciones CMTQB, DGA y DMC (°C).....	3.2.1-27
Tabla 3.2.1-11.	Período de Datos de Humedad Relativa de Estación DMC.	3.2.1-29
Tabla 3.2.1-12.	Resumen Resultados de Humedad Relativa Promedio Estaciones CMTQB y DMC (%).....	3.2.1-29
Tabla 3.2.1-13.	Resumen Resultados de Radiación Solar Promedio Estaciones CMTQB (W/m ²)	3.2.1-31
Tabla 3.2.1-14.	Resumen Resultados de Presión Atmosférica Promedio Estaciones de CMTQB (mbar).....	3.2.1-33
Tabla 3.2.1-15.	Períodos de Datos de Precipitación de Estaciones DGA y DMC (mm)...	3.2.1-35
Tabla 3.2.1-16.	Resumen Resultados de Precipitación Estaciones de DGA y DMC (mm).....	3.2.1-39
Tabla 3.2.1-17.	Análisis de Frecuencia de Precipitaciones Anuales (mm).....	3.2.1-42
Tabla 3.2.1-18.	Elevación de la Línea de Nieve (LN) y Radiación Teórica Máxima (RS máx).	3.2.1-44
Tabla 3.2.1-19.	Resultados Elevación de la Línea de Nieve Estación Quebrada Blanca.	3.2.1-46
Tabla 3.2.1-20.	Precipitaciones Máximas (mm) según periodo de retorno (años).	3.2.1-48
Tabla 3.2.1-21.	Relación Precipitación Máxima en 24 Horas v/s Elevación según Períodos de Retorno.	3.2.1-50
Tabla 3.2.1-22.	PMP Estimada Mediante Métodos de Herschfield y Stöwahas (mm).....	3.2.1-53
Tabla 3.2.1-23.	Precipitaciones Máximas en 24 Horas (mm).....	3.2.1-54
Tabla 3.2.1-24.	Períodos de Datos de Evaporación de Estaciones DGA y DMC (mm)....	3.2.1-56
Tabla 3.2.1-25.	Evaporación de Bandeja Media Mensual (mm).....	3.2.1-57
Tabla 3.2.1-26.	Resumen de Velocidad del Viento (m/s)- Área Mina.....	3.2.1-60
Tabla 3.2.1-27.	Resumen de Temperatura (°C) - Área Mina.	3.2.1-73
Tabla 3.2.1-28.	Resumen de Humedad (%) - Área Mina.	3.2.1-75
Tabla 3.2.1-29.	Resumen de Radiación Solar (W/m ²) - Área Mina.	3.2.1-77
Tabla 3.2.1-30.	Resumen de Presión Atmosférica (mbar) - Área Mina.	3.2.1-79
Tabla 3.2.1-31.	Resumen de Precipitación (mm) - Área Mina.	3.2.1-82
Tabla 3.2.1-32.	Resumen de Evaporación (mm Agua) - Área Mina.	3.2.1-84
Tabla 3.2.1-33.	Resumen de Velocidad del Viento (m/s) - Área Obras Lineales.....	3.2.1-86
Tabla 3.2.1-34.	Resumen de Temperatura (°C) - Área Obras Lineales.....	3.2.1-95

Tabla 3.2.1-35.	Resumen de Humedad Relativa (%) - Área Obras Lineales.....	3.2.1-97
Tabla 3.2.1-36.	Resumen de Radiación Solar (W/m ²)- Área Obras Lineales.....	3.2.1-99
Tabla 3.2.1-37.	Resumen de Presión Atmosférica (mbar) - Área Obras Lineales.	3.2.1-101
Tabla 3.2.1-38.	Resumen de Precipitación (mm) - Área Obras Lineales.....	3.2.1-104
Tabla 3.2.1-39.	Resumen de Evaporación (mm Agua) - Área Obras Lineales.	3.2.1-106
Tabla 3.2.1-40.	Resumen de Velocidad del Viento (m/s) - Área Pampa.....	3.2.1-108
Tabla 3.2.1-41.	Resumen de Temperatura (°C) – Área Pampa.....	3.2.1-112
Tabla 3.2.1-42.	Resumen de Humedad Relativa (%) - Área Pampa.	3.2.1-114
Tabla 3.2.1-43.	Resumen de Radiación Solar (W/m ²) - Área Pampa.	3.2.1-115
Tabla 3.2.1-44.	Resumen de Presión Atmosférica (mbar) - Área Pampa.....	3.2.1-118
Tabla 3.2.1-45.	Resumen de Precipitación (mm) - Área Pampa.	3.2.1-120
Tabla 3.2.1-46.	Resumen de Evaporación (mm Agua) - Área Pampa.....	3.2.1-122
Tabla 3.2.1-47.	Resumen de Velocidad del Viento (m/s) - Área Puerto.	3.2.1-124
Tabla 3.2.1-48.	Resumen de Temperatura (°C) – Área Puerto.	3.2.1-129
Tabla 3.2.1-49.	Resumen de Humedad Relativa (%) - Área Puerto.	3.2.1-131
Tabla 3.2.1-50.	Resumen de Radiación Solar (W/m ²) - Área Puerto.....	3.2.1-133
Tabla 3.2.1-51.	Resumen de Presión Atmosférica (mbar) - Área Puerto.....	3.2.1-135
Tabla 3.2.1-52.	Resumen de Precipitación (mm) - Área Puerto.	3.2.1-138
Tabla 3.2.1-53.	Resumen Climático según Área del Proyecto.	3.2.1-140

FIGURAS

Figura 3.2.1-1.	Estaciones de Monitoreo de Meteorología a Nivel Regional.....	3.2.1-3
Figura 3.2.1-2.	Clasificación de climas según Köppen para la Región de Tarapacá.	3.2.1-9
Figura 3.2.1-3.	Esquema Isothermal Región de Tarapacá.	3.2.1-11
Figura 3.2.1-4.	Precipitación Anual (mm) Región de Tarapacá.	3.2.1-13
Figura 3.2.1-5.	Velocidad del Viento Promedio Anual v/s Altura.....	3.2.1-23
Figura 3.2.1-6.	Comportamiento General de la Dirección del Viento entre Día y Noche.	3.2.1-25
Figura 3.2.1-7.	Temperatura Promedio Anual v/s Altura.....	3.2.1-28
Figura 3.2.1-8.	Humedad Relativa Promedio Anual v/s Altura.....	3.2.1-30
Figura 3.2.1-9.	Radiación Solar Promedio Anual v/s Altura.....	3.2.1-32
Figura 3.2.1-10.	Presión Atmosférica Promedio Anual v/s Altura.	3.2.1-34
Figura 3.2.1-11.	Precipitaciones Mensuales en Estaciones Ubicadas Sobre los 2.000 m.s.n.m.	3.2.1-38

Figura 3.2.1-12. Precipitaciones Mensuales en Estaciones Ubicadas Bajo los 1.000 m.s.n.m.	3.2.1-38
Figura 3.2.1-13. Curva Regional de Precipitación Anual v/s Altura.	3.2.1-40
Figura 3.2.1-14. Curva Regionales de Precipitación Anual (según probabilidad de excedencia) v/s Altura.....	3.2.1-43
Figura 3.2.1-15. Curvas Regionales de Precipitación Máxima v/s Altura para Distintos Períodos de Retornos.....	3.2.1-50
Figura 3.2.1-16. Curvas de Regionales de Precipitación Máxima v/s Altura Elevación entre los 2.500 y 4.500 m.s.n.m. para períodos de retorno altos.....	3.2.1-51
Figura 3.2.1-17. Curvas Regional de Evaporación de Bandeja v/s Elevación.	3.2.1-58
Figura 3.2.1-18. Gradiente de la Evaporación Anual en las Estaciones Seleccionadas de la XV, I, II y III Región.	3.2.1-59
Figura 3.2.1-19. Ciclo Promedio Horario de Velocidad del Viento – Área Mina.....	3.2.1-60
Figura 3.2.1-20. Ciclo Promedio Mensual de Velocidad del Viento – Área Mina.....	3.2.1-61
Figura 3.2.1-21. Rosas de los Vientos – Área Mina.	3.2.1-62
Figura 3.2.1-22. Ciclos Horarios de Dirección del Viento – Área Mina.....	3.2.1-68
Figura 3.2.1-23. Ciclo Promedio Horario de Temperatura – Área Mina.....	3.2.1-74
Figura 3.2.1-24. Ciclo Promedio Mensual de Temperatura – Área Mina.....	3.2.1-74
Figura 3.2.1-25. Ciclo Promedio Horario de Humedad – Área Mina.	3.2.1-76
Figura 3.2.1-26. Ciclo Promedio Mensual de Humedad – Área Mina.....	3.2.1-76
Figura 3.2.1-27. Ciclo Promedio Horario de Radiación Solar – Área Mina.....	3.2.1-78
Figura 3.2.1-28. Ciclo Promedio Mensual de Radiación Solar – Área Mina.	3.2.1-78
Figura 3.2.1-29. Ciclo Promedio Horario de Presión Atmosférica – Área Mina.	3.2.1-80
Figura 3.2.1-30. Ciclo Promedio Mensual de Presión Atmosférica – Área Mina.	3.2.1-80
Figura 3.2.1-31. Ciclo Promedio Mensual Precipitaciones – Área Mina.....	3.2.1-83
Figura 3.2.1-32. Ciclo Promedio Mensual Evaporación – Área Mina.	3.2.1-85
Figura 3.2.1-33. Ciclo Promedio Horario de Velocidad del Viento – Área Obras Lineales.	3.2.1-86
Figura 3.2.1-34. Ciclo Promedio Mensual de Velocidad del Viento – Área Obras Lineales.....	3.2.1-87
Figura 3.2.1-35. Rosas de los Vientos – Área Obras Lineales.....	3.2.1-88
Figura 3.2.1-36. Ciclos Horarios de Dirección del Viento – Área Obras Lineales.....	3.2.1-92
Figura 3.2.1-37. Ciclo Promedio Horario de Temperatura – Área Obras Lineales.	3.2.1-96
Figura 3.2.1-38. Ciclo Promedio Mensual de Temperatura – Área Obras Lineales.....	3.2.1-96
Figura 3.2.1-39. Ciclo Promedio Horario de Humedad – Área Obras Lineales.	3.2.1-98
Figura 3.2.1-40. Ciclo Promedio Mensual de Humedad – Área Obras Lineales.....	3.2.1-98

Figura 3.2.1-41. Ciclo Promedio Horario de Radiación Solar – Área Obras Lineales.	3.2.1-100
Figura 3.2.1-42. Ciclo Promedio Mensual de Radiación Solar – Área Obras Lineales. ..	3.2.1-100
Figura 3.2.1-43. Ciclo Promedio Horario de Presión Atmosférica – Área Obras Lineales.....	3.2.1-102
Figura 3.2.1-44. Ciclo Promedio Mensual de Presión Atmosférica – Área Obras Lineales.....	3.2.1-102
Figura 3.2.1-45. Ciclo Promedio Mensual Evaporación – Área Obras Lineales.....	3.2.1-107
Figura 3.2.1-46. Ciclo Promedio Horario de Velocidad del Viento – Área Pampa.....	3.2.1-108
Figura 3.2.1-47. Ciclo Promedio Mensual de Velocidad del Viento – Área Pampa.....	3.2.1-109
Figura 3.2.1-48. Rosas de los Vientos – Área Pampa.....	3.2.1-110
Figura 3.2.1-49. Ciclos Horarios de Dirección del Viento – Área Pampa.....	3.2.1-111
Figura 3.2.1-50. Ciclo Promedio Horario de Temperatura – Área Pampa.....	3.2.1-112
Figura 3.2.1-51. Ciclo Promedio Mensual de Temperatura – Área Pampa.....	3.2.1-113
Figura 3.2.1-52. Ciclo Promedio Horario de Humedad – Área Pampa.	3.2.1-114
Figura 3.2.1-53. Ciclo Promedio Mensual de Humedad – Área Pampa.....	3.2.1-115
Figura 3.2.1-54. Ciclo Promedio Horario de Radiación Solar – Área Pampa.....	3.2.1-116
Figura 3.2.1-55. Ciclo Promedio Mensual de Radiación Solar – Área Pampa.	3.2.1-117
Figura 3.2.1-56. Ciclo Promedio Horario de Presión Atmosférica – Área Pampa.	3.2.1-118
Figura 3.2.1-57. Ciclo Promedio Mensual de Presión Atmosférica – Área Pampa.	3.2.1-119
Figura 3.2.1-58. Ciclo Promedio Mensual Evaporación – Área Pampa.	3.2.1-123
Figura 3.2.1-59. Ciclo Promedio Horario de Velocidad del Viento – Área Puerto.	3.2.1-124
Figura 3.2.1-60. Ciclo Promedio Mensual de Velocidad del Viento – Área Puerto.....	3.2.1-125
Figura 3.2.1-61. Rosas de los Vientos – Área Puerto.....	3.2.1-126
Figura 3.2.1-62. Ciclos Horarios de Dirección del Viento – Área Puerto.....	3.2.1-128
Figura 3.2.1-63. Ciclo Promedio Horario de Temperatura – Área Puerto.	3.2.1-130
Figura 3.2.1-64. Ciclo Promedio Mensual de Temperatura – Área Puerto.....	3.2.1-130
Figura 3.2.1-65. Ciclo Promedio Horario de Humedad – Área Puerto.	3.2.1-132
Figura 3.2.1-66. Ciclo Promedio Mensual de Humedad – Área Puerto.	3.2.1-132
Figura 3.2.1-67. Ciclo Promedio Horario de Radiación Solar – Área Puerto.....	3.2.1-134
Figura 3.2.1-68. Ciclo Promedio Mensual de Radiación Solar – Área Puerto.....	3.2.1-134
Figura 3.2.1-69. Ciclo Promedio Horario de Presión Atmosférica – Área Puerto.....	3.2.1-136
Figura 3.2.1-70. Ciclo Promedio Mensual de Presión Atmosférica – Área Puerto.	3.2.1-136
Figura 3.2.1-71. Ciclo Promedio Mensual Precipitaciones – Área Puerto.....	3.2.1-139

PLANOS

Plano 3.2.1-1 Estaciones de Monitoreo Meteorología

ANEXOS

Anexo 3.2.1-1 Estudio de Clima y Meteorología



**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO MINERO QUEBRADA BLANCA FASE 2**

**CAPÍTULO 3.2.1
“LÍNEA DE BASE CLIMA Y METEOROLOGÍA”**

TQB14016-REP-MA-0255

3 LÍNEA BASE

3.2 MEDIO FÍSICO

3.2.1 Clima y Meteorología

3.2.1.1 Introducción

La presente línea de base tiene por objeto describir las características del Clima y Meteorología del área en que se inserta el “Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2”, en adelante “El Proyecto”.

Si bien el Proyecto no genera efectos sobre este componente ambiental, su inclusión se justifica ya que constituye el marco de desarrollo para otros componentes ambientales como calidad del aire, flora y vegetación.

Dado lo anterior, la descripción del Clima y Meteorología presenta los diferentes elementos climáticos de la Región de Tarapacá en la cual se encuentra El Proyecto y aquellos relacionados con la Meteorología a nivel local, para lo cual fueron utilizados los registros de estaciones meteorológicas operadas por la Minera Quebrada Blanca y dispuestas en las distintas áreas asociadas al proyecto minero (Mina, Obras Lineales, Pampa y Puerto) y de información meteorológica de estaciones públicas de la Dirección General de Aguas (DGA) y la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) las cuales se ubican dentro de la región en el cual se emplaza el proyecto.

3.2.1.2 Objetivos

Los objetivos del presente documento es realizar la caracterización de la línea base de Clima y Meteorología, existentes a la fecha en las distintas áreas geográficas en los cuales el proyecto tiene un grado de incidencia.

Los objetivos específicos son:

- Describir el componente Clima a nivel regional y local, este último asociado a las áreas en el cual se encuentra emplazado el proyecto.
- Recopilar y sistematizar información meteorológica proveniente de las estaciones implementadas en el área de estudio de parte de CMTQB y de estaciones meteorológicas públicas de la DGA y DMC.
- Caracterizar las condiciones meteorológicas a nivel regional y local de diferentes variables meteorológicas: velocidad del viento (m/s), dirección del viento (grados), temperatura (°C), humedad relativa (%), radiación solar (W/m²), presión atmosférica (mbar), pluviometría (mm) y evaporación (mm). Incluyendo aspectos meteorológicos y sinópticos complementarios que aporten a una mejor caracterización de la zona de estudio.

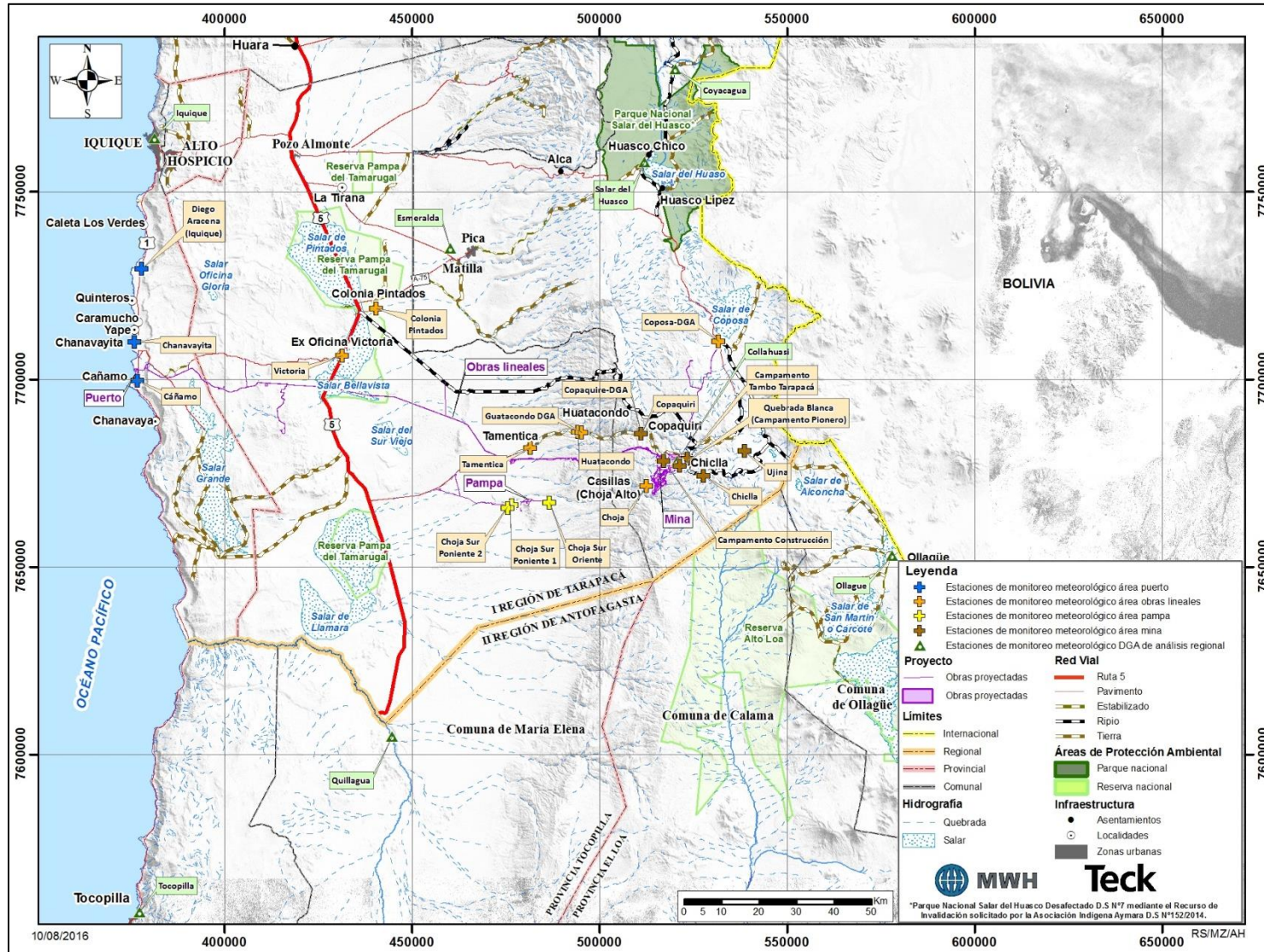
3.2.1.3 Determinación y Justificación del Área de Influencia

Para el componente de Clima y Meteorología no se define un Área de Influencia específica, debido a que las obras y actividades del proyecto no generan efectos directos o potenciales sobre estas componentes.

La descripción de las componentes Clima y Meteorología, obedecen más bien a características regionales, en este caso a la Región de Tarapacá, en función a su ubicación geográfica, topografía, tipos de suelos y otros elementos que definen las características de su comportamiento y que son independientes al desarrollo del proyecto en sí. Sin embargo permite contextualizar la componente (contexto regional) como base para otros análisis como las modelaciones (calidad del aire e hidrogeológicas) y que queda representada en la Figura 3.2.1-1 y detallada en el Plano 3.2.1-1.

El detalle y justificación se presenta en el acápite 2.3.1.1 del Capítulo 2 Determinación y Justificación del Área de Influencia del presente EIA "Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2".

Figura 3.2.1-1. Estaciones de Monitoreo de Meteorología a Nivel Regional



Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.4 Metodología

Con el fin de tener un conocimiento de los fenómenos meteorológicos y climáticos de la zona en el cual se encuentra emplazado el proyecto, se elaboró una caracterización del Clima y de Meteorología imperante tanto a nivel regional como local.

La caracterización regional está asociada a la descripción de los componentes de Clima y Meteorología, dentro de toda la región en la cual se encuentra emplazado el proyecto y que en este caso corresponde a la Región de Tarapacá.

La caracterización local está asociada a la descripción del Clima y Meteorología, relacionada a las distintas áreas del proyecto, definidas como Mina, Obras Lineales, Pampa y Costero.

3.2.1.4.1 Clima

Para la caracterización del clima a nivel regional, se hizo uso de información bibliográfica considerando antecedentes climáticos descriptivos proveniente de las publicaciones de "Climatología General" de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC, 2001) y para la caracterización de los diferentes tipos de clima que existen en las áreas del proyecto, se utilizó la clasificación de Köppen (Kottek et al., 2006).

3.2.1.4.2 Meteorología

La caracterización meteorológica de las distintas variables de interés, se realizó en base a 2 escalas a saber:

Escala Regional: En este punto se hace una descripción del comportamiento de las distintas variables meteorológicas de interés, considerando el contexto de toda la Región de Tarapacá y con el fin de describir las variaciones de las variables según un contexto asociado a la altura geográfica por estar el Proyecto inserto en un amplia zona que abarca desde la alta cordillera hasta el borde costero y por lo tanto el comportamiento de las variables meteorológicas se pueden o se ven afectadas por este concepto

Para el fin anterior, se consideró información meteorológica proveniente de las estaciones propias de CMTQB, ubicadas en las distintas áreas del proyecto minero, así como de información histórica de las estaciones de carácter público de propiedad de la DGA y DMC, ubicadas dentro de la región.

Escala Local: En este caso se hace una descripción del comportamiento de las distintas variables meteorológicas de interés, asociadas directamente a las áreas en las cuales se divide el proyecto minero (mina, obras lineales, pampa y puerto), esto con la finalidad de conocer el comportamiento de cada variable meteorológica dentro de cada área del Proyecto.

En este caso, la información meteorológica considerada correspondió a la obtenida de las estaciones ubicadas dentro de cada área del proyecto minero asociadas a las estaciones de CMTQB y de estaciones de la DGA y DMC que pudiesen ubicarse dentro de las áreas del Proyecto.

Respecto a la información de las estaciones públicas de la DGA y DMC, esta fue obtenida a partir de los datos descritos en el documento “Estudio de Clima y Meteorología” de Agosto de 2016, elaborado por Golder Associates S.A. y que es presentado en el Anexo 3.2.1-1 del presente documento.

3.2.1.5 Resultados

3.2.1.5.1 Clima

Las características climáticas de la Región de Tarapacá, en donde se encuentra emplazado el proyecto minero, son de una marcada aridez. Según la Dirección Meteorológica de Chile, el campo térmico muestra una marcada estructura longitudinal, siguiendo la orientación de las tres unidades de relieve predominantes en la región, la cordillera de Los Andes, donde se registran las temperaturas medias más bajas; la pampa del Tamarugal, que muestra un marcado gradiente zonal de temperatura y la cordillera de la costa, donde se observa una mayor homogeneidad térmica, debido a la influencia marítima, con un gradiente significativo de casi 7°C entre el sector costero y andino de la región; es así como la zona costera presenta valores de temperatura media anual entre los 16 y 18°C, en tanto en la zona intermedia los registros varían entre los 14 y 16°C y en la parte andina los registros oscilan entre 11 y 13°C.

La distribución espacial de la precipitación muestra una marcada intensificación de los totales anuales desde la zona litoral, donde los registros anuales apenas superan algunas décimas de milímetro (la precipitación en el Puerto es de 1,5 mm/año) hasta la región altiplánica, donde la influencia de la precipitación estival aportada por el llamado Invierno Altiplánico hace que los totales, puedan ser superiores a los 100 mm.

a) Tipos de Climas Presentes.

Como se mencionó en el acápite 3.2.1.4.1 del presente capítulo, para describir las variaciones de climas que existen en el área del Proyecto, se utilizó la clasificación de Köppen (actualización del año 2006), la cual se basa principalmente en datos de temperatura y agua caída.

Dada la extensión de la región, desde la zona costera hasta las alturas del interior, hace que se generen cuatro tipos de variaciones climáticas dispuestas en franjas longitudinales que van desde el poniente a oriente.

Según lo anterior, y de acuerdo a la clasificación de Köppen el proyecto se inserta dentro de 4 zonas climáticas Figura 3.2.1-2, correspondientes a Árido con Nublados Abundantes (BWn), Árido Desértico Normal (BWk), Árido Muy Frío (BWk') y Frío de Tundra por Altura (ETH), cuyas principales características se describen a continuación:

- **Árido con Nublados Abundantes (BWn)**

Este subtipo climático se presenta en los sectores costeros de la Región y tiene directa relación con el fenómeno local conocido, en el campo de la Meteorología, como Vaguada Costera que es una extensión de una zona de bajas presiones, cuyo desarrollo a nivel de superficie, genera la advección de nubosidad baja tipo estratos (niebla) hacia el interior de los valles del norte de Chile.

Las características principales de este subtipo climático se manifiestan en un efecto moderador de las temperaturas, producido por la corriente fría de Humboldt, la presencia de abundante

humedad, neblinas matinales y la ausencia de precipitaciones. Las lluvias registran un leve aumento hacia el sur del litoral, de igual manera, lo mismo ocurre hacia el interior del altiplano de la región. El aumento de precipitaciones hacia el interior podría ser debido al conocido efecto föhnn, que es de marcado carácter local y ocurre cuando una masa de aire se ve obligada a remontar una cadena montañosa, la cual al ascender se expande y se enfría, en consecuencia se origina un proceso de condensación de vapor de agua liberando calor latente y en algunas ocasiones origina lluvias o precipitación.

- **Árido Desértico Normal (BWK)**

Este Clima se localiza en la parte central de la Región. Se distingue por la carencia casi absoluta de precipitaciones, fuerte amplitud térmica diaria, bajo nivel de humedad y con cielos prácticamente sin nubes.

En las zonas intermedias de esta zona, las pampas interiores encerradas por las serranías del oriente de la pre-cordillera Andina, se observan las características climáticas más áridas del norte chileno.

- **Árido Muy Frío (BWK')**

Este subtipo climático se presenta al interior de la Región, en altitudes por sobre los 1.000 m de altura, lo cual determina el registro de temperaturas más atenuadas, presentando una media anual de 10°C. En este subtipo aparecen acumulados de lluvias que fluctúan entre 50 y 100 milímetros (mm) anuales, las que se presentan en los meses de verano (diciembre a marzo) producto del “Invierno Altiplánico o Invierno Boliviano”.

- **Frío de Tundra por Altura (ETH)**

Este subtipo predomina en el altiplano por sobre los 3.000 m.s.n.m., sus principales características son las grandes amplitudes diarias y anuales de temperatura producidas por el efecto continental y de altura, así como el aumento de las precipitaciones anuales que pueden llegar en algunos años por sobre los 200 mm, producto del “Invierno Altiplánico”. La intensidad de estas precipitaciones está influenciada por fenómenos de macro escala como La Niña.

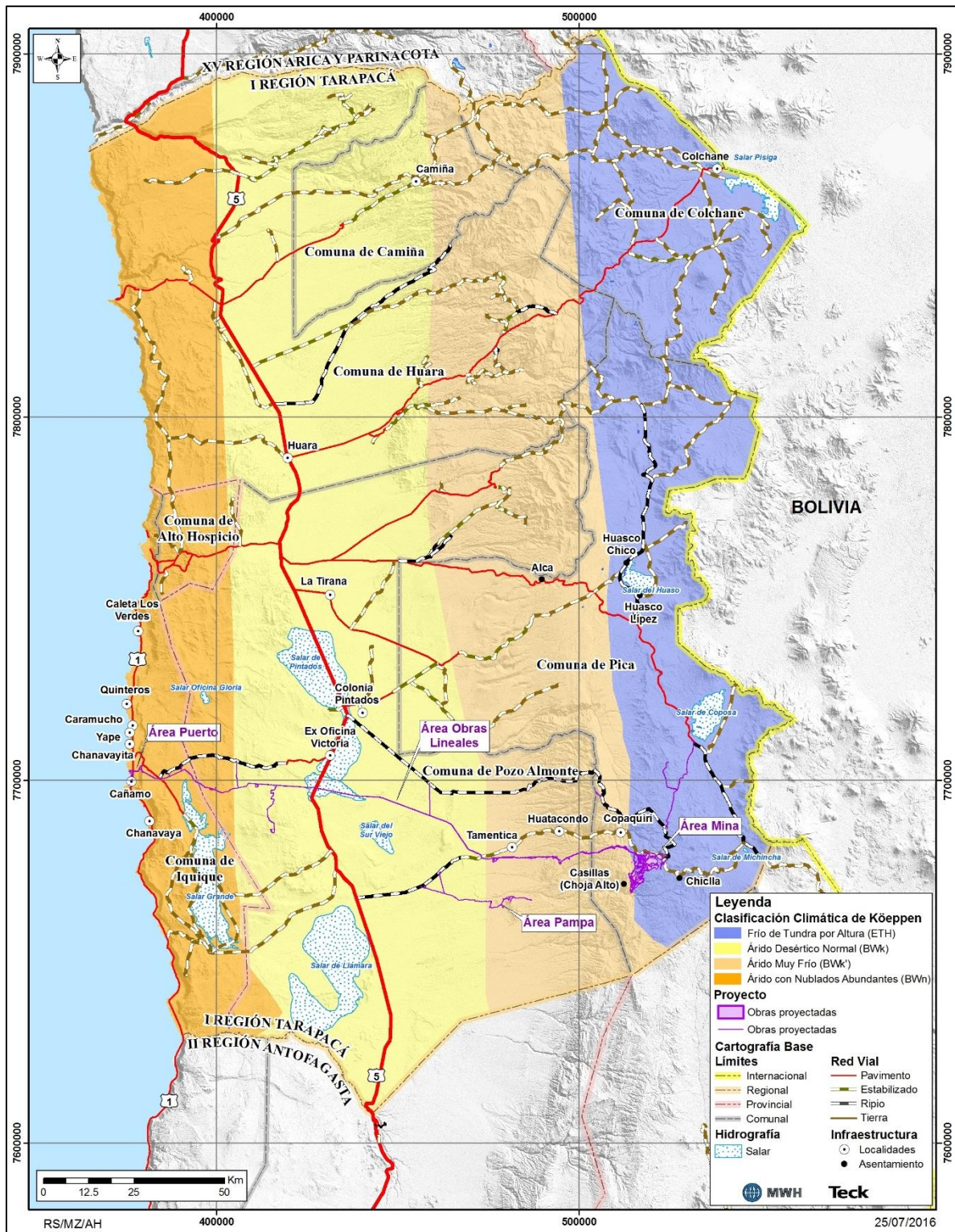
Por otro lado, el clima regional descrito es influenciado por la presencia de fenómenos de macro escala, siendo uno de los más importantes el Índice de Oscilación del Sur (Southern Oscillation Index, SOI por sus siglas en inglés), que determina las fluctuaciones con que la circulación de Walker se manifiesta: la circulación de Walker es un patrón de vientos a través del océano Pacífico producto de diferencias en temperatura.

Fluctuaciones negativas del SOI se denominan como el fenómeno de El Niño (-SOI), mientras que las positivas se conocen como el fenómeno de La Niña (+SOI). En el caso del fenómeno de El Niño, su frecuencia varía entre 1,0 a 11,5 años y su intensidad es prácticamente impredecible.

Los eventos El Niño tienen diferentes efectos en los regímenes de precipitación en las diversas regiones del mundo, incrementando o disminuyendo los acumulados anuales. Adicionalmente a la precipitación, hay otros factores climáticos como la temperatura ambiental, presencia de niebla y fenómenos de inversión termal atmosférica que son modificados durante años El Niño, situación que también puede ser revertida en años La Niña.

En el norte de Chile, durante los eventos El Niño se incrementa el nivel de las precipitaciones en la costa, pero se suprime el flujo de humedad hacia el interior, provocando una disminución en la intensidad de las precipitaciones en la zona altiplánica. Los eventos La Niña corresponden a períodos comparativamente más húmedos en el interior, donde se registra un aumento en las precipitaciones en dicha zona.

Figura 3.2.1-2. Clasificación de climas según Köppen para la Región de Tarapacá.

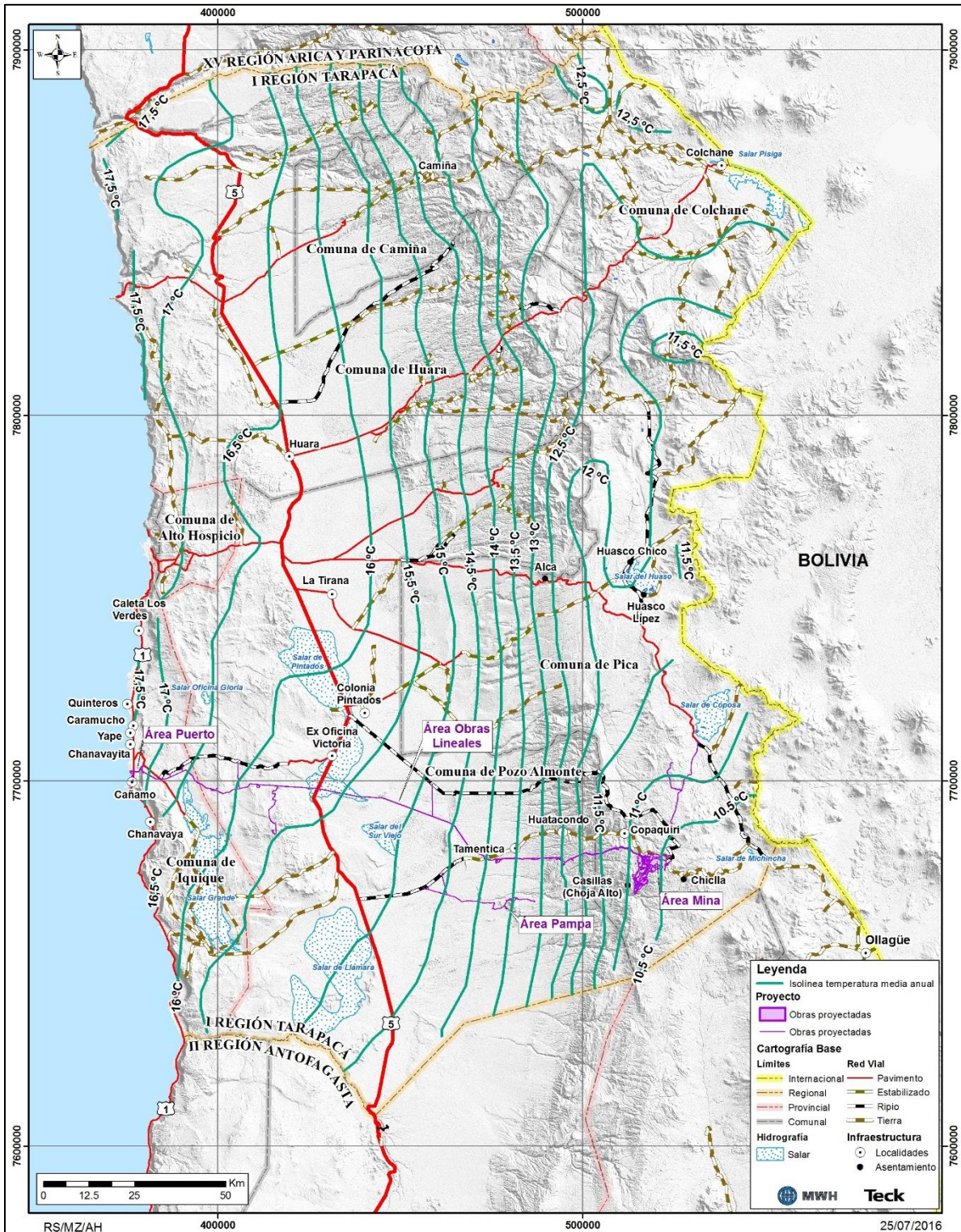


Fuente: Elaboración propia, en base a Kottek et. al., 2006

b) Esquema Isothermal

En concordancia con lo anterior, en la siguiente Figura 3.2.1-3 se observa una marcada estructura longitudinal de la temperatura, siguiendo los relieves predominantes en la Región, empezando por la Cordillera de la Costa, donde se genera una mayor homogeneidad térmica debido a la influencia marítima; seguido por la Pampa del Tamarugal que muestra un marcado gradiente zonal de temperatura y por último la Cordillera de los Andes donde se registran las temperaturas medias más bajas de la Región.

Figura 3.2.1-3. Esquema Isotermal Región de Tarapacá.



Fuente: Elaboración propia. Isolíneas de temperatura media anual en base a Dirección Meteorológica de Chile, 2001.

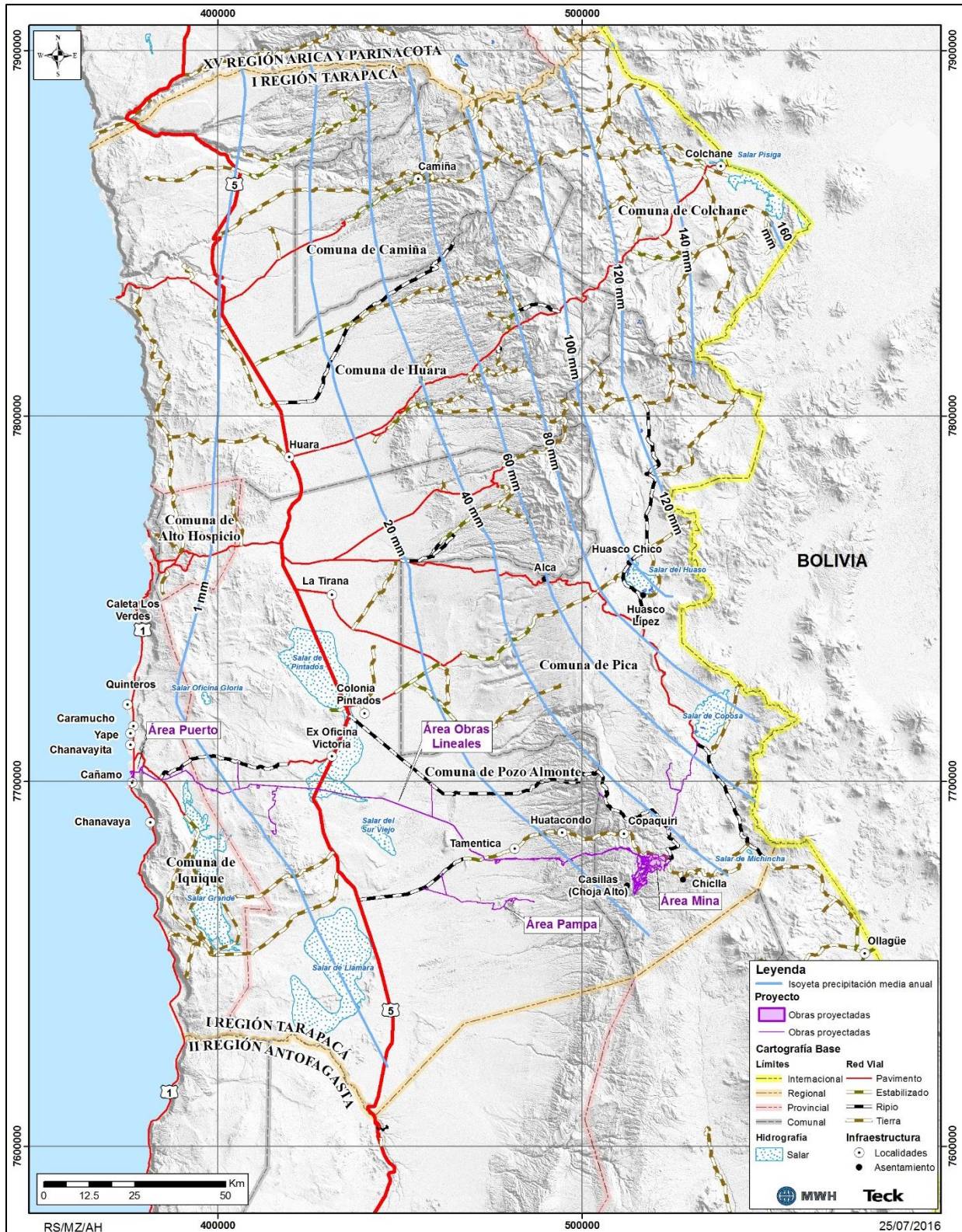
c) Situación Pluviométrica

Uno de los rasgos más notables del Clima de la zona norte de Chile es la variación geográfica que presentan las precipitaciones y en donde los montos de precipitación varían de un año a otro, ocurriendo períodos de uno o más años secos. En general, los patrones de precipitación presentan una variación geográfica en sentido Nor-Este a Sur-Oeste (mayor a menor precipitación), según se muestra en la siguiente Figura 3.2.1-4. Así las localidades situadas más hacia el Nor-Este presentan los mayores montos de precipitación estival, los que progresivamente decrecen hacia el Sur Oeste.

Por otro lado, la carta de precipitación presentada para la Región de Tarapacá muestra que en la zona litoral los registros anuales están en el entorno 1,5 mm de agua caída (Precipitación Media Anual), y se van intensificando hacia la cordillera durante el período del “Invierno Altiplánico”, llegando a precipitaciones que alcanzan los 100 mm debido a los grandes aportes de humedad provenientes del interior del continente sudamericano. Es importante destacar que la topografía de la zona, asociada a la Cordillera de los Andes, influye directamente en las tasas de precipitaciones; es decir, el ascenso forzado de la masa de aire húmedo por las laderas de la cordillera (de Oeste a Este) lo enfría, haciendo posible alcanzar la condensación del vapor de agua, en primera instancia formando nubosidad de tipo convectiva y luego, continuando de esta forma con un fenómeno de escala global que genera déficit de lluvias o sequía en el Altiplano, correspondiente al Fenómeno El Niño (Francou & Pizarro, 1985; Ronchail, 1995; Aceituno & Garreaud, 1995; Vuille et al., 2000; Garreaud & Aceituno, 2001).

Como se mencionó anteriormente, la precipitación en el altiplano se concentra en el verano austral (Octubre – Marzo), asociada a la convección que se desarrolla en las horas de la tarde cuando la circulación regional favorece la advección de masas de aire húmedo provenientes de la costa (Garreaud, 1999). El calentamiento de la troposfera sobre los trópicos durante episodios de El Niño aumenta el gradiente de temperatura sobre el Altiplano, favoreciendo la intensificación y desplazamiento al Sur de los vientos del Oeste subtropicales (Garreaud & Aceituno, 2001). Resumiendo, el fenómeno “El Niño” se caracteriza por presentar una fase cálida con una notoria disminución de eventos de precipitación en la Zona Altiplánica. Por el contrario, el fenómeno “La Niña” presenta una fase fría, con una disminución de la temperatura superficial del mar, gatillando un incremento de las precipitaciones en la Región Altiplánica.

Figura 3.2.1-4. Precipitación Anual (mm) Región de Tarapacá.



Fuente: Elaboración propia. Isolíneas de precipitación media anual en base a Dirección Meteorológica de Chile, 2001, en base a Dirección Meteorológica de Chile, 2001.

3.2.1.5.2 Meteorología

A continuación se presenta la descripción y el análisis del comportamiento de las distintas variables meteorológicas registradas en terreno, tanto a nivel regional como local, y que responde a información registrada en las estaciones dispuestas en las distintas áreas del proyecto por parte de CMTQB y aquellas de carácter público ubicadas en las cercanías de las áreas del proyecto y pertenecientes a la DGA y DMC.

La caracterización meteorológica consideró la descripción de las siguientes variables: velocidad del viento (m/s), dirección del viento (grados), temperatura (°C), humedad relativa (%), radiación solar (W/m^2), presión atmosférica (mbar), pluviometría (mm) y evaporación (mm).

En Tabla 3.2.1-1 se presentan todas las estaciones, que son sujeto de análisis en el presente documento, pertenecientes a CMTQB y a DGA-DMC (Anexo 3.2.1-1 del presente documento), así como su localización, altura, variables medidas y entidad responsable de su operación.

Tabla 3.2.1-1. Descripción de Estaciones Meteorológicas

N°	Área	Nombre Estación	Coordenadas (UTM WGS 84)		Elevación (msnm)	Variables Medidas	Operador
			Este	Norte			
1	Mina	Campamento Construcción ⁽¹⁾	517174	7678237	4.310	VV,DV, T°, HR, RS, Pr, PP	CMTQB-Cesmec
2		Tambo Tarapacá	523590	7678910	4.457	VV,DV, T°, HR, RS, Pr, PP	CMTQB-Cesmec
3		Quebrada Blanca	521512	7677548	4.375	VV,DV, T°, HR, RS, Pr, PP	CMTQB-Serpram
4		Copaquiri	511315	7685543	3.518	VV,DV, T°, HR, RS, Pr, PP, EV	CMTQB-Algoritmos
5		Choja ⁽²⁾	512516	7671515	3.991	VV,DV, T°, HR, RS, Pr, PP, EV	CMTQB-Algoritmos
6		Chiclla	527742	7674176	4.522	VV,DV, T°, HR, RS, Pr, PP, EV	CMTQB-Algoritmos
7		Copaquire DGA	511206	7685535	3.540	PP	DGA
8		Ujina	538722	7680944	4.300	T°, PP y EV	DGA
9	Obras Lineales	Victoria	431429	7706335	960	VV,DV, T°, HR, RS, Pr, PP, EV	CMTQB-Algoritmos
10		Colonia Pintados	440525	7718882	992	VV,DV, T°, HR, RS, Pr, PP, EV	CMTQB-Algoritmos
11		Tamentica	481559	7681639	1.719	VV,DV, T°, HR, RS, Pr, PP, EV	CMTQB-Algoritmos
12		Huatacondo	494275	7685910	2.294	VV,DV, T°, HR, RS, Pr, PP	CMTQB-Siga
13		Guatacondo DGA	495262	7685876	2.460	T°, PP	DGA
14		Coposa DGA	531847	7710041	3.760	PP	DGA
15	Pampa	Choja Sur Oriente	486650	7667019	2.061	VV,DV, T°, HR, RS, Pr, PP, EV	CMTQB-Algoritmos
16	Puerto	Chanavayita	376100	7709970	4	VV,DV, T°, HR, RS, Pr	CMTQB-Siga
17		Diego Aracena (Iquique)	378020	7729430	52	T°, HR, PP	DMC
18	Estaciones Públicas Nivel Regional	Collahuasi	520585	7678240	4.250	PP	DGA
19		Coyacagua	520130	7782608	4.013	T°,EV	DGA
20		Salar del Huasco	511892	7757931	3.800	T°, EV	DGA
21		Ollagüe	577892	7652920	3.700	T°, EV	DGA

N°	Área	Nombre Estación	Coordenadas (UTM WGS 84)		Elevación (msnm)	Variables Medidas	Operador
			Este	Norte			
22		Esmeralda	460226	7734864	1.115	T°PP, EV	DGA
23		Quillagua	444557	7604648	802	T°, PP, EV	DGA
24		Tocopilla	377253	7557838	150	PP	DGA
25		Iquique	381308	7764260	50	PP	DGA

⁽¹⁾ Corresponde al Campamento Concentradora, sin embargo, se mantiene nombre reflejado en los informes de laboratorio.

⁽²⁾ Cabe señalar que la estación Choja, se encuentra ubicada en la quebrada de Casillas (Choja Alto).

Fuente: Elaboración Propia en base a Anexo 3.2.1-1 del presente documento.

En las tablas siguientes se señalan los períodos de datos disponibles para las diferentes variables meteorológicas medidas tanto en las estaciones pertenecientes a CMTQB, así como de las estaciones públicas de la DGA y DMC, estas son: Tabla 3.2.1-2 (Área Mina),

Tabla 3.2.1-3 (Área Obras Lineales), Tabla 3.2.1-4 (Área Pampa) y Tabla 3.2.1-5 (Área Puerto).

Tabla 3.2.1-2. Porcentajes Datos Disponibles Área Mina.

Años	% Datos Disponibles Anuales							
	VV	DV	T°	HR	RS	Pr	PP	EV
Campamento Construcción								
2013 ¹	59%	59%	59%	59%	59%	59%	59%	---
2014	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	---
2015	100%	100%	100%	100%	100%	98%	100%	---
Tambo Tarapacá								
2013 ²	59%	59%	59%	59%	59%	59%	59%	---
2014	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	---
2015	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	---
Quebrada Blanca								
2013	95%	95%	94%	94%	---	---	---	---
2014 ³	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	---
2015	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	---
Chiclla								
2014 ⁴	12%	12%	12%	12%	12%	12%	---	---
2015 ⁵	100%	100%	100%	100%	100%	100%	69%	32%
2016 ⁶	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%
Copaquiri								
2014 ⁷	17%	17%	17%	17%	17%	17%	---	---
2015 ⁸	100%	100%	100%	100%	100%	100%	71%	69%
2016 ⁹	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%
Choja								
2014 ¹⁰	17%	17%	17%	17%	17%	17%	---	---
2015 ¹¹	99%	99%	99%	99%	99%	99%	62%	53%
2016 ¹²	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%

VV=Velocidad del Viento DV=Dirección del Viento T°=Temperatura RS=Radiación Solar
Pr=Presión Atmosférica PP=Precipitaciones HR=Humedad Relativa EV=Evaporación.

¹ Inicio mediciones Junio 2013

² Inicio mediciones Junio 2013

³ Inicio registro datos de RS, Pr y PP a partir de Enero 2014

⁴ Inicio mediciones Noviembre 2014

⁵ Inicio mediciones PP y EVA en Mayo 2015

⁶ Mediciones hasta Marzo 2016

⁷ Inicio mediciones Noviembre 2014

⁸ Inicio mediciones PP y EVA en Abril 2015

⁹ Mediciones hasta Marzo 2016

¹⁰ Inicio mediciones Noviembre 2014

¹¹ Inicio mediciones PP y EVA en Mayo 2015

¹² Mediciones hasta Marzo 2016

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.2.1-3. Porcentajes Datos Disponibles Área Obras Lineales.

Años	% Datos Disponibles Anuales							
	VV	DV	T°	HR	RS	Pr	PP	EV
Victoria								
2014 ¹³	17%	17%	17%	17%	17%	17%	---	---
2015 ¹⁴	98%	98%	98%	98%	98%	98%	71%	68%
2016 ¹⁵	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Colonia Pintados								
2014 ¹⁶	54%	54%	54%	54%	54%	54%	54%	51%
2015	93%	92%	97%	97%	97%	98%	98%	95%
2016 ¹⁷	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Tamentica								
2014 ¹⁸	17%	17%	17%	17%	17%	17%	---	---
2015 ¹⁹	96%	96%	96%	96%	96%	96%	62%	61%
2016 ²⁰	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Huatacondo								
2013	100%	100%	100%	100%	100%	89%	75%	---
2014 ²¹	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	---

VV=Velocidad del Viento DV=Dirección del Viento T°=Temperatura RS=Radiación Solar
Pr=Presión Atmosférica PP=Precipitaciones HR=Humedad Relativa EV=Evaporación.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.2.1-4. Porcentajes Datos Disponibles Área Pampa.

Años	% Datos Disponibles Anuales							
	VV	DV	T°	HR	RS	Pr	PP	EV
Choja Sur Oriente								
2014 ²²	16%	16%	16%	16%	16%	16%	---	---
2015 ²³	100%	100%	100%	100%	100%	100%	72%	71%
2016 ²⁴	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%

VV=Velocidad del Viento DV=Dirección del Viento T°=Temperatura RS=Radiación Solar
Pr=Presión Atmosférica PP=Precipitaciones HR=Humedad Relativa EV=Evaporación.

Fuente: Elaboración propia.

¹³ Inicio mediciones Noviembre 2014¹⁴ Inicio mediciones PP y EV en Abril 2015¹⁵ Mediciones hasta Marzo 2016¹⁶ Inicio mediciones Junio 2014¹⁷ Mediciones hasta Marzo 2016¹⁸ Inicio mediciones Noviembre 2014¹⁹ Inicio mediciones PP y EV Mayo 2015²⁰ Mediciones hasta Marzo 2016²¹ Termino mediciones Septiembre 2014²² Inicio mediciones Noviembre 2014²³ Inicio mediciones PP y EV Abril 2015²⁴ Mediciones hasta Marzo 2016

Tabla 3.2.1-5. Porcentajes Datos Disponibles Área Puerto.

Años	% Datos Disponibles Anuales							
	VV	DV	T°	HR	RS	Pr	PP	EV
Chanavayita								
2011 ²⁵	30%	30%	30%	16%	28%	---	---	---
2012	100%	100%	100%	100%	100%	100%	---	---
2013	100%	100%	100%	100%	98%	100%	---	---
2014	100%	100%	100%	100%	100%	100%	---	---
2015	100%	100%	100%	100%	100%	90%	---	---
2016 ²⁶	24%	24%	24%	23%	24%	21%	---	---
Cáñamo								
2013 ²⁷	88%	88%	88%	88%	88%	88%	---	---
2014	100%	100%	100%	100%	100%	100%	---	---
2015	100%	100%	100%	100%	100%	100%	---	---
2016 ²⁸	24%	24%	24%	24%	24%	23%	---	---

VV=Velocidad del Viento DV=Dirección del Viento T°=Temperatura RS=Radiación Solar
Pr=Presión Atmosférica PP=Precipitaciones HR=Humedad Relativa EV=Evaporación.
Fuente: Elaboración propia.

Asimismo en la siguiente Tabla 3.2.1-6, se presentan los períodos de datos disponibles para las distintas variables medidas en las estaciones de la DGA y DMC, esto en lo referente a las variables de Temperatura, Humedad Relativa, Precipitaciones y Evaporación.

Tabla 3.2.1-6. Datos Disponibles de Estaciones Meteorológicas de la DGA y DMC.

Estación	Períodos de Datos Disponibles			
	T°	HR	PP	EV
Ujina	1973-1988	---	1974-2015	1973-1987
Collahuasi	---	---	1971-1991	1964-2012
Coyacagua	1961-2013	---	---	---
Salar del Huasco	1981-1982	---	---	---
Coposa	---	---	1982-2015	---
Ollague	1973-2011	---	---	1974-1987
Copaquire	---	---	1977-2011	---
Guatacondo DGA	1978-1990	---	1977-2015	---
Esmeralda	1966-1973	---	---	1966-1968
Quillagua	1969-1979	---	1970-2015	1969-1979
Tocopilla	---	---	1994-2015	---
Iquique	---	---	1984-2015	---
Diego Aracena (Iquique)	1987-2015	1987-2015	1987-2015	---

T°=Temperatura RS=Radiación Solar
Pr=Presión Atmosférica PP=Precipitaciones HR=Humedad Relativa EV=Evaporación
Fuente: Basado en Anexo 3.2.1-1 del presente documento.

²⁵ Inicio mediciones Septiembre 2011

²⁶ Mediciones hasta Marzo 2016

²⁷ Inicio mediciones Febrero 2013

²⁸ Mediciones hasta Marzo 2016

En lo referente a las metodologías de medición, todas las estaciones poseen sensores que cumplen con las recomendaciones establecidas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA) en su documento EPA-454/R-99-005 denominado "Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications" (USEPA, 2001) y cuyas técnicas de funcionamiento se indican en la siguiente Tabla 3.2.1-7.

Tabla 3.2.1-7. Metodologías de Medición Variables Meteorológicas.

Parámetro	Metodología Medición
Dirección del Viento	Veleta instalada a 10 metros de altura
Velocidad del Viento	Anemómetro de copela o hélice instalada a 10 metros de altura
Temperatura Ambiente	Termocupla en cazoleta protectora de radiación
Humedad Relativa	Higrómetro en cazoleta protectora de radiación
Radiación Solar	Piranómetro de radiación solar global
Presión Atmosférica	Barómetro digital
Precipitaciones	Recipiente receptor de agua con generación de pulsos
Evaporación	Evaporímetro de bandeja Clase A

Fuente: Elaboración propia.

Se hace el alcance respecto de la medición de la evaporación con Evaporímetro de Bandeja Clase A, este requiere que el agua contenida en la bandeja se encuentre en estado líquido en forma permanente, dicha condición no se cumple en alguna estaciones, dado las bajas temperaturas, el agua se congela, situación que induce a errores de lectura de la variable por lo tanto en algunas estación no se cuenta con dicha información.

a) Análisis Regional

A continuación se hace un análisis a nivel regional del comportamiento de las distintas variables meteorológicas, haciendo uso de toda la información disponible de parte de las estaciones de medidas en las estaciones de CMTQB y las de carácter público de la DGA y DMC.

La información fue tratada de tal forma de resumir la data en tablas que entregan información del comportamiento de las distintas variables meteorológicas, según la altura geográfica de las estaciones y con esto reflejar el comportamiento de las distintas variables por altura desde la zona costera hasta la zona de alta cordillera, en consideración a que el Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2 abarca una amplia zona dentro de la región de Tarapacá.

a.1) Velocidad del Viento

En este caso solo se dispone de información asociada a las estaciones de CMTQB, las estaciones asociadas a la DGA y DMC no cuentan con este tipo de información.

Respecto a la velocidad del viento, medido en las distintas estaciones y cuyos resultados resumidos finales se presentan en la Tabla 3.2.1-8 y Figura 3.2.1-5, y tomando en consideración que las estaciones fueron ordenadas de acuerdo a su altura geográfica, se tiene lo siguiente:

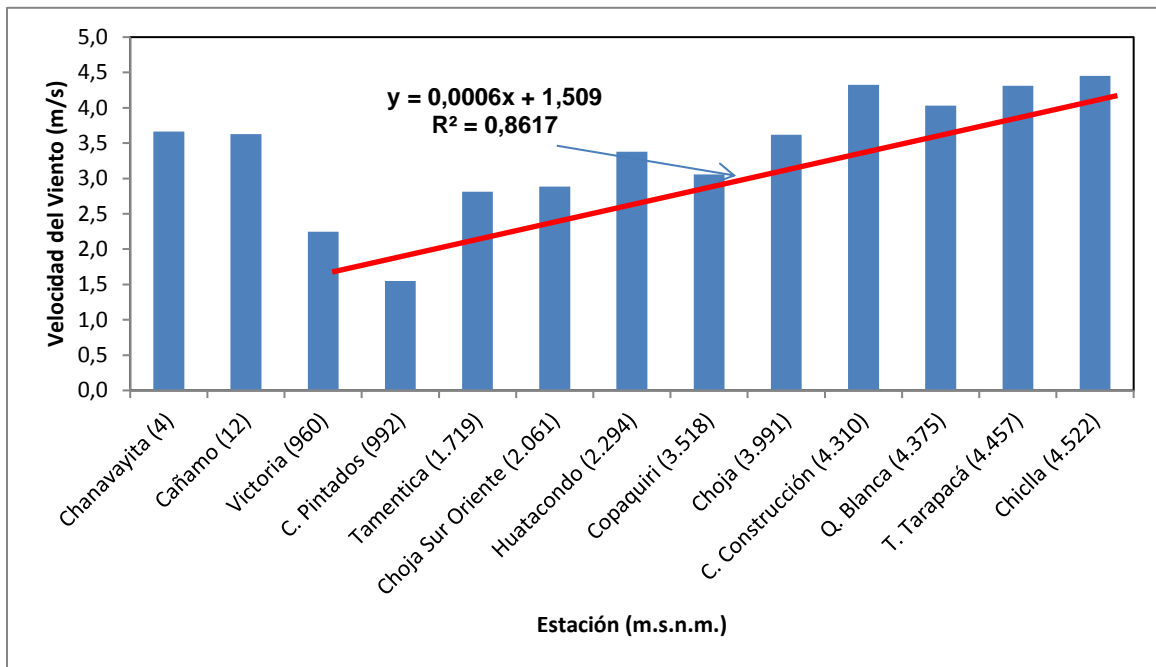
- El comportamiento general de la velocidad del viento, indica un aumento de las intensidades medias de los vientos según se aumenta en altura geográfica. La excepción la constituyen las estaciones de Chanavayita y Cañaño, que se ubican directamente en el borde costero y por lo tanto el movimiento de masas de aire obedece a patrones distintos a los ubicados en las áreas interiores del proyecto.
- Para aquellas estaciones que se ubican sobre los 900 m.s.n.m., se observa un comportamiento lineal con pendiente positiva y en donde las velocidades promedio varían entre un mínimo de 1,5 m/s en estación Colonia Pintados (992 m.s.n.m.) a máximos de 4,3 m/s para las estaciones de Campamento Construcción, Tambo Tarapacá y de 4,5 m/s para la estación Chiclla, todas estas ubicadas sobre los 4.300 m.s.n.m.
- Para las estaciones en el Área Puerto, las velocidades promedio son similares entre ellas, con valor promedio de 3,7 m/s.

Tabla 3.2.1-8. Resumen Resultados de Velocidad del Viento Promedio Estaciones CMTQB (m/s)

Estación	Altura Geográfica (m.s.n.m.)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio Anual
Chanavayita	4	3,9	3,7	3,7	3,1	3,3	3,5	3,6	3,8	3,7	3,7	3,8	4,0	3,7
Cáñamo	12	4,1	4,7	4,6	4,0	4,0	3,1	3,0	3,0	3,1	3,3	3,3	3,4	3,6
Victoria	960	2,8	2,9	2,5	2,0	1,7	1,4	1,5	1,9	2,3	2,5	2,7	2,7	2,2
C. Pintados	992	1,6	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,5	1,7	1,7	1,7	1,7	1,5
Tamentica	1.719	2,7	2,6	2,4	2,5	2,8	2,9	2,9	3,0	3,2	2,9	2,9	2,8	2,8
Choja Sur Oriente	2.061	2,8	2,5	2,6	2,6	3,1	3,1	2,8	3,1	3,3	3,0	3,0	2,8	2,9
Huatacondo	2.294	3,3	3,1	3,0	3,3	3,4	3,5	3,7	3,6	3,5	3,5	3,4	3,3	3,4
Copaquiri	3.518	3,6	3,2	3,2	2,9	2,7	2,7	2,7	3,0	3,0	3,0	3,4	3,3	3,1
Choja	3.991	3,0	2,6	3,2	3,4	4,1	3,6	4,9	5,0	3,5	3,7	3,3	3,1	3,6
C. Construcción	4.310	5,2	4,0	4,2	3,4	4,4	4,6	4,4	4,4	4,5	4,2	4,2	4,3	4,3
Q. Blanca	4.375	4,0	4,2	4,0	3,6	3,9	3,8	3,9	4,2	4,1	4,1	4,2	4,4	4,0
T. Tarapacá	4.457	5,0	4,5	4,2	3,5	3,9	4,1	3,9	4,1	4,4	4,4	4,6	4,9	4,3
Chiclla	4.522	4,0	3,8	4,2	4,0	4,8	3,9	5,7	6,2	4,4	4,5	4,2	3,8	4,5

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.2.1-5. Velocidad del Viento Promedio Anual v/s Altura.



Fuente: Elaboración propia.

a.2) Dirección del Viento

En este caso solo se dispone de información asociada a las estaciones de CMTQB, las estaciones asociadas a la DGA y DMC no cuentan con este tipo de información.

Respecto a esta variable, en Figura 3.2.1-6, se observa el comportamiento general de la dirección del viento que ocurre entre el día (08:00 a 19:00 horas) y la noche (20:00 a 07:00 horas), obtenidos a partir del promedio vectorial resultante de los datos medidos en cada período de tiempo definido en cada una de las estaciones y de donde es posible observar lo siguiente.

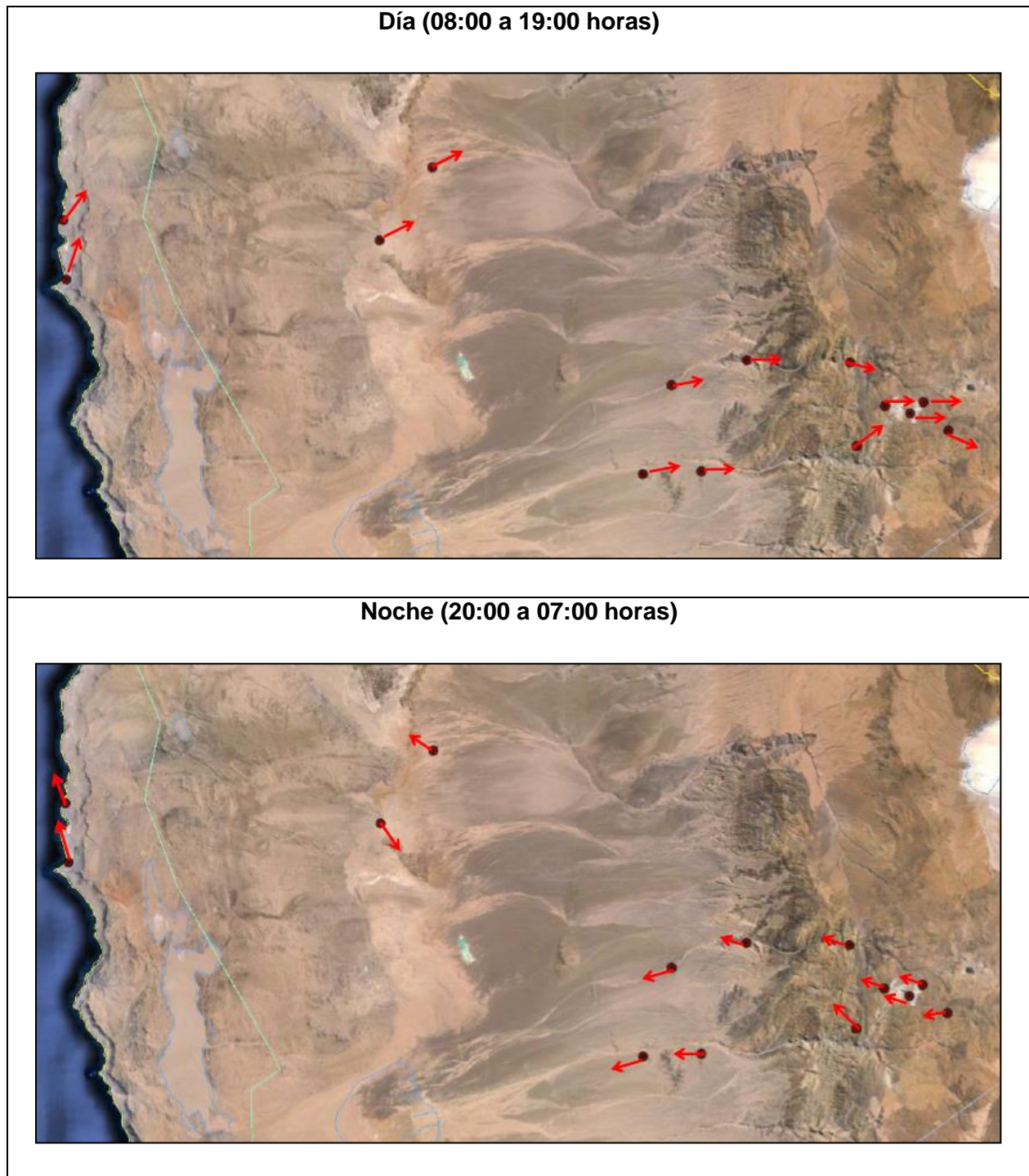
- Día: En términos generales, durante este período de tiempo, los vientos tienen un flujo global de dirección del viento que van desde la costa hacia el interior.
- Noche: En términos generales, durante este período de tiempo, los vientos tienen un flujo global de dirección del viento que van desde el interior hacia la zona costera.

Respecto al comportamiento de esta variable en cada área del proyecto, se hacen las siguientes generalidades de su comportamiento:

- Área Mina: en todas las estaciones se observa que durante el día los vientos provenientes de las componentes asociadas al cuadrante III (S-O) y IV Cuadrante (O-N), mientras que en la noche prevalecen los vientos provenientes de las componentes asociadas al I cuadrante (N-E) y II cuadrante (E-S).

- Área Obras Lineales: las estaciones de Tamentica y Huatacondo por encontrarse insertas dentro de la quebrada Guatacondo, presentan un comportamiento durante el día de vientos procedentes de la dirección O y en la noche de vientos procedentes del E. Respecto a la estaciones de Victoria y Colonia Pintados, durante el día los vientos proceden de direcciones entre el III cuadrante (S-O) y IV cuadrante (O-N), mientras en la noche los vientos proceden de direcciones asociados al I cuadrante (N-E) y II cuadrante (E-S).
- Área Pampa: se observa un comportamiento durante el día de vientos procedentes de direcciones entre el III cuadrante (S-O) y IV cuadrante (O-N), mientras en la noche los vientos proceden de direcciones asociados al I cuadrante (N-E) y II cuadrante (E-S).
- Área Puerto: las estaciones presentan un comportamiento durante el día de vientos procedentes principalmente del III cuadrante (S-O), con una fuerte componente S, mientras que en la noche de vientos procedentes de direcciones asociados al II cuadrante (O-S) y III cuadrante (S-E) pero con vientos de baja intensidad.

Figura 3.2.1-6. Comportamiento General de la Dirección del Viento entre Día y Noche



Fuente: Elaboración propia

a.3) Temperatura

En este caso se dispone de información asociada a las estaciones de CMTQB, así como de las estaciones asociadas a la DGA y DMC, cuyos períodos de medición se indican en Tabla 3.2.1-9.

Respecto a la temperatura ambiental, medido en las distintas estaciones y cuyos resultados finales se presentan en Tabla 3.2.1-10 y Figura 3.2.1-7, y tomando en consideración que las estaciones fueron ordenadas de acuerdo a su altura geográfica, se concluye lo siguiente:

- Se observa una gradiente de disminución de la temperatura en función al aumento de altura, lo que responde a un comportamiento esperado de esta variable meteorológica y que es posible representarla mediante una función de tipo cuadrática.
- El comportamiento general de la temperatura ambiental, indica que todas las estaciones ubicadas bajo los 2.000 m.s.n.m. presentan temperaturas promedios anuales equivalentes y que varían entre los 17,5 °C y 19,4°C, para caer rápidamente para las estaciones que se ubican sobre los 2.000 m.s.n.m., en donde el menor valor promedio es de 2,8°C.
- Las temperaturas más bajas se registran en todas las estaciones ubicadas sobre los 4.000 m.s.n.m. y en donde todos los promedios anuales están por debajo de los 4,0°C.
- Las temperaturas promedios más altas, se registraron en las estaciones de Tamentica (1.720 m.s.n.m.) con un valor de 19,4 °C y Victoria (960 m.s.n.m.) con 19,0 °C.

Tabla 3.2.1-9. Períodos de Datos de Temperatura de Estaciones DGA y DMC.

ESTACION	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2016
Ujina						
Coyacagua						
Salar del Huasco						
Ollague						
Guatacondo DGA						
Esmeralda						
Quillagua						
Diego Aracena						

- = Información Completa
- = ≥ 7 meses con información
- = < 7 meses con información

Fuente: Elaboración propia.

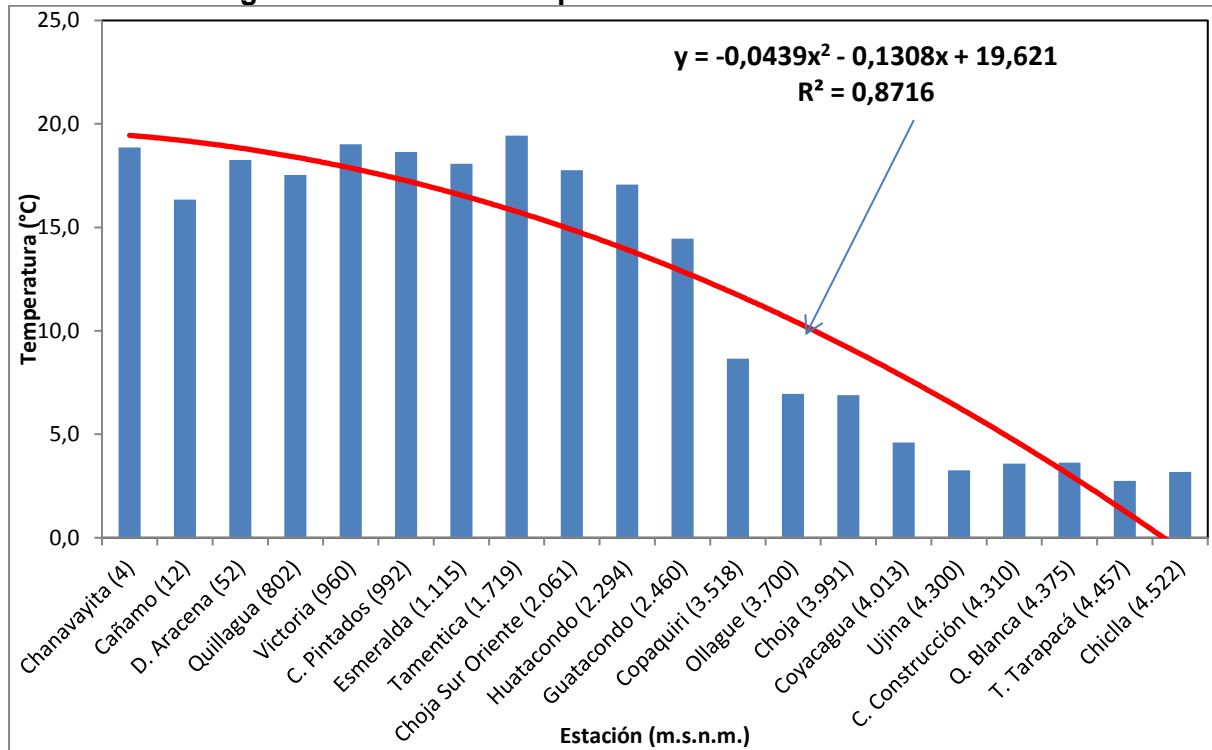
Tabla 3.2.1-10. Resumen Resultados de Temperatura Promedio Estaciones CMTQB, DGA y DMC (°C).

Estación	Altura Geográfica (m.s.n.m.)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio Anual
Chanavayita	4	21,3	22,4	23,1	19,5	17,6	16,3	16,2	16,4	17,8	17,4	18,8	20,6	19,0
Cáñamo	12	18,0	19,3	18,7	16,7	16,1	14,3	13,0	13,3	14,4	15,4	14,9	16,6	15,9
D. Aracena	52	21,8	21,8	20,9	19,0	17,3	16,0	15,3	15,3	16,0	17,0	18,5	20,2	18,3
Quillagua	802	21,0	20,9	19,5	17,2	15,9	14,7	14,6	15,0	16,8	17,7	17,9	19,2	17,5
Victoria	960	21,7	22,7	21,9	19,7	17,5	16,0	14,7	16,8	18,4	19,4	19,0	20,4	19,0
C. Pintados	992	21,2	22,3	22,1	19,2	16,9	15,2	14,0	16,3	17,8	19,0	18,8	20,2	18,6
Esmeralda	1.115	20,5	19,5	19,3	20,2	16,4	15,3	15,3	16,1	17,5	18,5	18,8	19,4	18,1
Tamentica	1.719	20,6	19,9	19,9	19,5	19,3	19,1	17,3	18,4	19,7	19,8	19,3	20,4	19,4
Choja Sur Oriente	2.061	18,6	17,9	17,8	18,1	17,7	17,9	16,0	17,0	18,0	18,0	17,2	18,8	17,8
Huatacondo	2.294	15,1	15,7	17,2	16,0	15,1	14,9	14,9	15,7	16,1	15,5	15,0	15,8	15,6
Guatacondo	2.460	15,9	15,5	15,0	14,3	13,1	11,8	11,9	13,4	14,5	15,6	16,0	16,5	14,5
Copaquiri	3.518	10,6	10,8	10,5	9,6	6,2	7,3	5,3	7,2	7,8	9,0	9,2	10,3	8,7
Ollagüe	3.700	11,2	10,9	10,7	7,4	3,5	3,0	2,3	3,3	4,8	6,7	8,8	10,9	7,0
Choja	3.991	8,3	8,3	8,3	7,5	4,8	7,1	4,3	5,5	5,9	6,6	7,9	8,1	6,9
Coyacagua	4.013	8,2	8,2	7,7	5,3	2,6	0,9	0,6	1,6	2,8	4,3	5,7	7,3	4,6
Ujina	4.300	6,2	6,1	6,3	4,5	1,7	0,2	0,2	0,1	0,9	3,1	4,9	4,8	3,3
C. Construcción	4.310	5,4	5,5	4,9	4,8	1,4	1,9	1,1	2,1	2,5	4,1	4,6	4,8	3,6
Q. Blanca	4.375	5,6	5,6	5,7	4,7	2,0	1,2	0,6	1,7	2,4	3,8	4,8	5,5	3,6
T. Tarapacá	4.457	5,1	5,3	4,4	3,9	0,1	0,5	-0,3	0,8	1,8	3,5	4,0	4,2	2,8
Chiclla	4.522	5,8	6,0	5,7	4,1	0,3	2,1	-0,6	1,0	1,6	3,1	3,5	5,4	3,2

Nota: Por efectos de redondeo numérico, el promedio de los valores mensuales puede no coincidir con el valor anual.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.2.1-7. Temperatura Promedio Anual v/s Altura.



Fuente: Elaboración propia.

a.4) Humedad Relativa

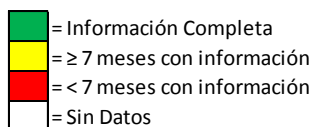
En este caso se dispone de información asociada a las estaciones de CMTQB y de la estación Diego Aracena de la DMC y cuyo período de medición se indican en Tabla 3.2.1-11.

En lo referente a la humedad relativa, medido en las distintas estaciones y cuyos resultados finales de presentan en Tabla 3.2.1-12 y Figura 3.2.1-8; y tomando en consideración que las estaciones fueron ordenadas de acuerdo a su altura geográfica, se tiene lo siguiente:

- Para las estaciones que se ubican bajo los 2.000 m.s.n.m., se observa una disminución progresiva y responde a una función de tipo lineal con pendiente negativa.
- Para las estaciones ubicadas bajo los 2.000 m.s.n.m., presentan valores de humedad que varían entre los 68,7% (D. Aracena – 52 m.s.n.m.) y 24,1% (Tamentica – 1.719 m.s.n.m.)
- Para las estaciones que se ubican sobre los 2.000 m.s.n.m., se observa una baja variación de los valores de humedad que en promedio es de 30% y que responde a una función de tipo lineal sin pendiente.
- La variaciones de humedad para las estaciones sobre los 2.000 m.s.n.m. varían entre un mínimo de 27% (Choja Sur Oriente – 2.061 m.s.n.m.) y un máximo de 31,5% (C. Construcción – 4.310 m.s.n.m.).

Tabla 3.2.1-11. Período de Datos de Humedad Relativa de Estación DMC.

ESTACION	1981-1990				1991-2000				2001-2010				2011-2016			
Diego Aracena																



Fuente: Elaboración propia.

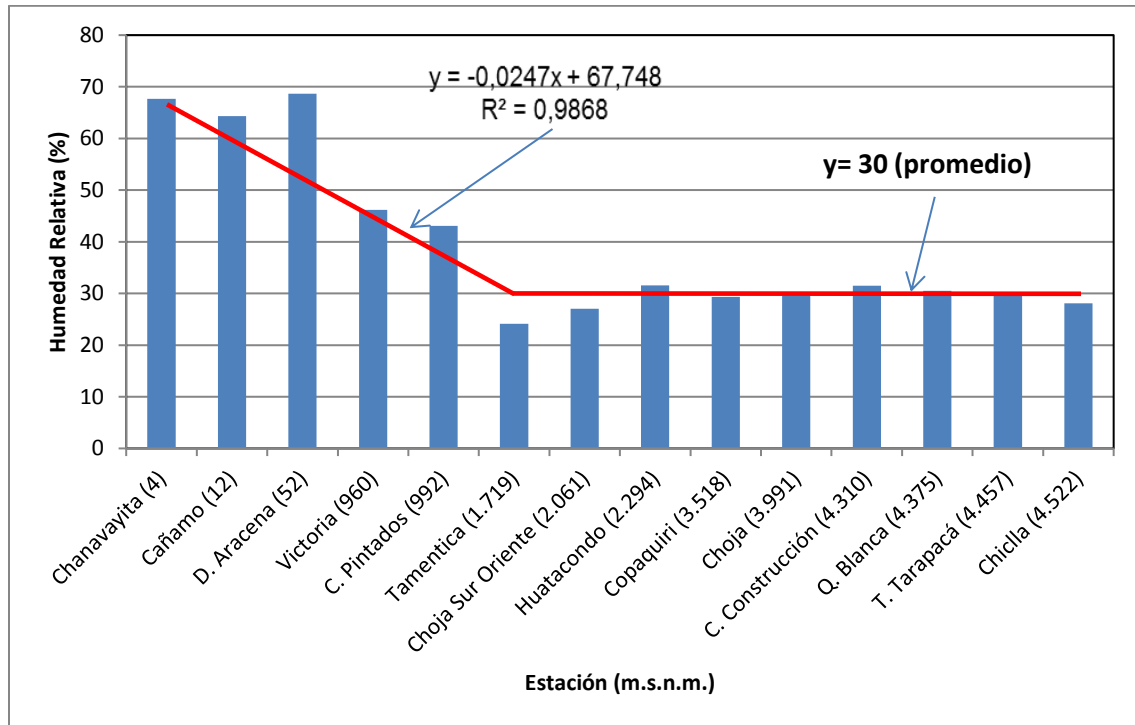
Tabla 3.2.1-12. Resumen Resultados de Humedad Relativa Promedio Estaciones CMTQB y DMC (%).

Estación	Altura Geográfica (m.s.n.m.)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio Anual
Chanavayita	4	67,4	66,9	68,4	68,6	67,4	66,6	69,6	68,0	69,3	66,9	67,0	68,1	67,8
Cáñamo	12	61,3	63,7	66,3	68,0	66,8	64,3	64,2	65,3	65,3	64,2	62,7	61,9	64,5
D. Aracena	52	64,6	64,9	67,5	69,9	71,3	71,6	71,1	71,7	70,4	68,5	66,9	65,8	68,7
Victoria	960	44,7	52,8	54,6	53,4	52,8	45,2	45,4	38,4	38,1	39,2	44,9	45,0	46,2
C. Pintados	992	42,1	50,8	52,8	51,1	51,8	43,0	42,7	36,4	36,4	37,8	39,2	40,6	43,7
Tamentica	1.719	27,8	40,2	45,6	32,9	19,5	12,5	13,0	15,7	13,9	20,8	23,9	23,6	24,1
Choja Sur Oriente	2.061	32,1	53,7	53,7	36,2	19,3	12,0	12,0	15,4	14,8	20,8	27,6	26,5	27,0
Huatacondo	2.294	49,9	53,0,9	45,2	34,1	24,4	21,5	15,5	14,3	22,1	21,9	28,1	37,7	30,6
Copaquiri	3.518	38,5	63,6	52,1	37,3	27,2	14,0	14,9	15,7	16,6	21,8	21,7	28,8	29,4
Choja	3.991	44,6	63,0	48,8	33,6	24,8	11,7	13,4	16,0	16,5	22,3	24,9	35,2	29,6
C. Construcción	4.310	53,4	50,2	49,3	31,7	27,0	24,0	21,2	20,1	21,8	23,3	21,5	34,2	31,5
Q. Blanca	4.375	53,3	58,4	44,9	28,2	24,1	21,9	21,9	19,6	20,3	19,2	20,0	34,4	30,6
T. Tarapacá	4.457	51,0	46,0	44,7	31,1	27,9	26,2	23,7	21,1	21,7	18,7	19,3	31,2	30,2
Chiclla	4.522	38,4	60,2	43,1	34,3	28,1	14,3	16,9	19,0	18,4	22,0	19,6	22,7	28,1

Nota: Por efectos de redondeo numérico, el promedio de los valores mensuales puede no coincidir con el valor anual.

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.2.1-8. Humedad Relativa Promedio Anual v/s Altura.



Fuente: Elaboración propia.

a.5) Radiación Solar

En este caso solo se dispone de información asociada a las estaciones de CMTQB, las estaciones asociadas a la DGA y DMC no cuentan con este tipo de información.

En lo referente a la radiación solar, medido en las distintas estaciones y cuyos resultados finales de presentan en Tabla 3.2.1-13 y Figura 3.2.1-9, y tomando en consideración que las estaciones fueron ordenadas de acuerdo a su altura geográfica, se concluye lo siguiente:

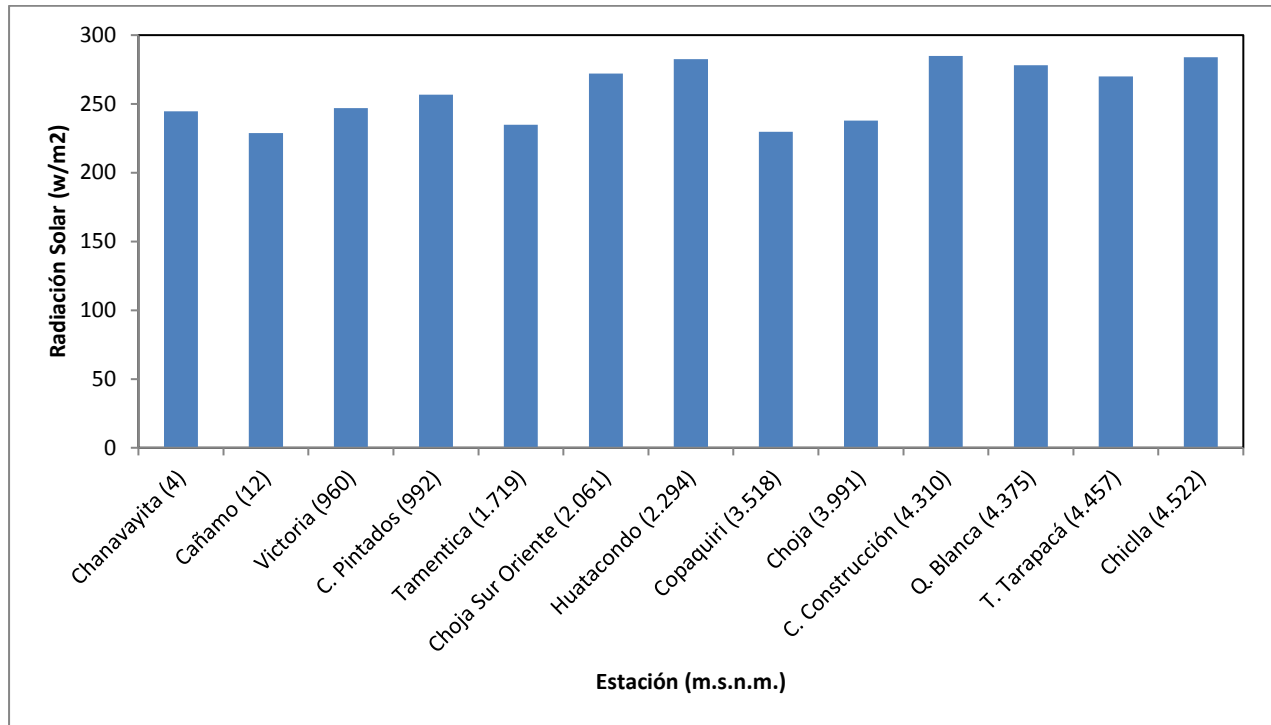
- En el Área Puerto se presentan los menores valores de radiación solar y con valores entre 229 W/m² y 245 W/m².
- Para las estaciones bajo los 2.000 m.s.n.m., exceptuando las del Área Puerto, los valores varían entre 235 W/m² (Tamentica – 1.719 m.s.n.m.) y 257 W/m² (C. Pintados – 992 m.s.n.m.).
- Para todas las estaciones ubicadas por sobre los 3.000 m.s.n.m., los niveles de radiación solar varían entre los 230 W/m² y 284 W/m².
- No se observa una tendencia clara que sugiera una variación de la radiación con la elevación, sino que se observa un comportamiento similar de esta variable en las distintas estaciones, con una cierta dispersión entre los diferentes registros

Tabla 3.2.1-13. Resumen Resultados de Radiación Solar Promedio Estaciones CMTQB (W/m²)

Estación	Altura Geográfica (m.s.n.m.)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio Anual
Chanavayita	4	321	304	271	220	174	154	159	181	232	283	317	318	245
Cáñamo	12	307	295	250	217	176	147	145	168	202	251	286	302	229
Victoria	960	310	278	245	225	203	184	189	211	262	257	292	309	247
C. Pintados	992	326	275	252	221	192	178	187	222	273	298	331	327	257
Tamentica	1.719	284	274	242	226	173	155	165	197	243	268	298	294	235
Choja Sur Oriente	2.061	338	284	276	246	214	196	205	228	285	301	347	345	272
Huatacondo	2.294	301	318	313	265	207	181	204	244	299	341	367	351	283
Copaquiri	3.518	269	212	228	213	191	174	180	207	249	260	290	283	230
Choja	3.991	293	208	233	219	185	174	174	209	260	276	311	312	238
C. Construcción	4.310	307	307	285	261	228	202	218	248	303	332	371	356	285
Q. Blanca	4.375	300	305	275	253	221	201	213	239	290	318	360	361	278
T. Tarapacá	4.457	277	307	280	256	225	199	213	241	298	321	344	279	270
Chiclla	4.522	377	286	278	244	229	203	208	235	280	315	374	378	284

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.2.1-9. Radiación Solar Promedio Anual v/s Altura.



Fuente: Elaboración propia.

a.6) Presión Atmosférica

En este caso solo se dispone de información asociada a las estaciones de CMTQB, las estaciones asociadas a la DGA y DMC no cuentan con este tipo de información.

En lo referente a la presión atmosférica, medido en las distintas estaciones y cuyos resultados finales se presentan en la Tabla 3.2.1-14 y Figura 3.2.1-10, y tomando en consideración que las estaciones fueron ordenadas de acuerdo a su altura geográfica, se concluye lo siguiente:

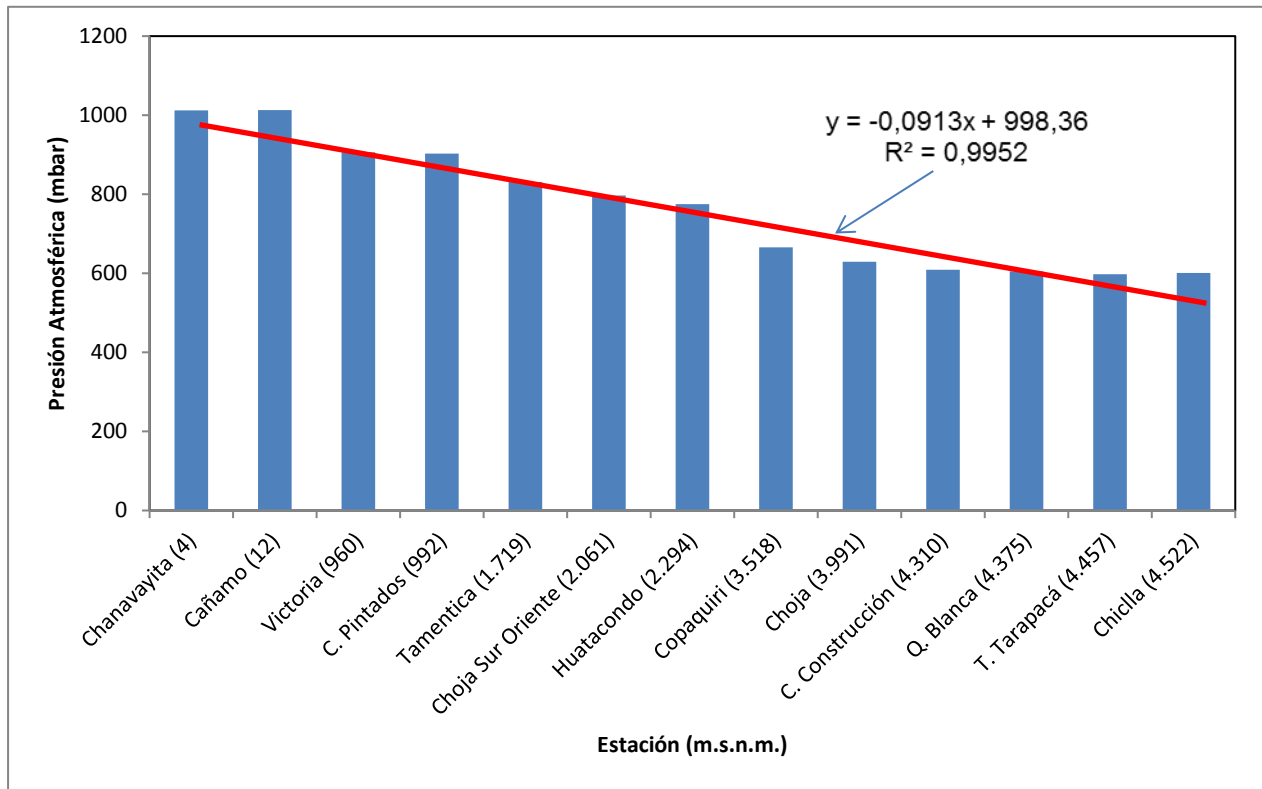
- Como es de esperarse, existe una clara relación entre la altura de la estación y el nivel promedio de presión atmosférica que se registra y que responde a una función lineal con pendiente negativa.
- Las presiones más altas se registran en las estaciones de Chanavayita (4 m.s.n.m.) y Cañamo (12 m.s.n.m.) con valores de 1012 mbar y 1.013 mbar respectivamente, por estar ubicadas estas estaciones en el borde costero.
- Las presiones más bajas son las asociadas a las estaciones del Área Mina que se ubican entre los 3.518 m.s.n.m. y los 4.512 m.s.n.m. y en donde los valores varían entre 598 mbar y 666 mbar.

Tabla 3.2.1-14. Resumen Resultados de Presión Atmosférica Promedio Estaciones de CMTQB (mbar)

Estación	Altura Geográfica (m.s.n.m.)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio Anual
Chanavayita	4	1011	1011	1012	1012	1013	1012	1013	1013	1012	1012	1012	1011	1012
Cáñamo	12	1011	1011	1012	1012	1014	1014	1015	1015	1014	1014	1013	1012	1013
Victoria	960	906	906	906	906	907	906	907	906	906	907	906	905	906
C. Pintados	992	903	902	903	903	903	903	904	903	903	903	903	902	903
Tamentica	1.719	832	832	831	831	831	831	831	831	831	832	831	831	831
Choja Sur Oriente	2.061	797	797	798	797	798	798	798	797	797	798	797	797	797
Huatacondo	2.294	775	774	775	775	776	775	776	776	776	775	775	774	775
Copaquiri	3.518	666	666	667	666	666	666	666	666	666	666	666	666	666
Choja	3.991	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629	629
C. Construcción	4.310	609	608	609	609	609	609	609	609	609	609	608	609	609
Q. Blanca	4.375	604	604	605	605	604	605	604	604	604	605	604	605	605
T. Tarapacá	4.457	598	598	599	599	598	599	598	598	598	599	598	598	598
Chiclla	4.522	601	601	601	601	601	601	601	601	601	601	601	601	601

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.2.1-10. Presión Atmosférica Promedio Anual v/s Altura.



Fuente: Elaboración propia.

a.7) Precipitación

A continuación se presenta el análisis de esta variable en que se hace uso de los datos de las estaciones públicas asociadas a la DGA y DMC (extraídos del Anexo 3.2.2-1 del presente documento), cuyos períodos de medición se indican en Tabla 3.2.1-15.

Tabla 3.2.1-15. Períodos de Datos de Precipitación de Estaciones DGA y DMC (mm).

ESTACION	1961-1970												1971-1980												1981-1990												1991-2000												2001-2010												2011-2016																	
Ujina													[Green]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]																	
Collahuasi													[Red]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]					
Coposa													[Green]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]					
Copaquiri													[Green]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]					
Guatacondo DGA													[Green]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]					
Quillagua	[Red]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]					
Tocopilla													[Green]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]					
Iquique													[Green]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]					
Diego Aracena (Iquique)													[Green]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]												[Green]					

- = Información Completa
- = ≥ 7 meses con información
- = < 7 meses con información
- = Sin Datos

Fuente: Elaboración propia.

- Relleno y Extensión de la Información Faltante

Como parte del estudio meteorológico desarrollado por Golder en 2013 en el contexto del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) denominado “*Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca*”, las estadísticas de precipitaciones de cada una de las estaciones meteorológicas de la DGA y DMC, fueron rellenas y extendidas a nivel mensual, cuando fue necesario. Se cubrió el período 1987-1988 al 2011-2012, considerando un año hidrológico de julio a junio. Dicho período se consideró lo suficientemente corto y reciente como para ser climáticamente representativo de la situación actual, y lo suficientemente largo como para ser estadísticamente representativo de la variación climática observable en la zona de estudio. En dicha ocasión, se desprendió del análisis de las series de tiempo y de referencias de otros estudios que, para la determinación de los parámetros medios de precipitación, se considerarían sólo los últimos 25 años de registro, por representar de mejor manera la tendencia climática en el patrón de precipitaciones en el período de desarrollo del Proyecto.

En el presente estudio se han actualizado las estadísticas rellenas obtenidas del documento anterior, agregando, para cada estación, la información pluviométrica disponible de los tres últimos años hidrológicos, 2012-2013 a 2014-2015. No se ha modificado el proceso de relleno y extensión de datos en esta ocasión, habiéndose verificado que la información de precipitación incorporada de los últimos años es consistente con el comportamiento histórico de esta variable en cada estación, de forma que las correlaciones entre estaciones, utilizadas anteriormente en el proceso de relleno, se mantienen prácticamente inalteradas. Sí se ha ampliado la extensión de los registros hacia los últimos tres años hidrológicos, en el caso de las estaciones regionales que se encuentran suspendidas, manteniendo el procedimiento propuesto en el estudio anterior para estos efectos.

Se destaca que para el caso del estudio de las precipitaciones máximas diarias no se han relleno datos, por ser tan particular el comportamiento de estos eventos extremos. Del mismo modo, el análisis estadístico asociado a esta variable considera las series disponibles en toda su extensión, dado que este tipo de análisis se puede volver muy poco representativo de las condiciones reales al efectuarse con series de tiempo muy cortas y, además, porque con dicho análisis se busca identificar eventos que ocurren con una frecuencia mayor a la cantidad de años de información disponible, siendo valiosos todos los datos existentes.

- Consistencia de la Información Pluviométrica.

Para verificar la consistencia de la información pluviométrica ya procesada, rellena y extendida, se utilizó el método de las curvas doble-acumuladas o curvas másicas. El presente análisis de consistencia corresponde a una actualización del análisis análogo realizado como parte del estudio de Clima y Meteorología anterior, por lo cual se han mantenido las correcciones a los registros efectuadas en esa ocasión, agregando a las series corregidas los tres últimos años hidrológicos de información pluviométrica disponible.

El método de las curvas másicas permite estudiar estadísticas pluviométricas y detectar errores o inconsistencias de los datos, basándose en el hecho de que la precipitación total anual en una serie de estaciones pluviométricas no se ve afectada por cambios reflejados en una estación individual, ya que existe una compensación entre ellas.

Los quiebres de pendiente en la curva doble acumulada se asocian a cambios en la medición, cambio de ubicación y/o exposición del instrumento, etc. Por otro lado, en el caso de detectarse un desplazamiento paralelo, es esperable suponer un error en el valor individual asociado al período en que se aprecia éste.

Se destaca que esta metodología resulta aplicable dentro de zonas climáticas homogéneas, en donde se espera que las distintas estaciones tengan un comportamiento consistente entre sí a nivel anual. En el caso de la zona de influencia altiplánica se han observado buenos resultados, sin embargo, en la zona desértica y costera, las precipitaciones son tan escasas y tienen tantos años con valores nulos de precipitación, que el método resulta no ser aplicable para la evaluación de la consistencia de los registros de precipitación.

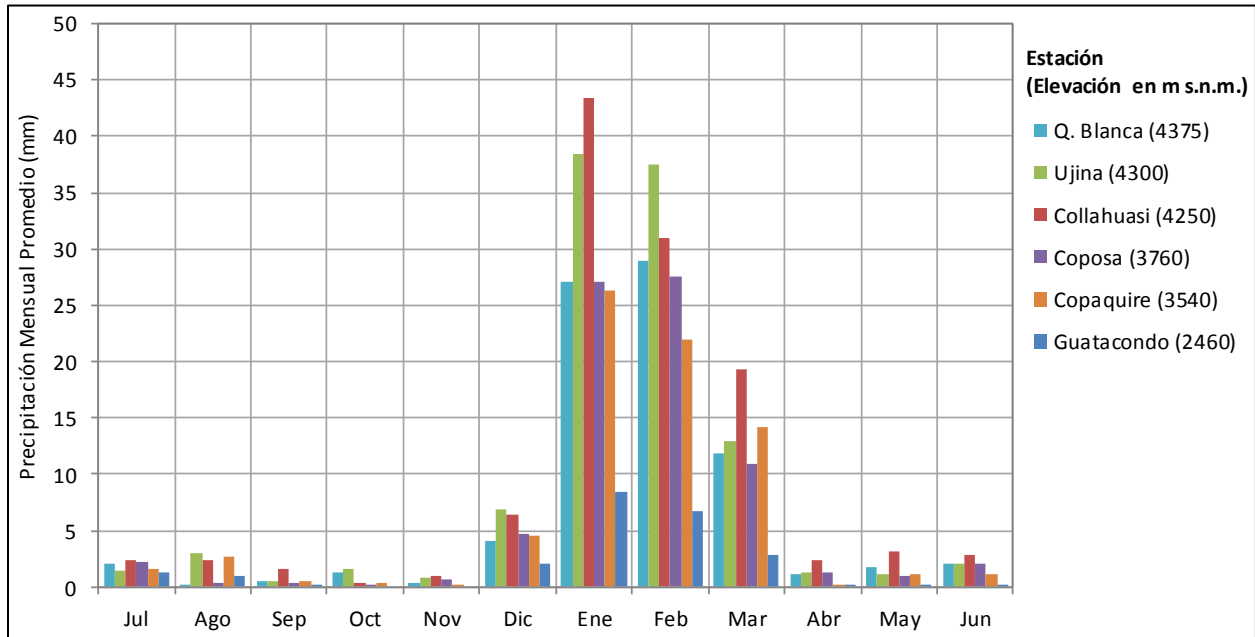
La Estación Patrón se estableció como el promedio de las cinco estaciones pluviométricas más completas para el período de registro considerado, en la zona de clima altiplánico: Guatacondo DGA, Copaquire, Coposa, Ujina y Quebrada Blanca. Se excluyó del análisis la estación de Collahuasi porque prácticamente no posee registros para el período en análisis. Se excluyeron, por otra parte, las estaciones de influencia climática desértica y costera: Iquique, Diego Aracena, Quillagua y Tocopilla, por tener un patrón de precipitaciones diferente al de las estaciones ubicadas por sobre los 2.000 m.s.n.m., y sólo eventos puntuales en toda la serie.

De las Curvas Doble Acumuladas realizadas se estableció que la estación Guatacondo DGA poseía inconsistencias en sus registros en dos años puntuales, por lo que se optó por corregir dichos datos. Una vez realizado este proceso, se obtuvo una nueva Curva Doble Acumulada en función de la información corregida de la estación Guatacondo DGA, sin observarse cambios de tendencia en la estadística. En el caso del resto de las estaciones, el análisis indica que sus registros son consistentes.

- Análisis Regional de Precipitación

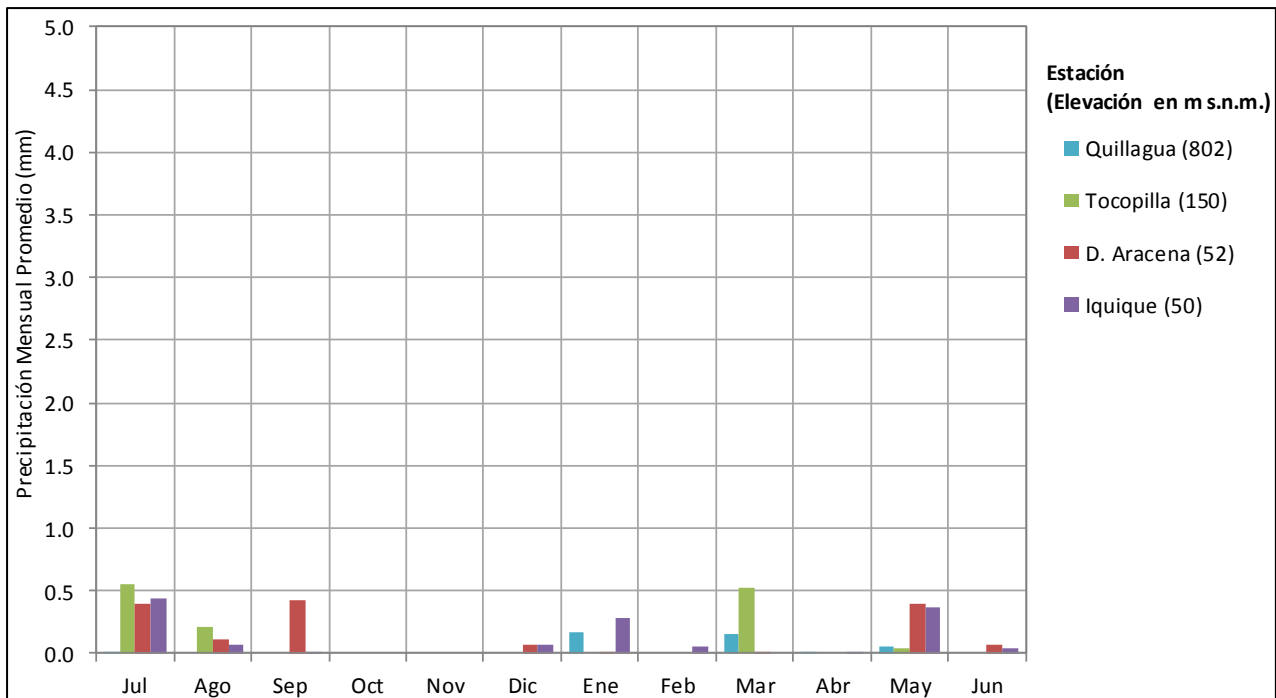
La precipitación media mensual y anual fue calculada, en base a las estadísticas ya rellenadas, para cada estación, y es presentada en la Figura 3.2.1-11, Figura 3.2.1-12 y en Tabla 3.2.1-16. Se destaca que sobre los 2.000 m.s.n.m. el régimen de precipitaciones se encuentra marcado por el invierno altiplánico en el período estival, para el cual se ha definido un año hidrológico desde julio a junio. Por el contrario, cerca de la costa las precipitaciones son muy bajas (los promedios mensuales no superan los 0,6 mm), y se producen principalmente en invierno.

Figura 3.2.1-11. Precipitaciones Mensuales en Estaciones Ubicadas Sobre los 2.000 m.s.n.m.



Fuente: Basado en Anexo 3.2.2-1 del presente documento.

Figura 3.2.1-12. Precipitaciones Mensuales en Estaciones Ubicadas Bajo los 1.000 m.s.n.m.



Fuente: Basado en Anexo 3.2.2-1 del presente documento.

Tabla 3.2.1-16. Resumen Resultados de Precipitación Estaciones de DGA y DMC (mm)

Estación	Elevación (m.s.n.m.)	Medias Mensuales (mm)												Año Hidrológico (jul-jun)	
		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Anual	Desv. Est
Iquique (DGA)	50	0,4	0,1	0	0	0	0,1	0,3	0,1	0	0	0,4	0	1,4	3,4
D. Aracena (DMC)	52	0,4	0,1	0,4	0	0	0,1	0	0	0	0	0,4	0,1	1,5	3,3
Tocopilla (DGA)	150	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	1,3	4,1
Quillagua (DGA)	802	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0,2	0	0,1	0	0,4	1,0
Guatacondo (DGA)	2.460	1,3	0,9	0,1	0	0	2,1	8,4	6,7	2,8	0,1	0,1	0,2	22,7	22,3
Copaquire (DGA)	3.540	1,6	2,6	0,4	0,3	0,1	4,5	26,4	21,9	14,2	0	1,1	1,1	74,2	72,1
Coposa (DGA)	3.760	2,3	0,3	0,4	0,2	0,6	4,6	27	27,5	10,9	1,3	1	2	78,2	74,5
Collahuasi (DGA) ⁽¹⁾	4.250	2,4	2,3	1,6	0,4	1	6,4	43,4	30,9	19,3	2,3	3,1	2,9	116,0	35,2
Ujina (DGA)	4.300	1,4	3	0,4	1,6	0,9	6,8	38,5	37,5	12,9	1,3	1,1	2	107,0	69,9
Q. Blanca (CMTQB)	4.375	2	0,1	0,6	1,3	0,3	4,1	27	28,9	11,9	1,2	1,7	2	81,0	61,9

La estación Collahuasi se incluye sólo en forma referencial, ya que es una estación principalmente rellenada.

Nota: Por efectos de redondeo numérico, la suma de los valores mensuales puede no coincidir con el total anual.

Fuente: Basado en Anexo 3.2.2-1 del presente documento.

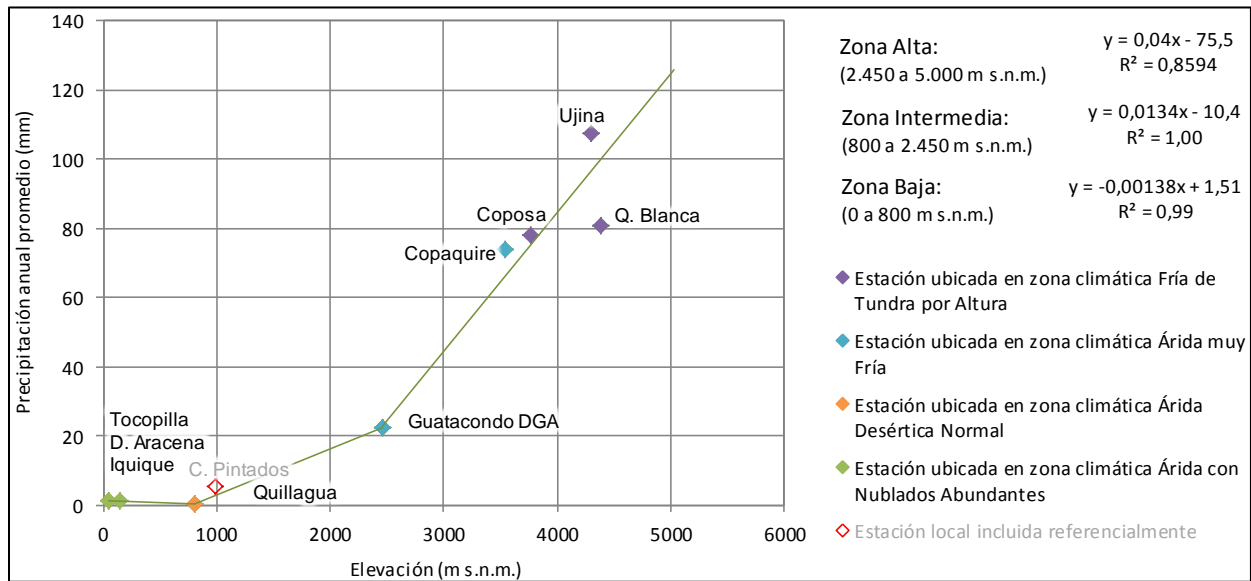
Si bien las estaciones Quebrada Blanca, Ujina y Collahuasi se encuentran muy próximas, el relleno estadístico realizado indica un gradiente de precipitaciones en esa zona, siendo la estación Quebrada Blanca aquella que presenta un menor registro de precipitación entre ellas. Es posible que esta diferencia entre estaciones se deba a efectos orográficos de la zona, a la naturaleza convectiva de las tormentas que ocurren en el Invierno Altiplánico y/o a la representatividad espacial de la ubicación de cada una de las estaciones.

Los valores medios presentados representan la variabilidad espacial de las precipitaciones, obteniéndose en las estaciones a gran altura (sobre los 4.000 m.s.n.m.) precipitaciones medias generalmente mayores a 100 mm al año, mientras que en las de más baja elevación, valores cercanos a los 1,5 mm (50 m.s.n.m. aproximadamente). De los resultados presentados en la Tabla 3.2.1-16, se aprecia también una alta variabilidad interanual de las precipitaciones, con desviaciones estándares de valores en el mismo orden de magnitud al valor promedio. Esta variabilidad interanual está influenciada por los fenómenos de La Niña / El Niño que afectan la ocurrencia de precipitaciones en la zona. La presencia de fenómenos de La Niña inciden en la presencia de años con precipitaciones más altas (en la zona altiplánica), llegando a valores superiores a 200 mm al año, tal como se registraron en las estaciones altiplánicas en los años 1974, 1986, 2000 y 2010.

- Relación Entre Altitud y Precipitación Anual Regional

Utilizando la información presentada en la Tabla 3.2.1-16, se desarrolló una relación gráfica de precipitación anual versus elevación, con la cual se han estimado los valores medios de precipitación a lo largo de la zona del proyecto. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 3.2.1-13.

Figura 3.2.1-13. Curva Regional de Precipitación Anual v/s Altura.



Fuente: Basado en Anexo 3.2.2-1 del presente documento.

Se distinguen en esta figura las zonas climáticas en las que se encuentra cada estación, de acuerdo a la clasificación de Köppen. En relación a dichas zonas climáticas, se destaca la baja precipitación observada en Quillagua, menor incluso que en las estaciones costeras, lo cual es consistente con el clima desértico en donde se encuentra.

Se aclara que, si bien esta relación utiliza estaciones ubicadas entre las elevaciones 50 y 4.400 m.s.n.m. aproximadamente, se considera que es representativa de toda el área de estudio, pudiendo abarcar elevaciones mayores.

- Análisis de Frecuencia de Precipitación Anual Regional

Se realizó un análisis de frecuencia de las precipitaciones anuales registradas en las estaciones de la zona de estudio, a partir de las estadísticas rellenas y/o extendidas en el período 1987-2015, obteniéndose para cada una de ellas los valores de precipitación para probabilidades de excedencia entre 1% y 85%. Los datos fueron analizados utilizando las distribuciones Normal, Log Normal, Pearson III, Log Pearson III y Gumbel. La distribución de mejor ajuste fue seleccionada para cada estación considerando su ajuste gráfico, coeficientes de correlación y resultados del test Chi². La presenta un resumen de los resultados obtenidos.

Para todas las estaciones se han escogido distribuciones de probabilidad que presentan un buen ajuste estadístico y gráfico, y que además permiten ubicar las precipitaciones obtenidas dentro de un contexto regional congruente, privilegiándose la tendencia regional por sobre la precisión de los datos puntuales registrados en cada estación. Así, para los diferentes períodos de retorno analizados, se obtuvo una relación de precipitación anual versus elevación, según es presentado en la Figura 3.2.1-14.

Para la construcción de estas curvas de precipitación-elevación se han excluido las estaciones Copaquire, Tocopilla y Quillagua. En el caso de Copaquire, su análisis de frecuencia arrojó valores de precipitación mayores a los esperados para la zona, de acuerdo a la tendencia regional observada, siendo más de un 30% de sus valores de precipitación anual rellenados, por lo cual se ha cuestionado la confiabilidad de dicho resultado. Tocopilla se ubica en una zona muy seca, contando sólo con dos años de precipitación no nula, lo cual impidió efectuar un análisis de frecuencia de precipitaciones anuales. En cuanto a Quillagua, se contó con 6 años de precipitación no nula, con lo cual se considera que no se logra obtener un análisis de frecuencia lo suficientemente representativo estadísticamente del clima local; no obstante, se considera que esta estación es importante por ser la única disponible ubicada en una zona climática propiamente desértica, por lo cual se muestran sus resultados en la Figura 3.2.1-14 de forma referencial. Los resultados de Quillagua sugieren que en la zona desértica las precipitaciones podrían ser menores que lo que entregan las curvas de precipitación elevación, tal como se observa a nivel anual promedio, sin saber con certeza cuánto menores, dada la baja representatividad que podría tener el análisis de frecuencia realizado para dicha estación.

Al igual que la relación de precipitación anual versus elevación, las relaciones entregadas para la precipitación anual asociada a distintas probabilidades de excedencia se consideran representativas y aplicables a toda el área de estudio.

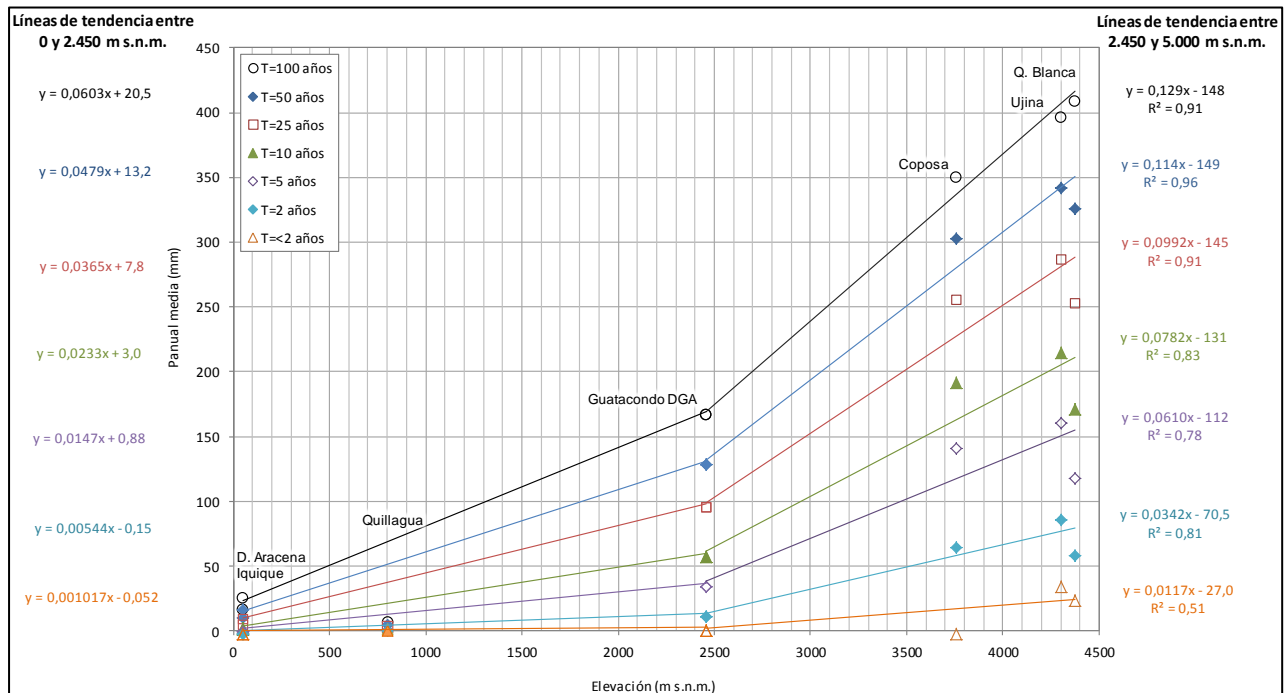
Tabla 3.2.1-17. Análisis de Frecuencia de Precipitaciones Anuales (mm)

Periodo Retorno (años)	Prob. Exc (%)	D. Aracena (DMC)	Iquique (DGA)	Quillagua (DGA)	Guatacondo (DGA)	Copaquire (DGA)	Coposa (DGA)	Ujina (DGA)	Q. Blanca (CMTQB)
		52 m.s.n.m.	50 m.s.n.m.	802 m.s.n.m.	2.460 m.s.n.m.	3.540 m.s.n.m.	3.760 m.s.n.m.	4.300 m.s.n.m.	4.375 m.s.n.m.
100	1	28,0	19,1	6,7	169	339	352	399	411
50	2	18,8	12,6	4,6	131	295	305	344	328
25	4	11,6	7,7	3,0	97,6	249	258	289	256
10	10	4,8	3,5	1,3	60,2	187	194	217	173
5	20	1,6	1,6	0,4	37,1	138	143	163	121
2	50	0,0	0,3	0,0	13,2	61,9	66,9	88,1	60,3
<2	85	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	36,9	25,6
Prom. Anual		1,5	1,4	0,4	22,7	74,2	78,2	107	81,0
Distribución		LPIII	LN	LN	LPIII	G	G	LPIII	LN
Coeficiente R ²		0,91	0,92	0,98	0,91	0,90	0,86	0,94	0,98
X ² cal/ X ² 1-α		5,02	0,88	0,31	0,89	0,76	0,70	0,95	0,50

Nota: Los resultados de Quillagua y Copaquire se muestran de forma referencial, y no se incluyen en la construcción de las curvas precipitación-elevación.

Fuente: Basado en Anexo 3.2.2-1 del presente documento.

Figura 3.2.1-14. Curva Regionales de Precipitación Anual (según probabilidad de excedencia) v/s Altura



Nota: Curvas construidas excluyendo estaciones Copacquire, Quillagua y Tocopilla. Se muestra resultado asociado a Quillagua de forma referencial, el cual sugiere que en la zona desértica la precipitación anual podría ser menor; no obstante, el resultado no se considera lo suficientemente confiable estadísticamente, por lo cual no es posible afirmar cuánto menor. Ante esta incertidumbre, se proponen las curvas elaboradas sin considerar la precipitación en Quillagua.

Fuente: Basado en Anexo 3.2.2-1 del presente documento.

- Comparación con Estudios Anteriores

Como verificación, los valores de precipitaciones medias anuales obtenidos en el presente análisis han sido comparados con las isoyetas de precipitación anual presentadas en el Balance Hídrico de Chile, el cual fue desarrollado por la DGA con datos del periodo 1961 a 1980, además del mapa de isoyetas propuesto por la DMC en 2001.

De acuerdo con estas publicaciones, los valores de precipitación media para la zona altiplánica en donde se encuentran las estaciones Coposa, Copacquire, Ujina y Quebrada Blanca variarían entre 100 y 200 mm al año, según las isoyetas DGA, y entre 30 y 70 mm al año, según las isoyetas DMC. Si bien estos valores son bastante dispersos, los resultados de entre 74 y 107 mm al año obtenidos en el presente estudio para dicha zona son consistentes con las isoyetas revisadas.

Para la estación Guatacondo DGA se presenta una precipitación anual cercana a los 25 mm en las isoyetas DGA, y del orden de 20 mm al año en las isoyetas DMC, lo cual es también consistente con el valor de 23 mm anuales obtenidos en el presente estudio.

Para la zona ubicada cerca de la transición entre los climas desértico y costero, las isoyetas de la DMC muestran 1 mm de precipitación anual, lo cual es consistente con el resultado obtenido en el presente estudio para las estaciones costeras (Diego Aracena e Iquique, con aproximadamente 1,5 mm/año), y para Quillagua, en la zona baja desértica (0,3 mm/año). No se presentan en las isoyetas DGA valores para las zonas costera ni desértica del Área del Proyecto.

- Línea de Nieve

No existe registro de información respecto a la ocurrencia de nieve en ninguna de las áreas de desarrollo del proyecto, tanto en las estaciones DGA como en las estaciones CMTQB. No obstante, es importante señalar que existen eventos de precipitación durante los meses de invierno que han generado nevadas en las partes más altas de las cuencas (sobre los 4.000 m.s.n.m.), las cuales no han sido significativas en acumulación dado que estos eventos en general, de ocurrir, son de magnitudes e intensidades moderadas. Existen indicios de eventos de precipitación sólida durante los meses de verano, de muy baja intensidad y que debido a la alta radiación solar y temperatura, se derriten rápidamente, lo que refuerza la idea de considerar sólo un aporte pluvial a estas cuencas.

A continuación se presenta un análisis de la elevación de la línea de nieve en la zona de estudio, la cual permite justificar que las cuencas aportantes presentarán condiciones de régimen pluvial.

Para establecer la elevación de la línea de nieves, se presentan, a modo de referencia, los valores de la elevación de la línea de nieves semi-permanente para distintas latitudes, de acuerdo a lo propuesto por Escobar y Vidal en 1992, según lo indicado en la Tabla 3.2.1-18.

La zona de más alta elevación intervenida por el Proyecto Quebrada Blanca se ubica en la latitud 21°S, aproximadamente entre la cota 4.300 a 4.500 m.s.n.m., por lo tanto de acuerdo a lo presentado en la Tabla 3.2.1-18, es de esperar que la elevación de la línea de nieves supere los 4.500 m.s.n.m. Si bien Escobar y Vidal realizan su estudio para la zona central de Chile, permite extrapolar un valor estimado de la ubicación de la cota media de la línea de nieves en la zona de estudio. Se espera que la ubicación de la línea de nieves del sector sea igual o superior a los 4.375 m.s.n.m. en cualquier caso.

Tabla 3.2.1-18. Elevación de la Línea de Nieve (LN) y Radiación Teórica Máxima (RS máx).

Latitud (Grados)	Elevación LN (m.s.n.m.)	RS máx. (Watt/m ²)	Latitud (Grados)	Elevación LN (m.s.n.m.)	RS máx. (Watt/m ²)
27	4.350	501	31,5	3.075	507
27,5	4.275	502	32	3.000	508
28	4.050	503	32,5	2.775	508

Latitud (Grados)	Elevación LN (m.s.n.m.)	RS máx. (Watt/m ²)	Latitud (Grados)	Elevación LN (m.s.n.m.)	RS máx. (Watt/m ²)
28,5	3.975	503	33	2.670	509
29	3.750	504	33,5	2.400	510
29,5	3.675	504	34	2.280	510
29,5	3.525	505	34,5	2.100	511
30,5	3.375	506	35	1.950	511
31	3.225	507			

Fuente: Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas Sin Información Fluviométrica, 2012.

En el estudio realizado por Robles y Santander, se define la elevación de la línea de nieve a partir de la temperatura índice presentada el mismo día del evento de precipitación máxima en 24 horas anual, suponiendo un gradiente constante de descenso de la temperatura con la altura, $\gamma = -0,0065$ °C/m. A partir del método definido por los autores es posible determinar a qué altura la temperatura desciende hasta los 0°C, de tal manera de definir la posición de la línea de nieve como $LN = H_0 - 300$ m.s.n.m., donde H_0 corresponde a la cota de la isoterma 0°C.

El valor de la altura en H_0 fue determinado en la zona del Proyecto a partir de la temperatura índice, dada como la temperatura registrada a la hora de máxima intensidad durante la tormenta de precipitación máxima de 24 horas.

Considerando que la estación Quebrada Blanca se encuentra aproximadamente en la cota 4.375 m.s.n.m. se presenta a continuación los resultados del cálculo de la elevación de la línea de nieves considerando el método propuesto por Robles y Santander. Si bien el estudio se realizó para la zona central de Chile, la metodología presentada es válida en la zona de estudio, pues a través de mediciones locales en términos generales es posible determinar la ubicación de la línea de nieves en forma bastante precisa mediante el empleo del gradiente adiabático.

En consecuencia, de los resultados presentados en la Tabla 3.2.1-19, para el área en estudio, presentaría sólo características pluviales, dado que se ubica bajo la mínima cota de nieve calculada para el año 2013/2014 de 4.495 m.s.n.m.

Para efectos de caracterizar el régimen hidrológico de las cuencas, se ha considerado que éstas presentarán un comportamiento netamente pluvial. Lo anterior se concluye en atención de que las precipitaciones, en las estaciones ubicadas sobre los 2.000 m.s.n.m., se concentran en promedio casi en un 100% en el período del Invierno Boliviano (diciembre-marzo), período que también corresponde a la época cálida del año. Por lo tanto, se espera que todas las cuencas afectadas no presenten acumulación de nieve en el período.

Tabla 3.2.1-19. Resultados Elevación de la Línea de Nieve Estación Quebrada Blanca.

Año Hidrológico (Jul-Jun)	Fecha Pmáx.	P _{max24} hr (mm)	Hora máx. intensidad	T índice (°C)	Ho 0°C (m.s.n.m.)	Línea de Nieve (m.s.n.m.)
2004/2005	11-01-2005	11	12:00-13:00	9,5	5.842	5.542
2005/2006	31-01-2006	8	16:00-17:00	8,3	5.657	5.357
2006/2007	13-01-2007	6	10:00-11:00	8,4	5.672	5.372
2007/2008	15-01-2008	19	18:00-19:00	5,1	5.165	4.865
2008/2009	21-02-2009	4	14:00-15:00	8,5	5.688	5.388
2009/2010	21-01-2010	3	17:00-18:00	6,8	5.426	5.126
2010/2011	30-01-2011	22	14:00-15:00	3,4	4.903	4.603
2011/2012	20-02-2012	23	12:00-13:00	3,2	4.872	4.572
2012/2013	17-01-2013	6	19:00-20:00	4,1	5.004	4.704
2013/2014	16-01-2014	13	15:00-16:00	2,7	4.795	4.495
2014/2015	06-02-2015	15	20:00-21:00	2,8	4.811	4.511
Cota Mínima						4.495

Fuente: Basado en Anexo 3.2.2-1 del presente documento.

El calentamiento atmosférico verificado a lo largo de los Andes está produciendo un ascenso de la línea de nieve, que a su vez resulta en un fuerte retroceso de los glaciares y también está provocando una reducción de la cobertura de nieve estacional hacia sectores cada vez más altos. En los Andes tropicales se ha verificado un ascenso de la isoterma 0°C de unos 25 m/década desde los 1980s. En los Andes centrales de Chile la isoterma 0°C ha ascendido en promedio 23 m/década en el período 1958-2006. Aparte de provocar cambios hidrológicos en las cuencas, se estaría generando un mayor aporte volumétrico aguas abajo, lo que queda de manifiesto al relacionar las variables precipitación v/s caudal. Así, existe en la época invernal un mayor volumen de agua que escurre en forma líquida, porque como producto de la ascensión de la isoterma cero, se verifica una disminución de los volúmenes de agua que quedan como reserva en las altas montañas, en forma de hielo y nieve.

En escenarios futuros de calentamiento atmosférico se prevé que la isoterma 0°C debiera continuar ascendiendo más de 400 metros hacia fines de siglo.

- Eventos Extremos: Precipitación Máxima Diaria

Información Disponible

Las estaciones meteorológicas consideradas para el análisis de precipitaciones máximas en la zona del Proyecto Quebrada Blanca fueron: Quebrada Blanca, Ujina, Coposa, Copaquire, Guatacondo DGA, Iquique, y Diego Aracena.

Estadísticas de Precipitaciones Máximas

Para efectos de la caracterización de las precipitaciones máximas diarias representativas de la zona de estudio, se han tomado en cuenta las estadísticas completas disponibles en las estaciones anteriormente mencionadas. Dichas estadísticas corresponden a series de máximos anuales de precipitaciones diarias, para lo cual se han seleccionado, para cada año hidrológico, la mayor precipitación diaria del período húmedo. En el caso de las estaciones ubicadas sobre los 2.000 m.s.n.m. dicho período es el estival, considerado entre los meses de noviembre y abril, ambos inclusive. En el caso de las estaciones costeras, el período húmedo corresponde al invernal. En ambos casos, los eventos asociados al período húmedo suelen ser los eventos máximos de todo el año.

Como es característico de la zona altiplánica, se ha identificado que las tormentas extremas en la zona de estudio en altura ocurren principalmente en verano, asociadas a fenómenos convectivos, resultantes en eventos de gran intensidad y radio de influencia reducido en comparación a los sistemas frontales que afectan las zonas más bajas. Éstos son eventos estadísticamente difíciles de analizar, generalmente no habiendo buenas correlaciones entre registros de distintas estaciones, o entre las precipitaciones máximas y las precipitaciones medias mensuales o anuales para una misma estación. En cuanto a las estaciones costeras, tampoco se observó una buena correlación entre los eventos extremos registrados en ellas, debido posiblemente a la pequeña magnitud y frecuencia de dichos eventos.

Por este motivo, las series de eventos máximos se consideraron tal como fueron registradas, sin rellenar años con datos faltantes ni extender estadísticas. La serie más extensa corresponde a la de Guatacondo DGA, con 37 años desde 1977, mientras que la más corta es la de Coposa, con 20 años de información, desde 1982 pero con interrupciones en su registro. La estadística con datos más antiguos corresponde a Ujina, cuyo registro comienza en 1973, 43 años atrás, por lo cual todas las series se consideran climáticamente representativas de las condiciones actuales para la zona de estudio. En la zona costera se cuenta con información de las estaciones Iquique y Diego Aracena, las cuales presentan eventos bastante esporádicos, pero que dentro de sus respectivos 30 y 34 años de registro, poseen 18 y 13 años con precipitación no nula, respectivamente, lo cual permite incluir estas series dentro del análisis estadístico de la precipitación máxima.

Al ser analizadas, las series de precipitaciones máximas diarias fueron aumentadas en un 10%, para hacerlas representativas de precipitaciones máximas en 24 horas.

Análisis de Frecuencia de Precipitaciones Máximas

Se ha realizado un análisis de frecuencia a partir de las series de precipitaciones máximas en 24 horas mencionadas, considerando 5 distribuciones de probabilidad: Normal (N), Log Normal (LN), Pearson III (PIII), Log Pearson III (LPIII) y Gumbel (G). La bondad de los ajustes se evaluó gráficamente, considerando el coeficiente de correlación R^2 y mediante un test Chi cuadrado.

El resumen de los resultados del análisis de frecuencia para las siete estaciones se presenta en la Tabla 3.2.1-20.

Para todas las estaciones se han escogido distribuciones de probabilidad que presentan un buen ajuste estadístico, y gráfico, y que además permiten ubicar las precipitaciones obtenidas dentro de un contexto regional congruente. Luego, se podrá observar que no siempre se eligieron las distribuciones con los mejores indicadores de bondad de ajuste, privilegiando la tendencia regional por sobre la precisión de los datos puntuales registrados en cada estación. El contexto regional estuvo dado por la ubicación de las precipitaciones obtenidas en una curva precipitación - elevación, en donde se observa un aumento de las precipitaciones con la altura, como se describe a continuación.

Tabla 3.2.1-20. Precipitaciones Máximas (mm) según periodo de retorno (años).

Estaciones		D. Aracena (DMC)	Iquique (DGA)	Guatacondo (DGA)	Copaquire (DGA)	Coposa (DGA)	Ujina (DGA)	Q. Blanca (CMTQB)
Tr (años)	Prob. Exc. (%)	52 m.s.n.m.	50 m.s.n.m.	2.460 m.s.n.m.	3.540 m.s.n.m.	3.760 m.s.n.m.	4.300 m.s.n.m.	4.375 m.s.n.m.
200	0,5%	19	20	41	60	54	61	64
100	1%	16	13	33	53	47	55	54
50	2%	13	9	27	47	41	49	45
25	4%	10	5	21	40	35	43	37
10	10%	6,4	2,3	14	31	27	35	27
5	20%	2,8	1,1	9,5	23	21	29	20
2	50%	0,0	0,1	4,4	12	14	20	12
Distribución		G	LP III	LP III	PIII	LN	LN	LN

Fuente: Basado en Anexo 3.2.2-1 del presente documento.

Relación Precipitación Máxima y Elevación

La relación precipitación máxima - elevación, obtenida a partir de la Tabla 3.2.1-20, se presenta en la Figura 3.2.1-15. El objetivo de estas curvas es definir la precipitación en el área del Proyecto.

En la elaboración de estas curvas, se tomó la determinación de no considerar los resultados de la estación Copaquire, por presentar un comportamiento que no es acorde a la tendencia regional obtenida, tal como fue el caso para las precipitaciones medias anuales asociadas a distintos períodos de retorno. Del mismo modo, se excluyó Tocopilla, la cual se ubica en una zona muy seca, contando sólo con dos años de precipitación no nula, lo cual impidió efectuar un análisis de frecuencia de precipitaciones anuales. Por último, se ha excluido de la elaboración de estas curvas la estación Quillagua, no obstante se incluyen sus resultados en la Figura 3.2.1-15 de forma referencial. Al igual que en el caso de las precipitaciones anuales, los resultados de Quillagua sugieren que en la zona desértica las precipitaciones máximas podrían ser menores que lo que entregan las curvas de precipitación elevación.

Los valores obtenidos fueron ajustados a una curva de tendencia lineal para cada período de retorno considerado, las cuales permitieron representar las condiciones de precipitación máxima en la zona de estudio, de acuerdo a la ecuación:

$$P_{24}^T = m_T \cdot Elev + b_T$$

Dónde:

P_{24}^T : Precipitación máxima en 24 horas (mm)

$Elev$: Elevación (m s.n.m.)

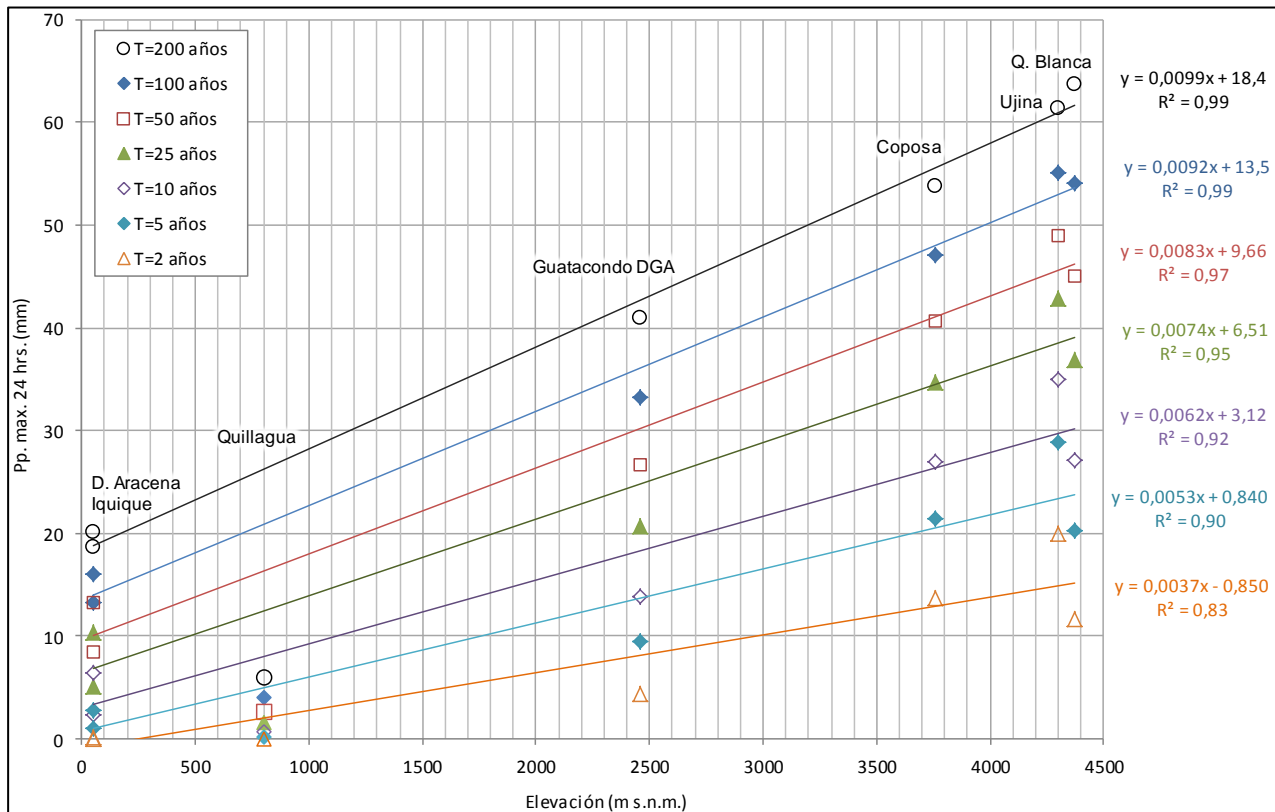
m_T : Pendiente (mm/m s.n.m.)

b_T : Constante (mm)

T : Período de retorno (años)

En Tabla 3.2.1-21 se presentan los coeficientes de ajuste para la relación lineal propuesta de elevación versus precipitación máxima en 24 horas, para los diferentes períodos de retorno analizados.

Figura 3.2.1-15. Curvas Regionales de Precipitación Máxima v/s Altura para Distintos Períodos de Retornos



Nota: Curvas construidas excluyendo estaciones Copacaire, Quillagua y Tocopilla. Se muestra resultado asociado a Quillagua de forma referencial, el cual sugiere que en la zona desértica la precipitación máxima en 24 hrs. podría ser menor; no obstante, el resultado no se considera lo suficientemente confiable estadísticamente, por lo cual no es posible afirmar cuánto menor. Ante esta incertidumbre, se proponen las curvas elaboradas sin considerar la precipitación en Quillagua.

Fuente: Basado en Anexo 3.2.2-1 del presente documento.

Si bien estas relaciones consideran estaciones ubicadas entre la costa y los 4.400 m.s.n.m. aproximadamente, se considera que son representativas de toda el área de estudio, pudiendo aplicarse a elevaciones superiores.

Tabla 3.2.1-21. Relación Precipitación Máxima en 24 Horas v/s Elevación según Períodos de Retorno.

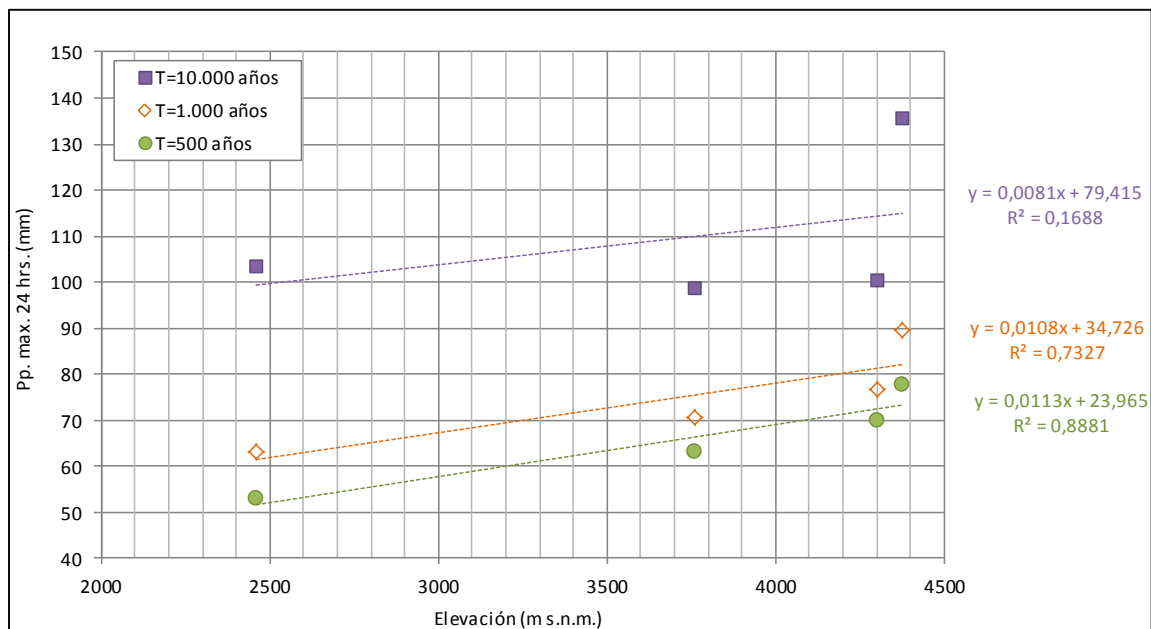
Parámetro	Período de Retorno (años)						
	200	100	50	25	10	5	2*
m_T	0,00990	0,00919	0,00834	0,00744	0,00619	0,00526	0,00365
b_T	18,4	13,5	9,66	6,51	3,12	0,840	-0,850

* Para la zona costera se pueden obtener con esta curva valores negativos de precipitación, los cuales deberán ser limitados por un mínimo de 0 mm.

De forma referencial, en la Figura 3.2.1-16 se presentan las precipitaciones máximas en 24 horas obtenidas para períodos de retorno mayores (500, 1.000 y 10.000 años), y su variación con la

elevación en la zona alta del Área de Estudio (sobre los 2.500 m.s.n.m. aproximadamente). Para estos períodos de retorno se observa una mayor dispersión en torno a las curvas de tendencia lineal, lo cual se atribuye al hecho de que las precipitaciones estimadas para probabilidades de excedencia tan bajas se desprenden de la extrapolación de las distribuciones de probabilidad ajustadas a cada serie de valores máximos como parte del análisis de frecuencia antes descrito, lo que hace que los valores calculados presenten una mayor incertidumbre. En el caso de las estaciones costeras, se observan valores de precipitación máxima muy disímiles entre Iquique y Diego Aracena a medida que se aumenta el período de retorno, por lo cual no se han incluido Precipitación en esta figura.

Figura 3.2.1-16. Curvas de Regionales de Precipitación Máxima v/s Altura Elevación entre los 2.500 y 4.500 m.s.n.m. para períodos de retorno altos.



Fuente: Basado en Anexo 3.2.2-1 del presente documento.

Precipitación Máxima Probable

La Precipitación Máxima Probable (PMP) se define como la máxima altura de lluvia que tiene posibilidad de ocurrir cuando se reúnen las condiciones más desfavorables, tanto meteorológicas como de contenido de humedad en la atmósfera. La Organización Meteorológica Mundial propone un método con base física para determinar la magnitud de dicho evento, conocido como Método Hidrometeorológico. Para su aplicación se requiere contar con largos registros (al menos 50 años) de precipitación, temperatura, humedad y velocidad de viento, en lo posible a nivel horario. Se estima que la extensión y el detalle de los registros existentes en el Área de Estudio no permiten la aplicación del método hidrometeorológico. En estos casos, la Organización Meteorológica Mundial propone la estimación de la PMP mediante métodos de base estadística, siendo uno de los más utilizados aquel propuesto por Herschfield (1965).

El método de Herschfield establece una curva envolvente superior para describir la relación entre la PMP y el promedio y la desviación estándar de la serie de precipitación máxima, mediante la definición de factores de frecuencia, según la siguiente ecuación:

$$PMP = (X'_{Pmax} + K_m S'_{Pmax}) \cdot F$$

Donde X'_{Pmax} y S'_{Pmax} son, respectivamente, el promedio corregido y la desviación estándar corregida de la serie de precipitaciones máximas diarias, y K_m es el factor de frecuencia máximo que se obtiene a partir de las relaciones gráficas propuestas por Herschfield, y que generalmente toma un valor entre 14 y 20. La corrección del promedio y la desviación estándar de la serie de máximos se realiza por concepto del largo del registro, y por el peso que tiene el valor máximo registrado dentro del comportamiento general de la serie. F corresponde a un factor de corrección por concepto del tipo de registro, en el caso de las estaciones regionales utilizadas, un registro diario, cuyas mediciones corresponden a la precipitación caída entre las 7:00 de la mañana de un día y las 7:00 de la mañana del día siguiente, por lo cual F toma un valor de 1,13.

Stöwhas realizó una revisión de esta metodología utilizando registros pluviométricos en Chile, y determinó que el coeficiente de frecuencia K_m presenta correlaciones con el coeficiente de variación (Cv) no consideradas en el método original. En dicho trabajo se concluye que el método de Herschfield, aplicado en estaciones chilenas, sobreestima el factor de frecuencia para valores mayores de Cv y lo subestima para los valores menores de Cv. Stöwhas propuso como alternativa, el uso de una curva envolvente construida a partir de las estadísticas chilenas, la cual incorpora la dependencia de K_m respecto de Cv, y que entrega resultados menos conservadores que los de Herschfield cuando Cv es mayor que 0,35. Finalmente, Stöwhas propone comparar los resultados obtenidos mediante este método, con aquéllos resultantes de asumir un coeficiente de frecuencia igual a 11, lo cual entregaría un límite inferior para la estimación de la PMP.

En la Tabla 3.2.1-22 se resumen los resultados obtenidos mediante los métodos descritos, para las cuatro estaciones ubicadas en la zona más alta del Área de Estudio: Quebrada Blanca, Ujina, Collahuasi y Coyacagua. Se aclara que los métodos propuestos no son aplicables para series de precipitaciones en donde hay una predominancia de años con valores nulos de precipitación, por lo cual este análisis no se ha extendido hacia zonas más bajas del Área de Estudio. De entre las estaciones seleccionadas, Quebrada Blanca, Ujina y Collahuasi se han incluido por estar dentro o cerca del Área Mina, mientras que Coyacagua se ha incluido por tener el registro más largo de entre las estaciones regionales altiplánicas.

Se observa en la Tabla 3.2.1-22 que los resultados obtenidos mediante el método modificado por Stöwhas son menores que aquéllos entregados por el método de Herschfield (el cual sobreestimaría la PMP en este caso), siendo siempre mayores que aquéllos determinados por un coeficiente de frecuencia igual a 11. Se considera que, para la mayoría de las estaciones analizadas, el valor obtenido según el método de Stöwhas es el más representativo de la PMP en la zona altiplánica del Área de estudio. No obstante, en el caso de la estación Quebrada Blanca, se considera que dicho valor puede estar subestimando la PMP de la zona, dada la

diferencia observada respecto de los resultados en el resto de las estaciones, y por ser menor a la precipitación máxima de 10.000 años de período de retorno, por lo cual se considera la PMP según Herschfield como el valor más adecuado en dicha estación.

La PMP es particularmente relevante para el Área Mina (Depósito de Relaves), donde se requiere para efectos de diseño. Luego, se destaca el hecho de que el Reglamento de Obras Mayores establece que, para efectos del diseño del vertedero evacuador de crecidas para un depósito tal como el proyectado, se debe considerar el máximo entre la PMP y la precipitación máxima en 24 horas asociada a un período de retorno de 10.000 años. En vista de lo anterior, se incluye en la Tabla 3.2.1-22 el valor de dicha precipitación máxima.

Finalmente, dado que la estación Ujina es la que posee el registro más largo, de entre las estaciones altiplánicas ubicadas dentro del Área de Estudio, y por ser la que entrega el máximo valor de la PMP en esta zona, se ha adoptado, de forma conservadora, el valor de 184 mm obtenido para dicha estación, como representativo de la PMP dentro del Área Mina del Proyecto.

Tabla 3.2.1-22. PMP Estimada Mediante Métodos de Herschfield y Stöwahas (mm).

Parámetro	Q. Blanca (CMTQB) (4375 m.s.n.m.)	Ujina (DGA) (4300 m.s.n.m.)	Collahuasi (DGA) (4250 m.s.n.m.)	Coyacagua (DGA) (4013 m.s.n.m.)
Nº Datos (años)	23	35	20	53
Máximo observado	23,0	60,0	33,0	42,0
Mínimo observado	2,5	7,3	8,0	6,5
Promedio X_{Pmax}	12,7	23,3	19,6	18,5
Promedio corregido X'_{Pmax}	13,0	23,0	20,1	18,4
Desv. Est. S_{Pmax}	6,4	12,6	7,6	7,5
Desv. Est. corregida S'_{Pmax}	7,4	12,5	8,8	7,4
Herschfield	174	288	208	179
Stöwahas (Envolvente según Cv)	109	184	161	148
Stöwahas (K=11)	107	181	131	113
P_{24max} (T=10.000 años)	136	100	100	93
PMP adoptada por estación	174	184	161	148
PMP/ P_{24max} (T=10.000 años)	1,3	1,8	1,6	1,6
PMP adoptada en Área Mina	184			

Fuente: Basado en Anexo 3.2.2-1 del presente documento.

Precipitaciones Máximas en Áreas del Proyecto

Aplicando las expresiones precipitación máxima v/s elevación obtenidas anteriormente, se han estimado las precipitaciones máximas en 24 horas representativas del área de estudio, como se detalla en la Tabla 3.2.1-23.

Tabla 3.2.1-23. Precipitaciones Máximas en 24 Horas (mm).

Área Proyecto	Elevación (m.s.n.m.)	Período de Retorno (años)							PMP
		200	100	50	25	10	5	2	
Mina	4.200	60	52	45	38	29	23	14	184
Mina (D. Relaves)	4.050	58	51	43	37	28	22	14	184
Obras Lineales	3.750	55	48	41	34	26	21	13	-
	3.000	48	41	35	29	22	17	10	-
	2.250	41	34	28	23	17	13	7	-
	1.500	33	27	22	18	12	9	5	-
	750	26	20	16	12	8	5	2	-
Puerto	7	18	14	10	7	3	1	0	-

Fuente: Basado en Anexo 3.2.2-1 del presente documento.

a.8) Evaporación

Previo al análisis de la información disponible de evaporación, se presentan algunas definiciones generales sobre esta variable.

a.8.1) Antecedentes Preliminares

Evaporación de Tanque o Bandeja

La zona de estudio presenta un poder evaporante dominado principalmente por la radiación solar, viento y presión, entre otros factores. La información de evaporación regional, medida en la red de estaciones DGA, se obtiene a través de Tanques Evaporímetros Clase A, según los clasifica el U.S. Weather Bureau. En cuanto a la utilización de este instrumento, es necesario mencionar dos potenciales problemas de importancia que se han presentado para la medición en esta zona y en otros sitios de condiciones geográficas y climáticas similares. Ellos son:

- Congelamiento.
- Arrastre del agua fuera del estanque por efecto del viento.

Evaporación desde una superficie libre

La evaporación desde una superficie libre de agua, o evaporación de lago, hace referencia a la cantidad de agua que se pierde desde la superficie de los cuerpos de agua abiertos. La evaporación de lago no se mide en forma directa, sino que se suele utilizar información de Evaporación de Tanque para ello.

La evaporación de tanque o de bandeja es por lo general mayor a la evaporación de lago, debido a que las bandejas de evaporación son mucho más pequeñas que las lagunas, éstas se calientan más rápido y presentan diferentes procesos termodinámicos. El efecto del viento sobre las bandejas de evaporación es también diferente al efecto sobre las lagunas, debido al efecto de enfriamiento de las lagunas sobre el aire y a la diferencia en dimensiones. Para considerar la

diferencia entre la evaporación de bandeja y la evaporación de lago, se utilizan factores de tanque los cuales dependen del tipo de Tanque Evaporímetro y de la ubicación geográfica.

Así, la evaporación desde una superficie libre queda representada por:

$$E_L = K_T \cdot E_T$$

En donde E_L corresponde a la evaporación desde una superficie de agua libre, E_T corresponde a la evaporación de tanque, y K_T corresponde factor de tanque, en este caso igual a 0,6 para la zona altiplánica (clima frío de tundra por altura) y 0,7 para la zona árida intermedia (clima árido muy frío y árido desértico normal).

Información Disponible

Si bien se dispone de datos provenientes de las estaciones de CMTQB, el análisis de esta variable se hace haciendo uso de los datos de las estaciones públicas asociadas a la DGA y DMC (extraídos del Anexo 3.2.2-1 del presente documento), cuyos períodos de medición son más extensos y que se indican en Tabla 3.2.1-24.

Tabla 3.2.1-24. Períodos de Datos de Evaporación de Estaciones DGA y DMC (mm).

ESTACION	1961-1970												1971-1980												1981-1990												1991-2000												2001-2010												2011-2016																	
Ujina	[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]																	
Collahuasi	[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]					
Coposa	[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]					
Copaquiri	[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]					
Guatacondo DGA	[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]					
Quillagua	[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]					
Tocopilla	[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]					
Iquique	[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]					
Diego Aracena (Iquique)	[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]												[Sin Datos]					

- = Información Completa
- = ≥ 7 meses con información
- = < 7 meses con información
- = Sin Datos

Fuente: Elaboración propia

Análisis Regional de Evaporación de Bandeja

Como se mencionó, las mediciones en evaporímetros de bandeja pueden presentar problemas de lectura en zonas donde ocurre congelamiento y existen velocidades del viento altas. Particularmente, en las estaciones Coyacagua, Ujina y Quebrada Blanca, es posible que, debido a su altitud, se presente un congelamiento de los evaporímetros de bandeja durante la madrugada, lo que alteraría la medición de esta variable. No obstante esta limitación, las mediciones realizadas en estas estaciones representan la mejor estimación de evaporación de bandeja que se tiene en el área de estudio.

A modo de caracterización, en la se presenta la evaporación de bandeja en las estaciones consideradas para este análisis.

Tabla 3.2.1-25. Evaporación de Bandeja Media Mensual (mm).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Ujina (DGA)	122	75	137	155	149	123	168	176	176	182	171	160	1.793
Coyacagua (DGA)	168	150	176	160	126	119	130	129	147	207	215	215	1.942
Ollagüe (DGA)	259	197	201	127	141	173	162	197	221	250	277	289	2.494
Esmeralda (DGA)	301	263	258	190	206	156	152	211	245	297	300	310	2.890
Quillagua (DGA)	304	170	265	204	151	114	89	148	238	245	237	212	2.376
Q. Blanca (CMTQB)	199	122	160	116	79	98	80	96	131	164	191	189	1.622
C. Pintados (CMTQB)	257	215	213	182	149	123	125	181	226	260	270	230	2.432

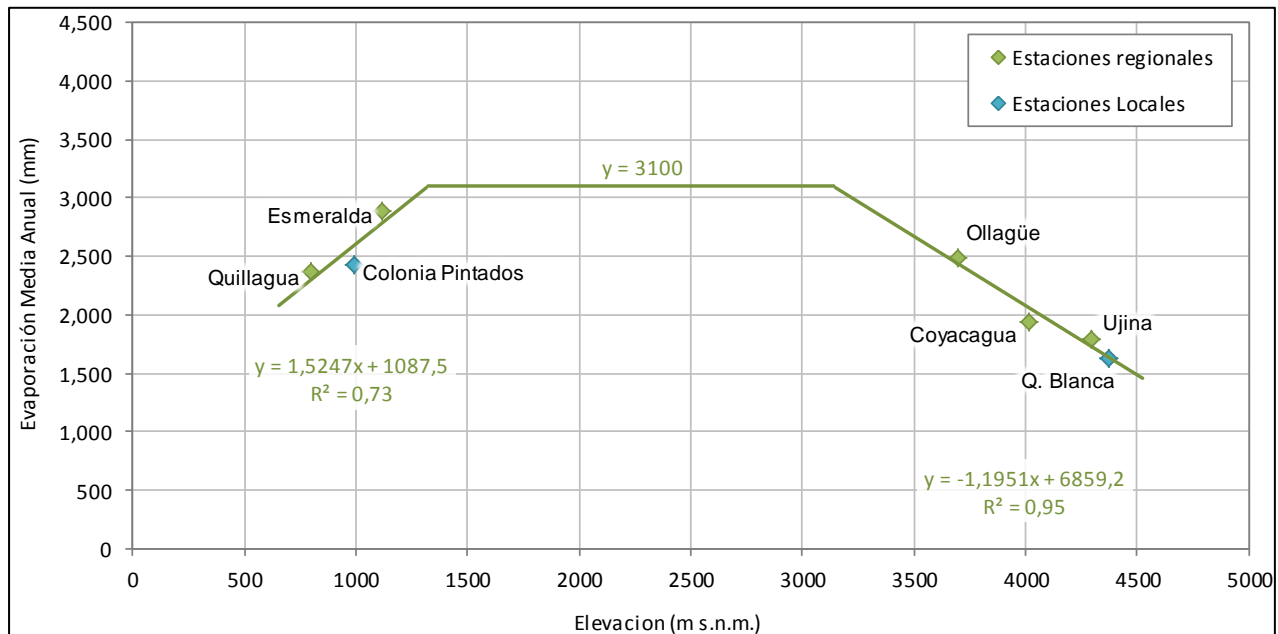
Nota: Por efectos de redondeo numérico, la suma de los valores mensuales puede no coincidir con el total anual.

Fuente: Basado en Anexo 3.2.2-1 del presente documento.

A partir de la información medida de evaporación de bandeja anual promedio, fue posible establecer una relación lineal, por tramos, entre la elevación y la evaporación, como se muestra en la Figura 3.2.1-17. Este tipo de variación regional se apoya en los resultados obtenidos por DICTUC en 2009, como se comenta en más detalle en la sección siguiente. Dicho estudio consideró la información de evaporación de todas las estaciones con registro disponible en el norte de Chile, abarcando las regiones XV, I, II y III del país.

Para la zona ubicada entre los 1.300 m.s.n.m. y los 3.150 m.s.n.m., al no contarse para efectos del presente estudio con información medida de evaporación, se ha adoptado el valor obtenido por DICTUC entre dichas elevaciones (3.100 mm/año).

Figura 3.2.1-17. Curvas Regional de Evaporación de Bandeja v/s Elevación.



Fuente: Basado en Anexo 3.2.2-1 del presente documento.

Con respecto a la zona costera, si bien el estudio de DICTUC entrega resultados, éstos no se consideran representativos para el Proyecto. Esto, por encontrarse fuertemente influenciados por mediciones realizadas en la III Región, a unos 850 km al sur del Área Puerto de Quebrada Blanca (1.000 mm/año), en situación en que simultáneamente se reportan en la XV Región, a unos 250 km al norte del Área Puerto, valores considerablemente mayores (2.500 mm/año). Luego, tales variaciones en la evaporación, registradas en la zona costera del norte de Chile, no permiten caracterizar esta variable en el Área Puerto, suficientemente.

Se observa en la Figura 3.2.1-17, una buena correlación entre la información de evaporación de bandeja medida y la elevación para los diferentes tramos analizados, además de una buena correspondencia con el estudio de DICTUC, por lo cual esta relación se considera representativa de las Áreas del Proyecto ubicadas entre elevaciones medias (700 m.s.n.m.) y altioplánicas (4.500 m.s.n.m.).

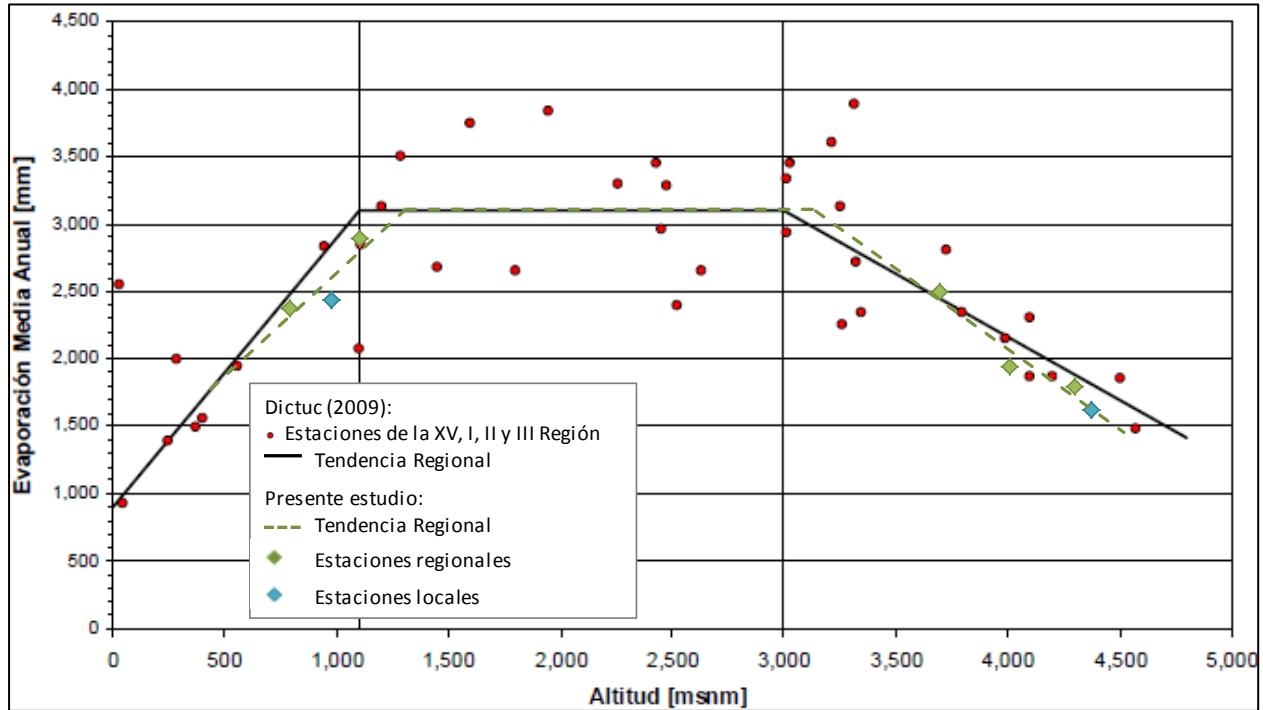
Comparación con Estudios Anteriores

Al analizarse la variación de la evaporación con la altura en zonas acotadas, ya sea en el altiplano o hacia la costa, generalmente se obtienen relaciones lineales. Sin embargo, al incluir dentro del mismo análisis una zona más extensa, abarcando incluso distintos climas, la relación deja de ser lineal.

En la Figura 3.2.1-18 se compara el resultado obtenido en el presente análisis de evaporación anual, con aquél presentado por el DICTUC en 2009. Se muestran con puntos rojos la evaporación anual de todas las estaciones con registro disponible de las regiones XV, I, II y III del norte de Chile. En dicha ocasión, el ajuste regional se propuso como lineal por tramos (línea

negra). En comparación, se superponen los valores obtenidos por Golder, en verde, tanto los puntos medidos en las estaciones como la curva regional derivada.

Figura 3.2.1-18. Gradiente de la Evaporación Anual en las Estaciones Seleccionadas de la XV, I, II y III Región.



Fuente: Basado en Anexo 3.2.2-1 del presente documento.

Como se ha comentado, en el tramo entre los 1.300 y los 3.150 m.s.n.m. el presente estudio ha adoptado una evaporación igual a la obtenida por DICTUC. Se observa, en los tramos con información disponible, que ambos ajustes denotan el mismo comportamiento para la evaporación en la latitud aproximada del Área de estudio, lo cual da validez al análisis antes presentado.

b) Análisis Local

A continuación se hace un análisis local por cada área del proyecto (Mina, Obras Lineales, Pampa y Puerto) y para lo cual se hace uso de los datos de las estaciones de CMTQB dispuestas en cada área. Respecto a las estaciones de carácter público, algunas de ellas, por estar muy alejadas de las instalaciones del proyecto, no son consideradas para este análisis local a excepción de las estaciones Coposa, Guatacondo y Copaquire de la DGA, las cuales se ubican dentro de alguna de las áreas del proyecto.

b.1) Área Mina

El área definida como Área Mina contempla el análisis de los registros meteorológicos de seis estaciones ubicadas en la parte altiplánica de la Región a una altura sobre los 3.500 m.s.n.m.

Velocidad del Viento

En la siguiente Tabla 3.2.1-26, se presenta un resumen de los valores asociados a la velocidad del viento en cada estación del Área Mina y ordenados de acuerdo a la altura geográfica de las estaciones.

Tabla 3.2.1-26. Resumen de Velocidad del Viento (m/s)- Área Mina.

Parámetro	Estación					
	Copaquiri	Choja	Campamento Construcción	Quebrada Blanca	Tambo Tarapacá	Chiclla
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	3.518	3.991	4.310	4.375	4.457	4.522
Velocidad Promedio (m/s)	3,1	3,6	4,3	4,0	4,3	4,5
Velocidad Máxima (m/s)	9,5	16,9	24,2	19,2	18,6	18,1
Velocidad Mínima (m/s)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 3.2.1-19 y Figura 3.2.1-20, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la velocidad del viento en las estaciones asociadas al Área Mina.

Figura 3.2.1-19. Ciclo Promedio Horario de Velocidad del Viento – Área Mina.

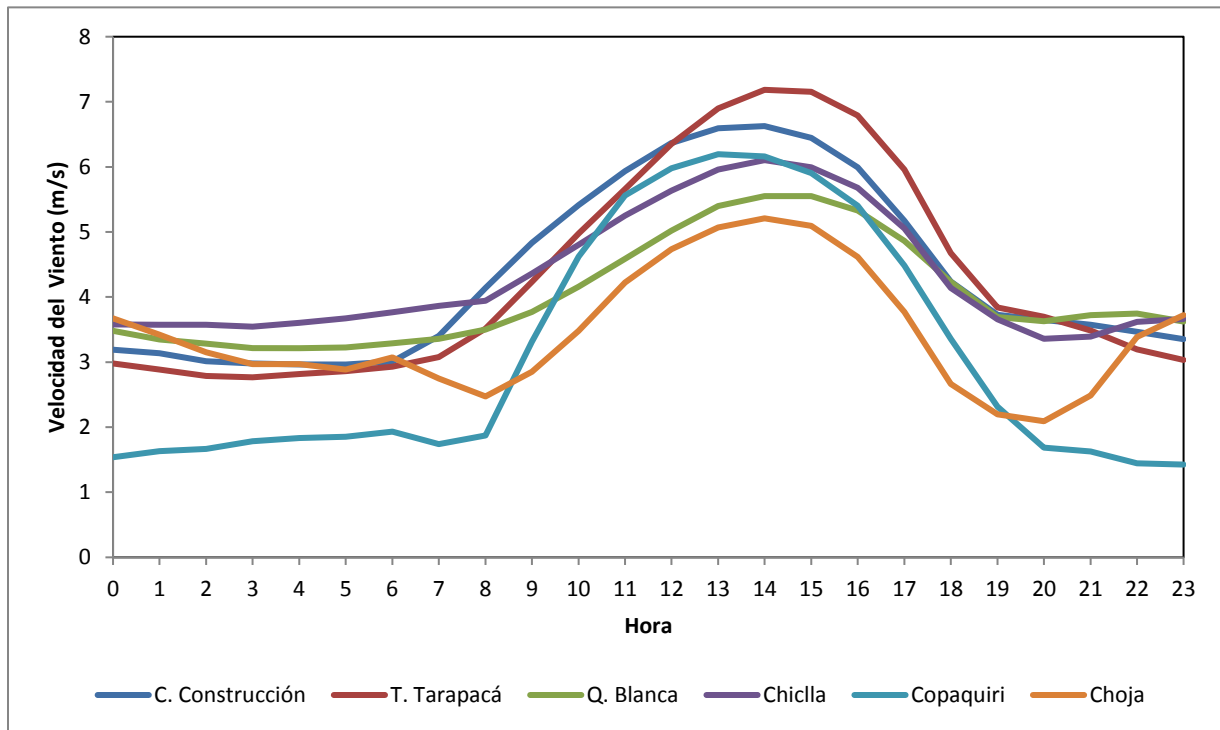
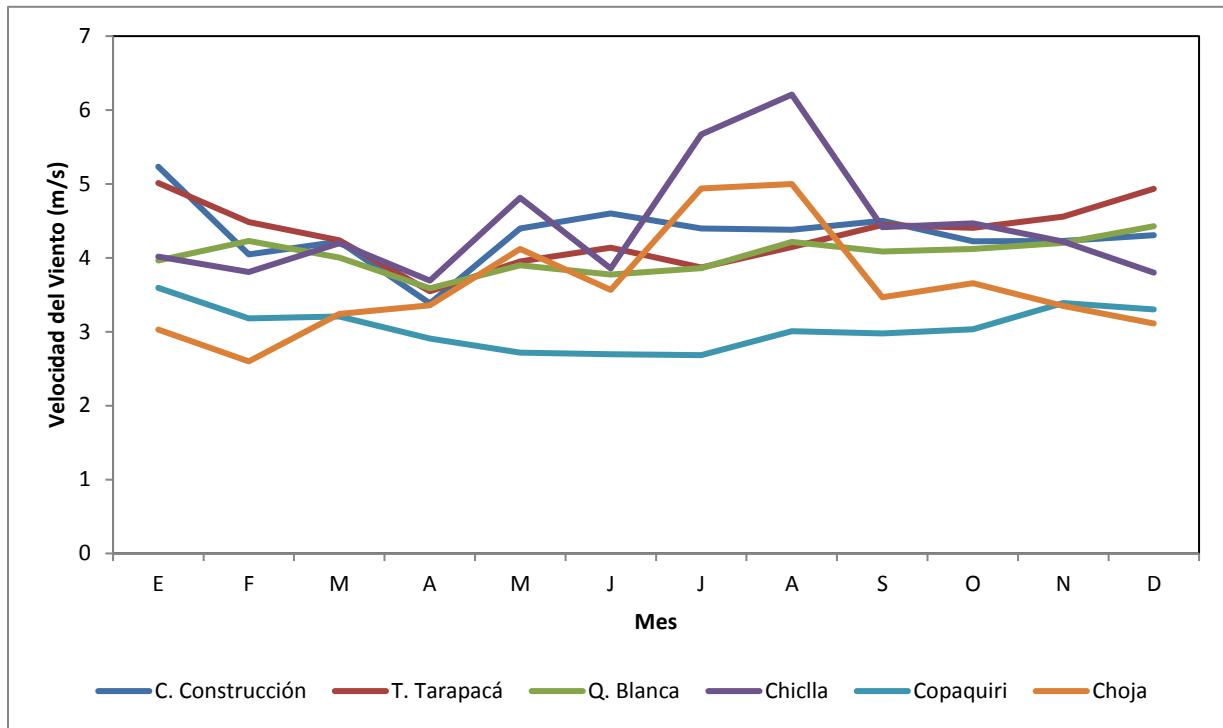


Figura 3.2.1-20. Ciclo Promedio Mensual de Velocidad del Viento – Área Mina.



Fuente: Elaboración propia

A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

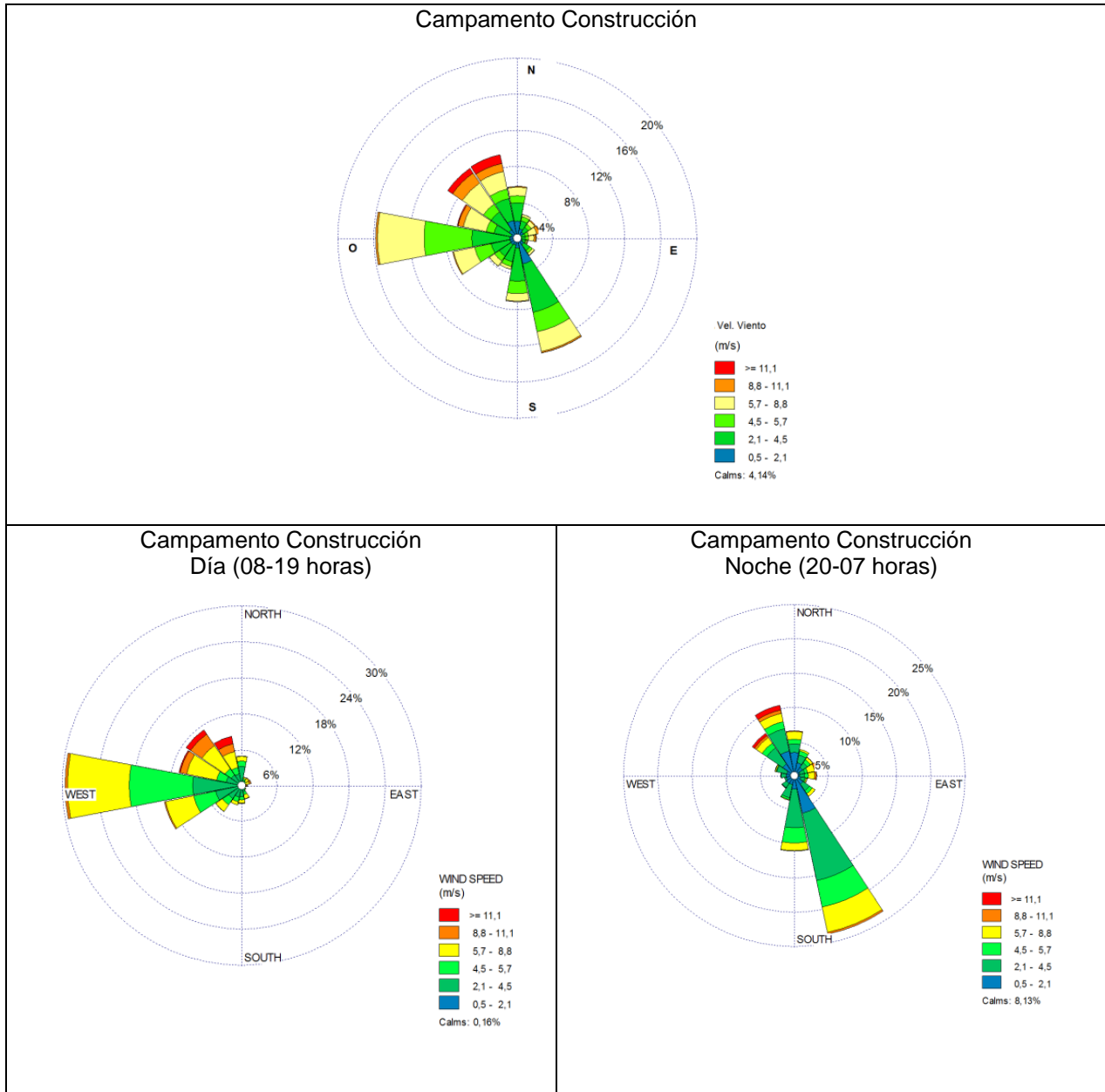
- En términos generales las velocidades promedio anual se encuentran por sobre los 3,5 m/s en todas las estaciones a excepción de estación Copaquiri que presentan un valor de 3,1 m/s.
- Las máximas velocidades promedio horarias, varían entre un mínimo 9,5 es estación Copaquiri y un máximo de 24,2 m/s en estación Campamento Construcción.
- En términos generales el comportamiento mensual de las estaciones de Campamento Construcción, Tambo Tarapacá y Quebrada Blanca, indica una disminución de las velocidades durante el mes de abril y un aumento durante los meses de diciembre y enero. Para el caso de las estaciones de Choja y Chiclla, se observa un aumento de las velocidades del viento para los meses de Julio y agosto. Finalmente para la estación de Copaquiri las menores velocidades se registran se registran entre agosto y octubre.

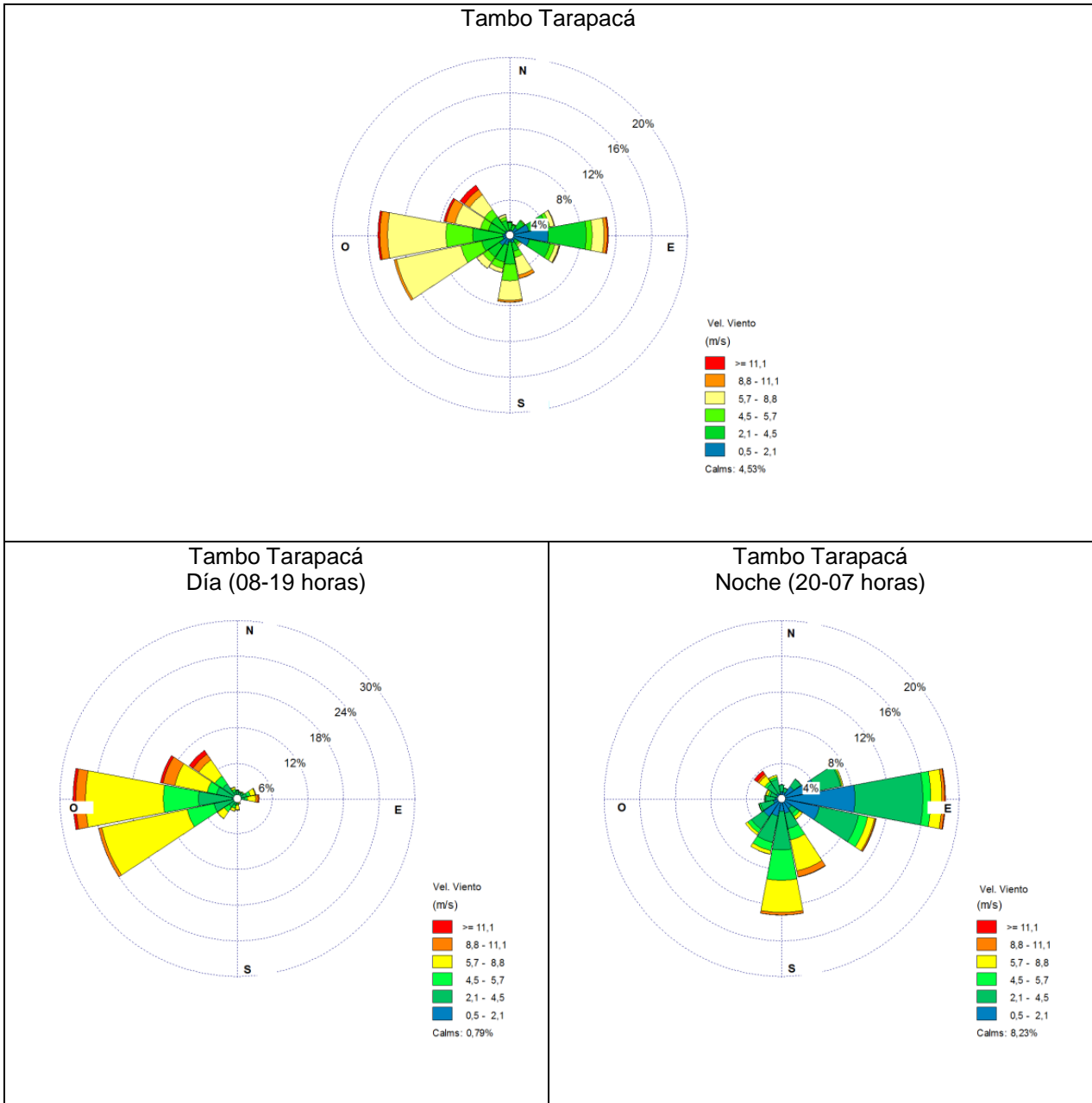
Dirección del Viento

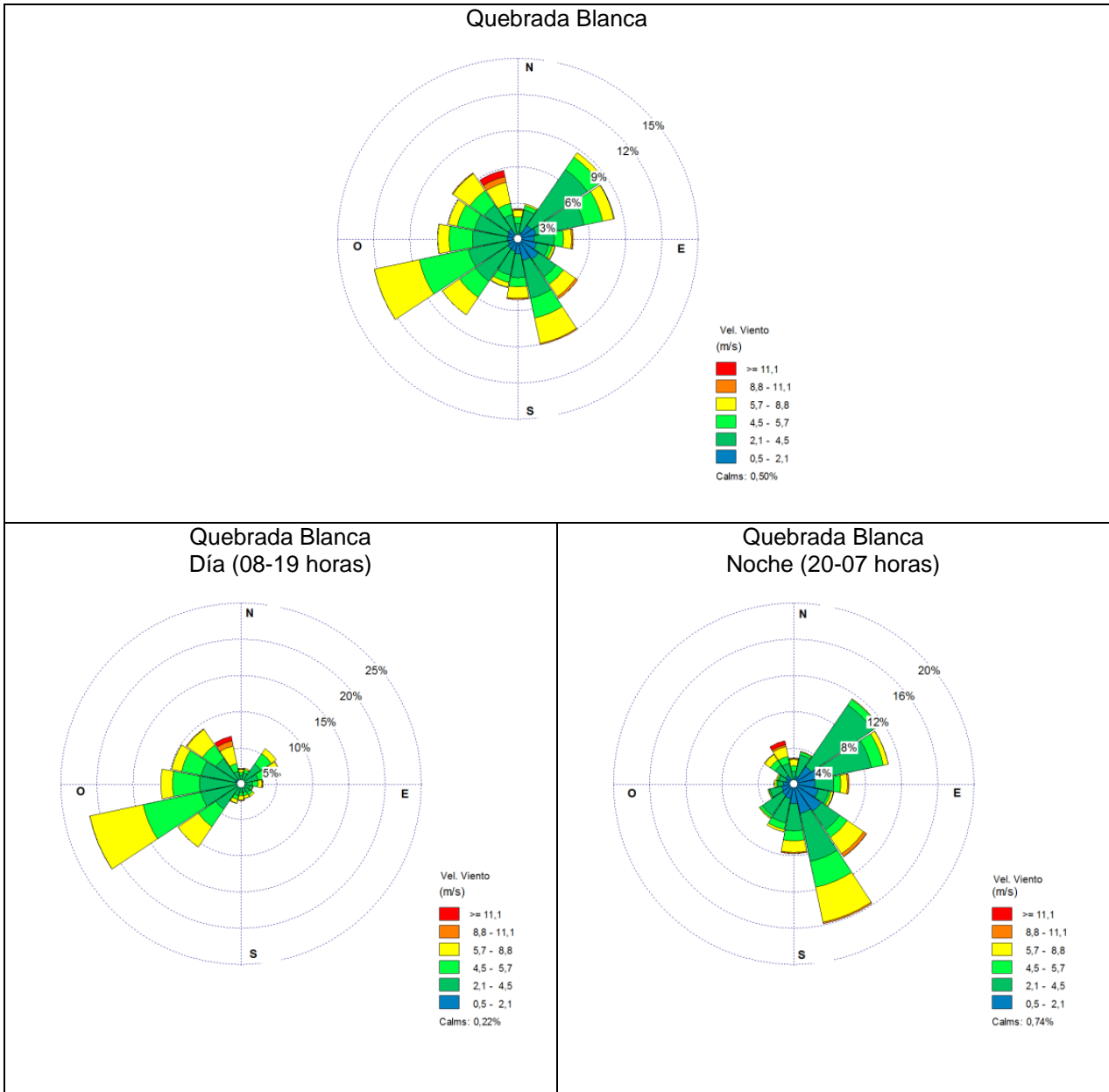
En Figura 3.2.1-21 se presentan las Rosas de los Vientos resultantes de las estaciones asociadas al Área Mina y en donde se da cuenta del comportamiento global de la procedencia de las direcciones de los vientos en cada estación, así como de los rangos de velocidades de vientos asociados a cada dirección y en Figura 3.2.1-22 se presentan los ciclos horarios de la dirección del viento, en donde se da cuenta del comportamiento global de la procedencia de los vientos

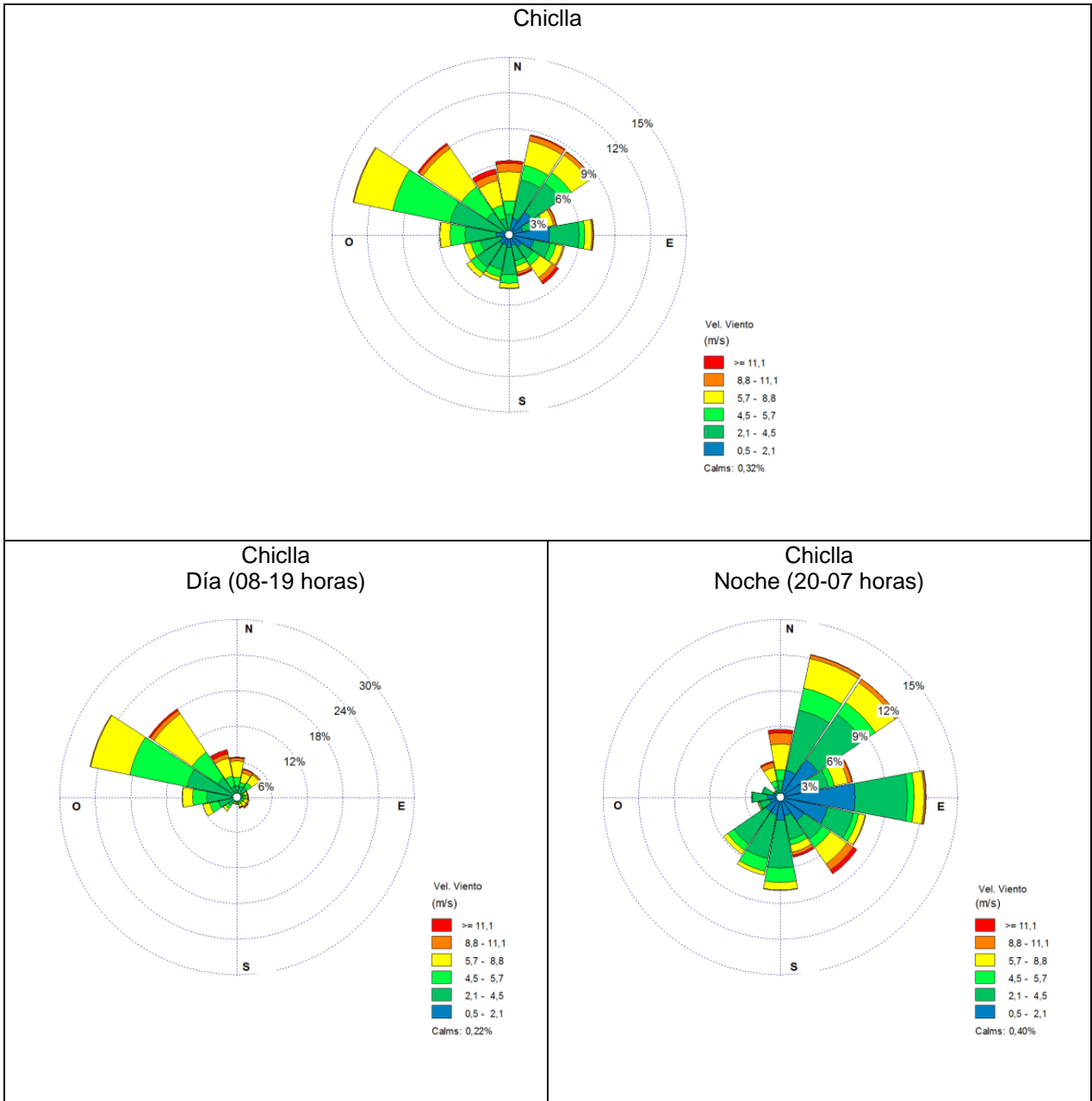
durante el día y en donde el espectro de las direcciones se ha dividido en cuatro cuadrantes para facilitar la comprensión de los resultados.

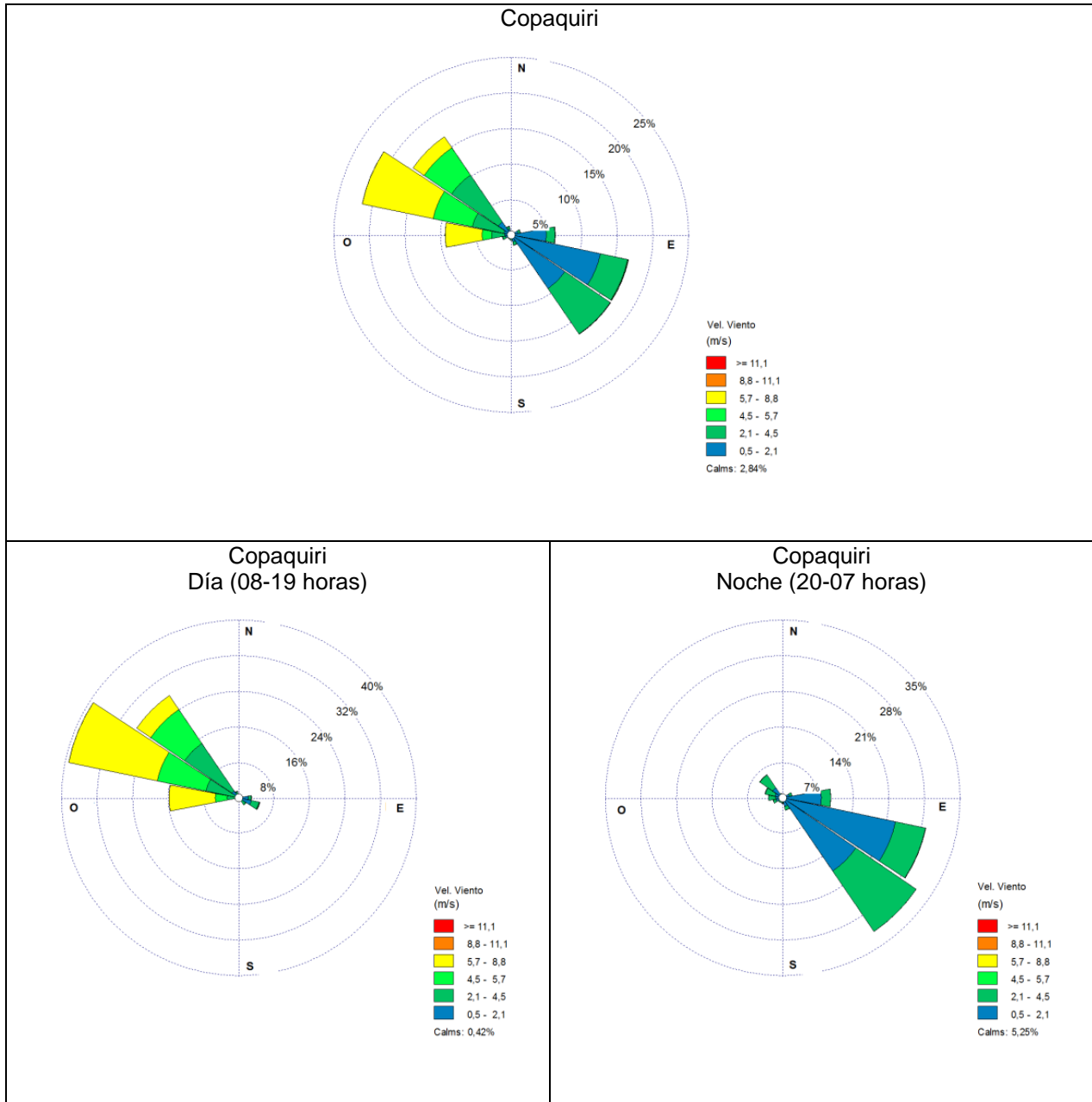
Figura 3.2.1-21. Rosas de los Vientos – Área Mina.











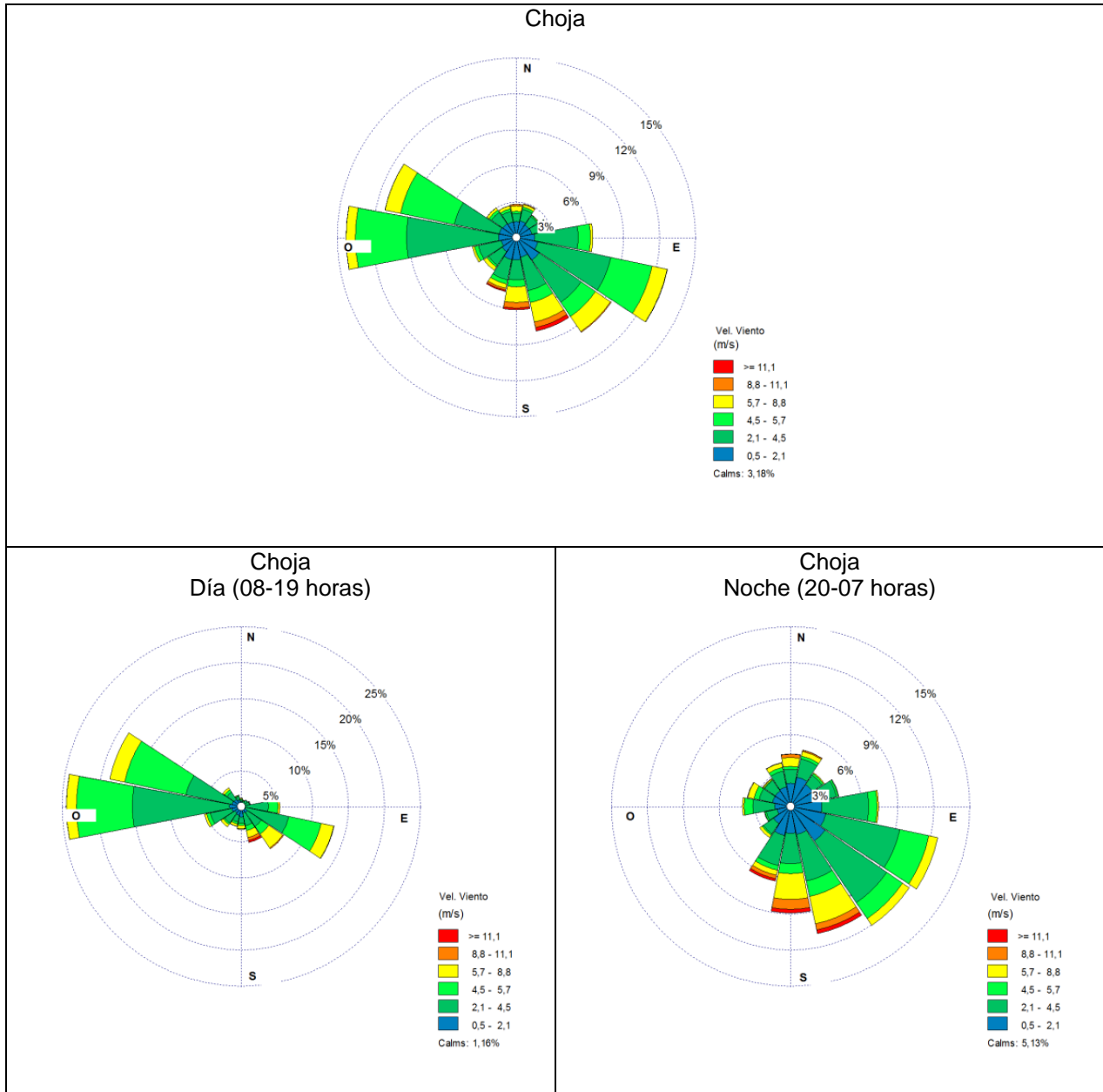
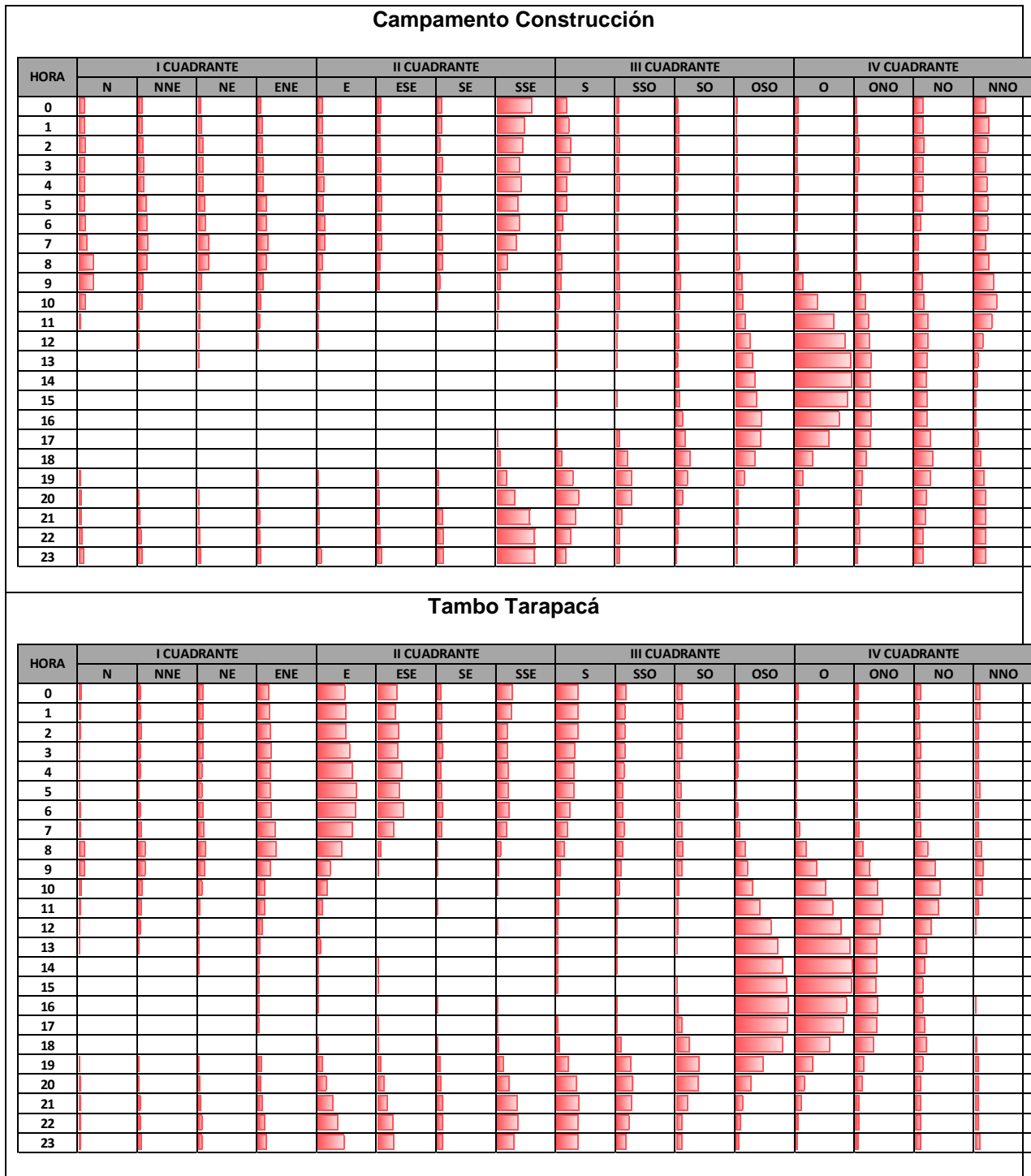
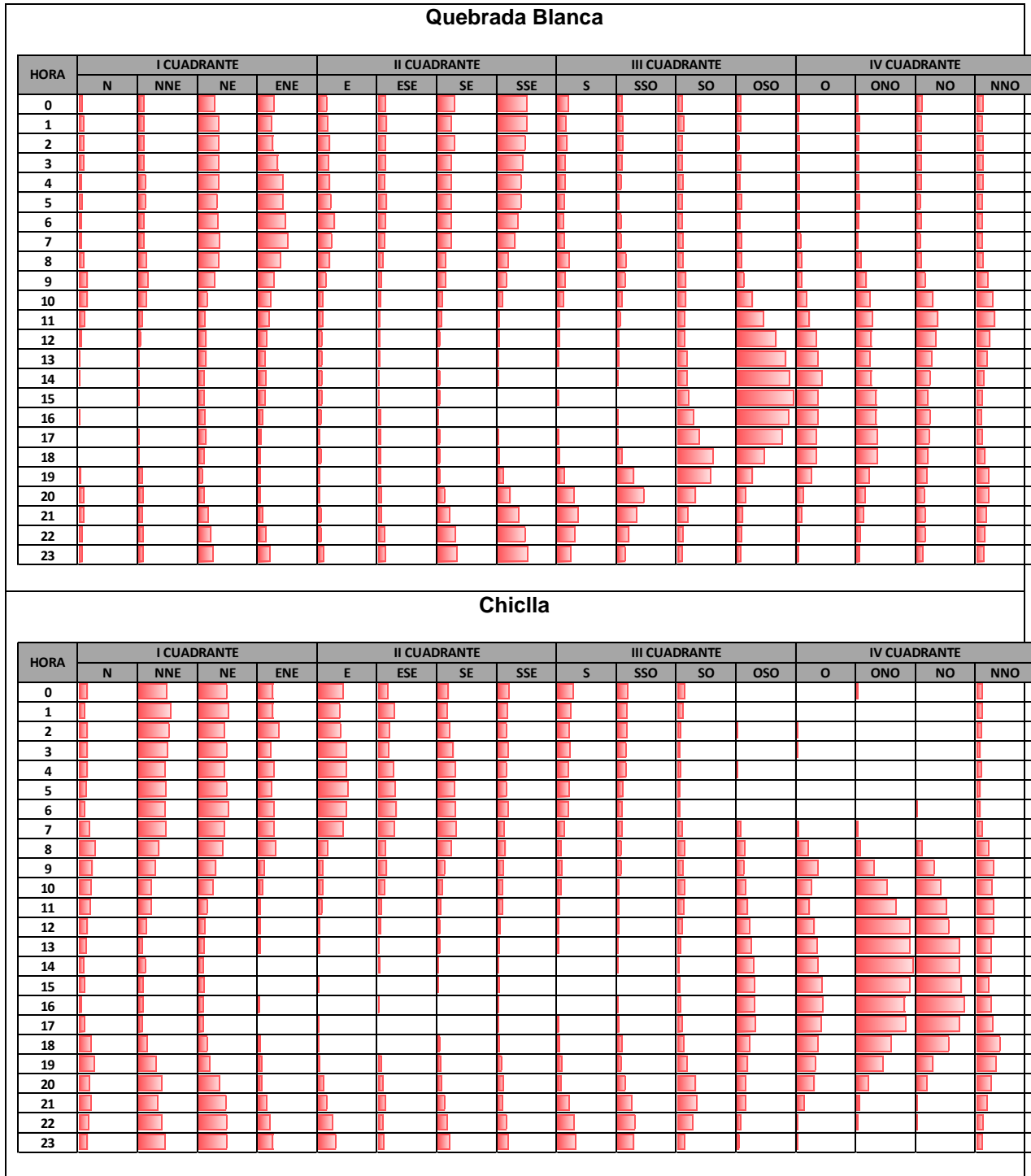


Figura 3.2.1-22. Ciclos Horarios de Dirección del Viento – Área Mina.





Copaquiri																
HORA	I CUADRANTE				II CUADRANTE				III CUADRANTE				IV CUADRANTE			
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO
0																
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																

Choja																
HORA	I CUADRANTE				II CUADRANTE				III CUADRANTE				IV CUADRANTE			
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO
0																
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																

A partir de los resultados obtenidos, es posible establecer lo siguiente:

Campamento Construcción

- A partir de las Rosas de los Vientos, se observa que los vientos proceden principalmente del IV cuadrante (O-N) y en donde se registran las mayores velocidades (> 11 m/s), en segundo lugar los vientos procedentes del II cuadrante (E-S) y en donde las velocidades no superan los 11 m/s. En menor grado se registran vientos procedentes del III cuadrante (S-O) y con intensidades de vientos menores a los indicados anteriormente. Finalmente, respecto al I cuadrante (N-E) no se registran porcentajes de vientos de importancia.
- En cuanto a los ciclos horarios, durante el día los vientos proceden principalmente del IV cuadrante (O-N), mientras que en la noche provienen principalmente del II cuadrante (E-S), así como también de los demás cuadrantes pero en menor grado.

Campamento Tambo Tarapacá

- A partir de las Rosas de los Vientos, se observa que los vientos proceden principalmente del IV cuadrante (Oeste-Norte) y en donde se registran las mayores velocidades (> 11 m/s), en segundo lugar los vientos procedentes del III cuadrante (S-O) y en donde los vientos presentan registros de vientos que no los 11 m/s. En tercer lugar, se observan vientos procedentes del II cuadrante (E-S) y en donde se registran velocidades de viento > 11 m/a y asociados principalmente a vientos procedentes del E. Finalmente, respecto al I cuadrante (N-E) no se registran porcentajes de vientos de importancia.
- En cuanto a los ciclos horarios, durante el día los vientos proceden principalmente del III cuadrante (S-O) y IV cuadrante (O-N), mientras que en la noche provienen principalmente del II cuadrante (E-S), así como también de los demás cuadrantes pero en mejor grado.

Quebrada Blanca

- A partir de las Rosas de los Vientos, se observa presencia de vientos procedentes en todos los cuadrantes, pero en donde los vientos de mayor intensidad (> 11 m/s) están asociados a vientos procedentes del IV cuadrante (O-N), en el caso de los vientos procedentes del II cuadrante (E-S) los vientos no superan los 11 m/s y para los vientos procedentes del I cuadrante (N-E) y III cuadrante (S-O) estos no superan los 8 m/s en general.
- En cuanto a los ciclos horarios, durante el día los vientos proceden principalmente del III cuadrante (S-O) y IV cuadrante (O-N), mientras que en la noche provienen principalmente del I cuadrante (N-E) y II cuadrante (E-S).

Chiclla

- A partir de las Rosas de los Vientos, se observa que los vientos proceden principalmente del IV cuadrante (O-N) y del I cuadrante (N-E) en donde se registran las mayores velocidades (> 11 m/s), en cuanto a la presencia de vientos procedentes de los demás cuadrantes, estos tienen una baja presencia.
- En cuanto a los ciclos horarios, durante el día los vientos proceden principalmente del IV cuadrante (O-N) y en menor grado del II cuadrante (E-S), mientras que en la noche provienen principalmente del I cuadrante (N-E) y II cuadrante (E-S).

Copaquiri

- A partir de las Rosas de los Vientos, se observan vientos procedentes del II Cuadrante (E-S), en donde los vientos no superan los 6 m/s y del IV cuadrante (E-S), en donde las intensidades de vientos no superan los 8,8 m/s. Los demás cuadrantes no presentan vientos de importancia. Esta condición obedece a la ubicación geográfica de la estación, el cual se encuentra inserta dentro de la Quebrada Huatacondo.
- En cuanto a los ciclos horarios, durante el día los vientos proceden principalmente del IV cuadrante (O-N), mientras que en la noche provienen principalmente del II cuadrante (E-S).

Choja

- A partir de las Rosas de los Vientos, los vientos proceden principalmente del II cuadrante (E- S) y en donde las intensidades de vientos llegan a valores > 11 m/s. También se observan un porcentaje importante de vientos procedentes del IV cuadrante (O-N) y en donde las intensidades de viento no superan 6 m/s y en menor grado vientos procedentes del III cuadrante (S-O) en donde también se registran intensidades de viento > 11 m/s. Respecto de los vientos procedentes del I cuadrante (N-E) estos presentan un bajo porcentaje de presencia.
- En cuanto a los ciclos horarios, durante el día los vientos proceden principalmente del IV cuadrante (O-N) y del cuadrante II (E-S). Durante la noche proceden principalmente del cuadrante II (E-S) pero con menor intensidad que en el día y del cuadrante III (S-O).

Temperatura Ambiental

En la siguiente Tabla 3.2.1-27 se presenta un resumen de los valores asociados a la temperatura ambiental en cada estación del Área Mina y ordenados de acuerdo a la altura geográfica de las estaciones. En este caso se agrega la estación de Guatacondo de la DGA, por contar con información de esta variable y ubicada dentro del Área Mina.

Se debe hacer notar que la temperatura ambiental medidas en cada estación, es influenciado por la altura geográfica en la cual se ubica la estación (a mayor altura menor temperatura) y por lo tanto los valores resultantes variaran de acuerdo a esta premisa.

Tabla 3.2.1-27. Resumen de Temperatura (°C) - Área Mina.

Parámetro	Estación						
	Copaquiri	Choja	Ujina (DGA)	Campamento Construcción	Quebrada Blanca	Tambo Tarapacá	Chiclla
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	3.518	3.991	4.300	4.310	4.375	4.457	4.522
Temperatura Promedio (°C)	8,7	6,9	3,3	3,6	3,6	2,8	3,2
Temperatura Máxima (°C)	21,9	17,2	14,1	14,8	16,5	15,0	16,6
Temperatura Mínima (°C)	-6,0	-6,0	-7,4	-9,7	-9,6	-11,4	-10,3

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.2.1-23 y Figura 3.2.1-24, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la temperatura en las estaciones asociadas al Área Mina.

Figura 3.2.1-23. Ciclo Promedio Horario de Temperatura – Área Mina.

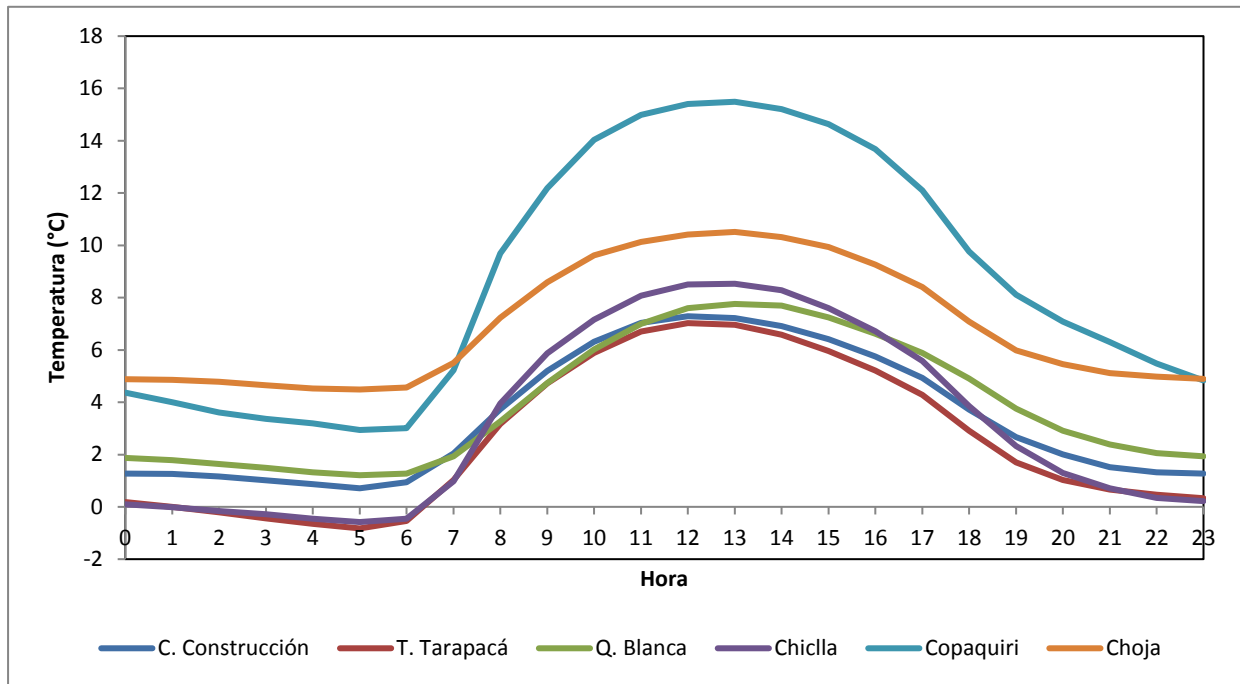
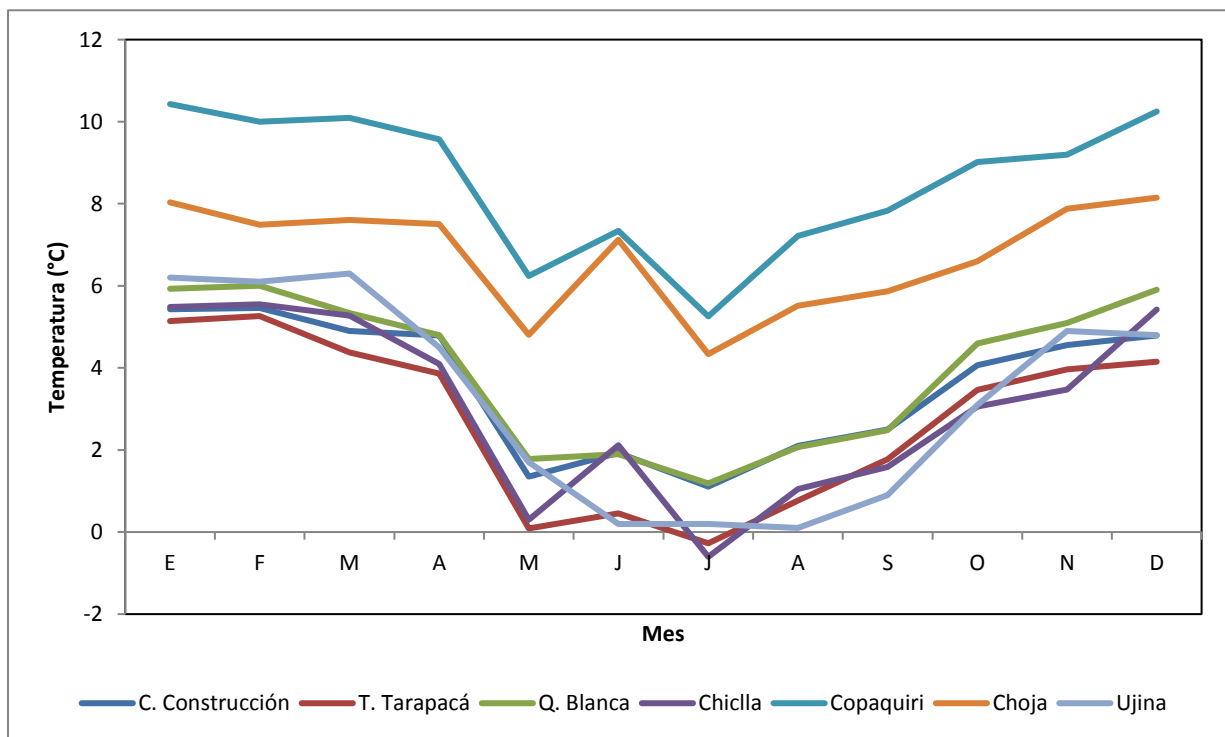


Figura 3.2.1-24. Ciclo Promedio Mensual de Temperatura – Área Mina.



A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- Las estaciones ubicadas sobre los 4.000 m.s.n.m., es decir Ujina. Campamento Construcción, Tambo Tarapacá, Quebrada Blanca y Chiclla, presentan valores promedios anuales similares y que varían entre los 2,8 °C y 3,6 °C. Respecto a las estaciones de Copaquiri y Choja, las cuales se encuentran bajo los 4.000 m.s.n.m. presentan valores que varían entre los 6,9°C y 8,7°C.
- En forma similar las temperaturas máximas horarias para las estaciones sobre los 4.000 m.s.n.m. presenta valores que varían entre los 15,0 °C y 16,6 °C, mientras que las estaciones que están por debajo de los 4.000 m.s.n.m. presentan valores que varían entre los 17,2 °C y 21,9 °C.
- Respecto a las temperaturas mínimas y para las estaciones que están sobre los 4.000 m.s.n.m. presenta valores -9,7 °C y -11,4 °C, mientras que las estaciones que están por debajo de los 4.000 m.s.n.m. presentan valores que nunca están por debajo de los -6.0 °C.
- En lo referente al comportamiento horario, las mayores temperaturas se registran en horario diurno en todas las estaciones.
- Respecto al comportamiento mensual y respondiendo al comportamiento de temperatura en el hemisferio Sur, las máximas temperaturas se producen en épocas de primavera y verano, mientras que las mínimas se producen principalmente en la época de invierno.

Humedad Relativa

En la siguiente Tabla 3.2.1-28, se presenta un resumen de los valores asociados a la humedad relativa en cada estación del Área Mina y ordenados de acuerdo a la altura geográfica de las estaciones.

Tabla 3.2.1-28. Resumen de Humedad (%) - Área Mina.

Parámetro	Estación					
	Copaquiri	Choja	Campamento Construcción	Quebrada Blanca	Tambo Tarapacá	Chiclla
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	3.518	3.991	4.310	4.375	4.457	4.522
Humedad Promedio (%)	29,4	29,6	31,5	30,6	30,2	28,1
Humedad Máxima (%)	99,0	100,0	100,0	99,8	100,0	97,0
Humedad Mínima (%)	1,0	1,0	0,8	1,0	1,2	2,0

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 3.2.1-25 y Figura 3.2.1-26, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la temperatura en las estaciones asociadas al Área Mina.

Figura 3.2.1-25. Ciclo Promedio Horario de Humedad – Área Mina.

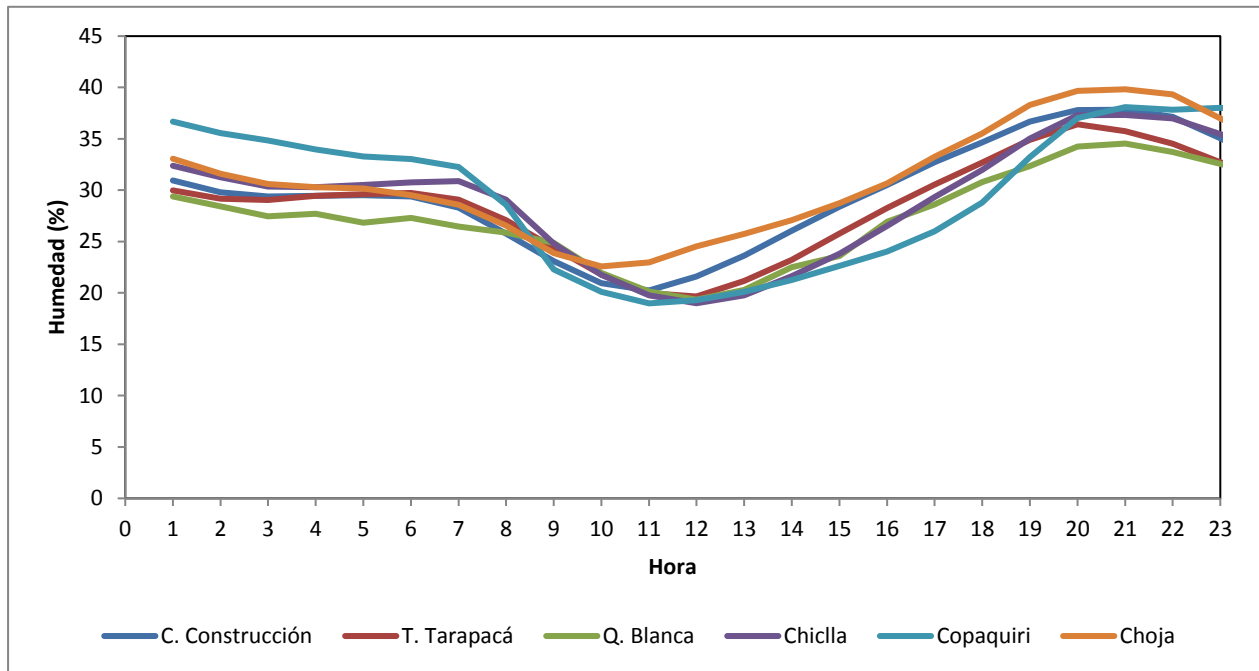
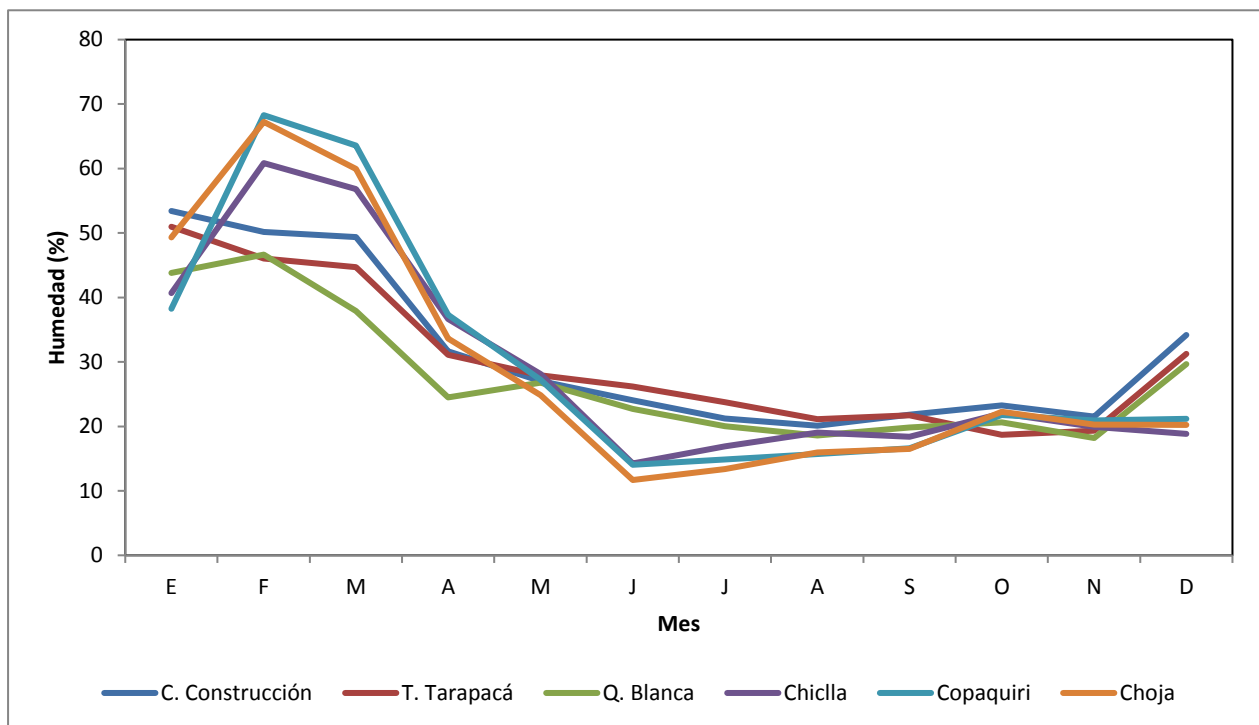


Figura 3.2.1-26. Ciclo Promedio Mensual de Humedad – Área Mina.



A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- En general todas las estaciones presentan valores promedios anuales similares y que varían entre un máximo de 33,6% en estación Campamento Choja y un mínimo de 27,4% en estación Quebrada Blanca. No se observa cambios radicales de niveles de humedad por concepto de altura geográfica de las estaciones de monitoreo.
- En forma similar las humedades máximas para las estaciones, variaron entre un mínimo de 97,0% y un máximo de 100%, indicativo de la baja variación de los niveles de humedad entre las estaciones del Área Mina.
- Respecto a las humedades mínimas, todas estuvieron alrededor del 1%, indicativo de la sequedad del aire en la zona.
- En lo referente al comportamiento horario, es claro que las menores humedades se registran en horario diurno en todas las estaciones.
- Respecto al comportamiento mensual, las mayores humedades se presentan durante los meses de primavera y verano, con valores que superan el 40%, esto como resultado del efecto del invierno altiplánico.

Radiación Solar

En la siguiente Tabla 3.2.1-29, se presenta un resumen de los valores asociados a la radiación solar en cada estación del Área Mina y ordenados de acuerdo a la altura geográfica de las estaciones.

Tabla 3.2.1-29. Resumen de Radiación Solar (W/m²) - Área Mina.

Parámetro	Estación					
	Copaquiri	Choja	Campamento Construcción	Quebrada Blanca	Tambo Tarapacá	Chiclla
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	3.518	3.991	4.310	4.375	4.457	4.522
Radiación Solar Promedio (W/m ²)	230	238	285	278	270	284
Radiación Solar Máxima (W/m ²)	981	1018	1197	1198	1144	1210

Fuente: Elaboración propia.

S/D = Sin Datos

En la siguiente Figura 3.2.1-27 y Figura 3.2.1-28, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la radiación solar en las estaciones asociadas al Área Mina.

Figura 3.2.1-27. Ciclo Promedio Horario de Radiación Solar – Área Mina.

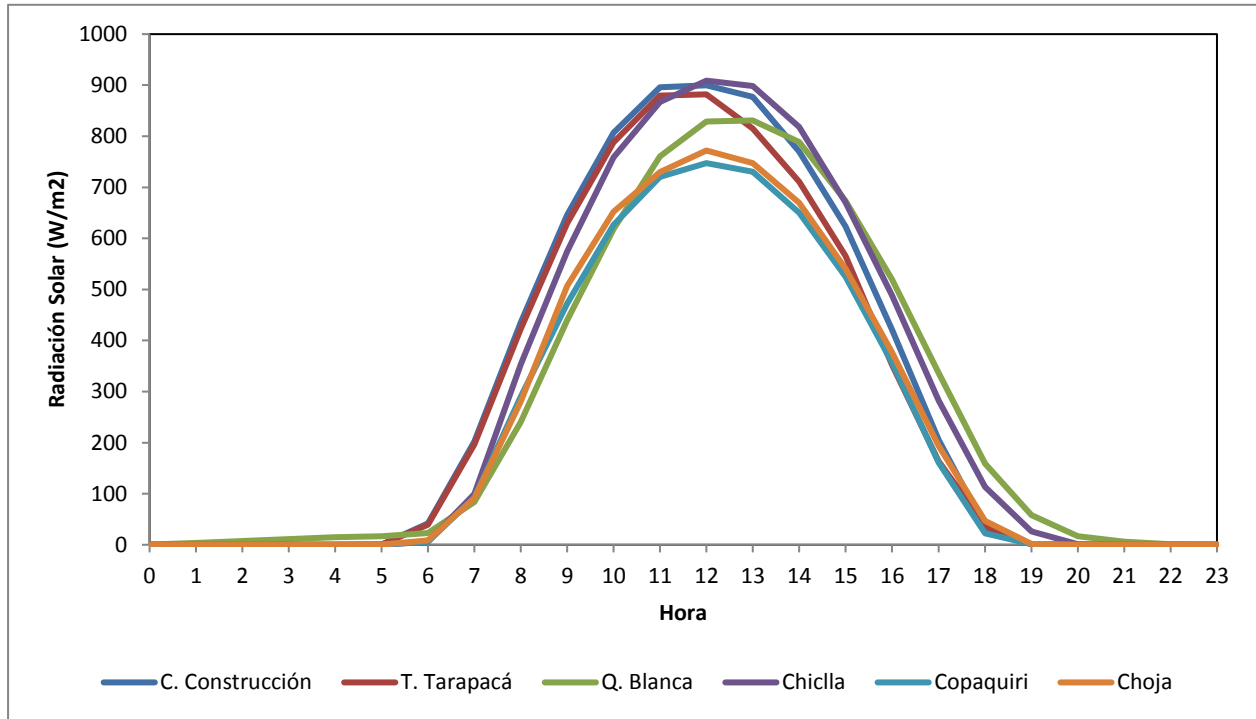
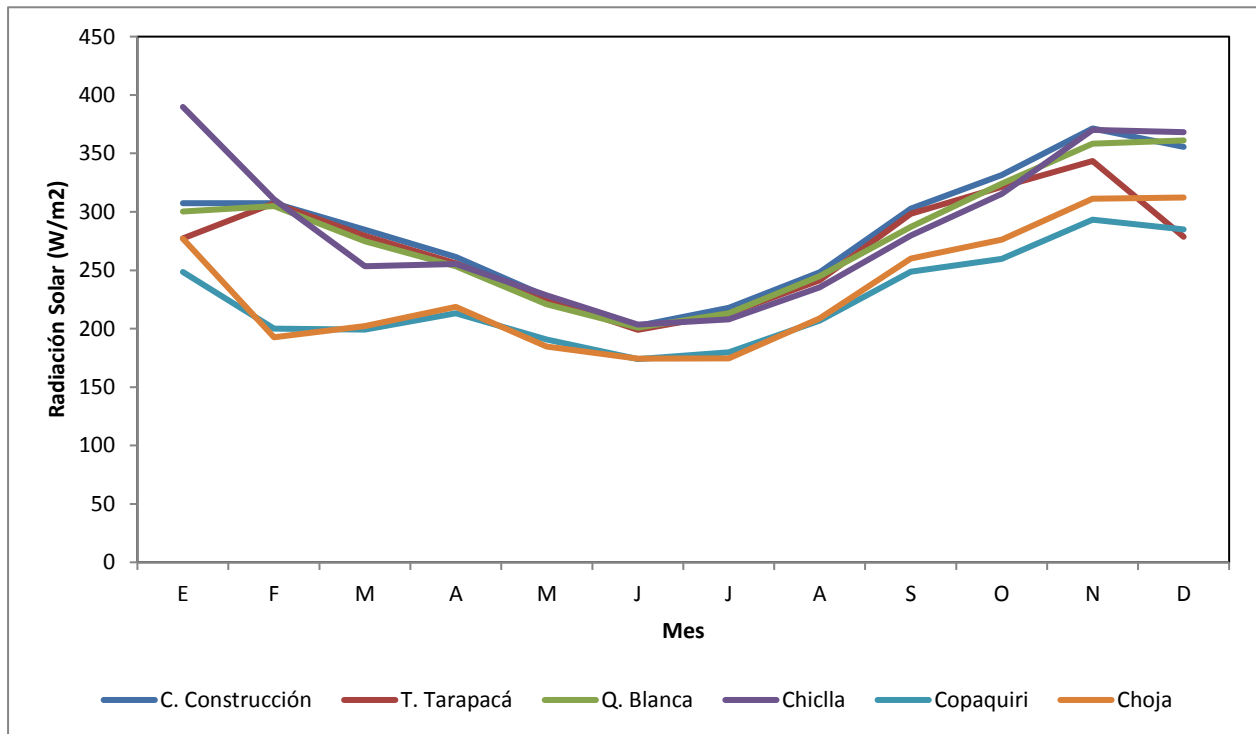


Figura 3.2.1-28. Ciclo Promedio Mensual de Radiación Solar – Área Mina.



A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- Las estaciones ubicadas sobre los 4.300 m.s.n.m., es decir Campamento Construcción, Tambo Tarapacá, Quebrada Blanca y Chiclla, presentan valores promedios anuales similares y que varían entre los 270 W/m² y 299 W/m². Respecto a las estaciones de Copaquiri y Choja, las cuales se encuentran bajo los 4.000 m.s.n.m. presentan valores que varían entre los 238 W/m² y 249 W/m².
- En forma similar los valores máximos para las estaciones sobre los 4.300 m.s.n.m. presenta valores que varían entre los 1.144 W/m² y 1.210 W/m², mientras que las estaciones que están por debajo de los 4.000 m.s.n.m. presentan valores que varían entre los 981 W/m² °C y 1.018 W/m².
- En lo referente al comportamiento horario, es claro que los mayores valores se registran en horario diurno en todas las estaciones.
- Respecto al comportamiento mensual, los máximos valores de radiación solar se producen en épocas de primavera y verano.

Presión Atmosférica

En la siguiente Tabla 3.2.1-30 se presenta un resumen de los valores asociados a la Presión Atmosférica en cada estación del Área Mina y ordenados de acuerdo a la altura geográfica de las estaciones.

Se debe hacer notar que la presión atmosférica medida en cada estación, tiene directa relación con la altura geográfica en la cual se ubica la estación (a mayor altura menor presión) y por lo tanto los valores resultantes varían de acuerdo a esta premisa.

Tabla 3.2.1-30. Resumen de Presión Atmosférica (mbar) - Área Mina.

Parámetro	Estación					
	Copaquiri	Choja	Campamento Construcción	Quebrada Blanca	Tambo Tarapacá	Chiclla
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	3.518	3.990	4.330	4.378	4.457	4.512
Presión Atmosférica Promedio (mbar)	666	629	609	605	598	601
Presión Atmosférica Máxima (mbar)	668	631	613	609	603	603
Presión Atmosférica Mínima (mbar)	664	627	601	600	591	598

Fuente: Elaboración propia.

S/D = Sin Datos

En la siguiente Figura 3.2.1-29 y Figura 3.2.1-30, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la presión atmosférica en las estaciones asociadas al Área Mina.

Figura 3.2.1-29. Ciclo Promedio Horario de Presión Atmosférica – Área Mina.

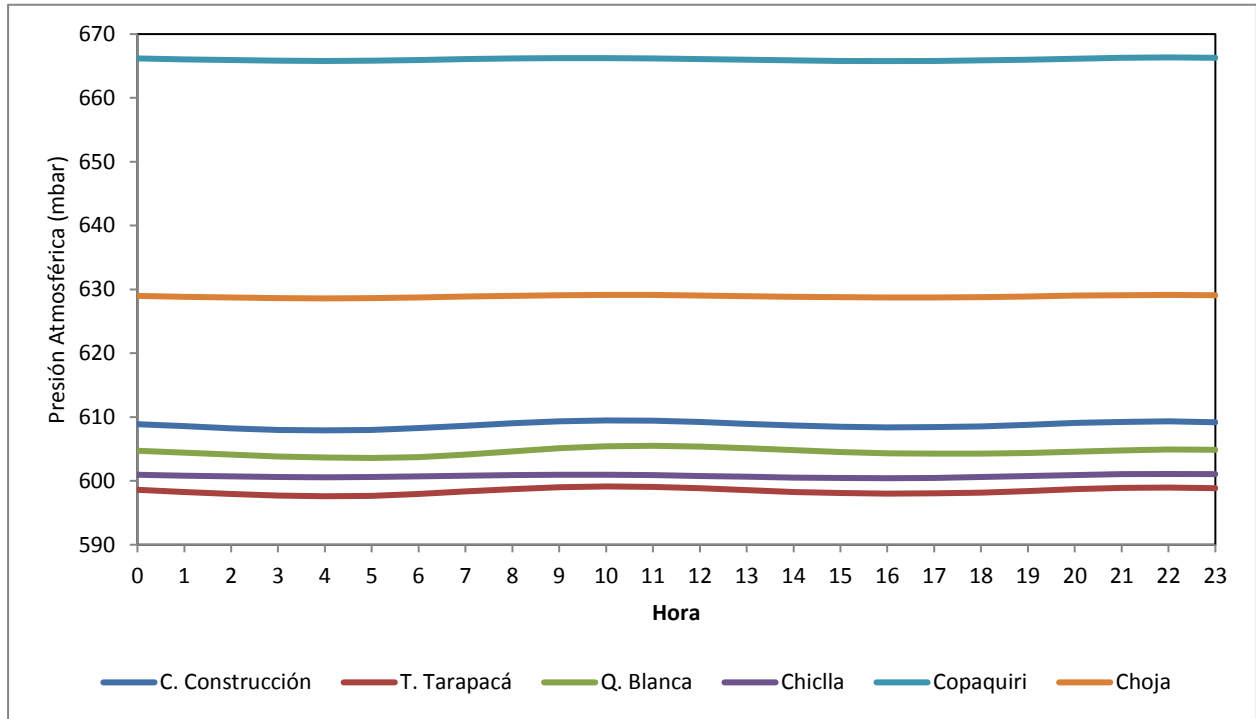
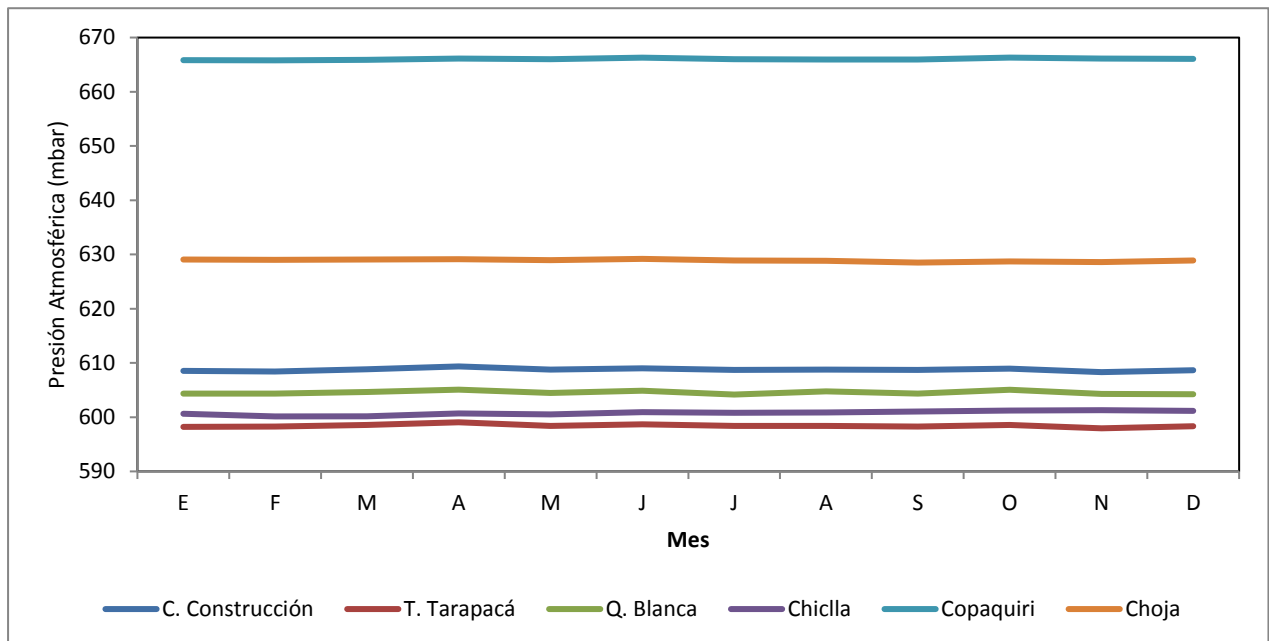


Figura 3.2.1-30. Ciclo Promedio Mensual de Presión Atmosférica – Área Mina.



A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- Los valores obtenidos están en directa relación a la altura geográfica de cada estación y es así que la estación Copaquiri ubicada a una altura de 3.518 m.s.n.m. presenta un valor promedio anual de 666 mbar, mientras que la estación Tambo Tarapacá, ubicada a una altura de 4.457 m.s.n.m. presenta un valor promedio anual de 598 mbar.
- Todas las estaciones presentan un comportamiento similar en esta variable en el tiempo, en términos horarios y mensuales.

Precipitación

En función a la información disponible de esta variable, en aquellas estaciones que cuentan con este tipo de medición, en la siguiente Tabla 3.2.1-31 se presenta un resumen de los valores asociados a la Precipitación en el Área Mina por estación, mes y año.

En este caso y para disponer de mayor información para el área, se agregaron las siguientes estaciones públicas de Copaquiri (DGA) y Ujina (DGA).

Tabla 3.2.1-31. Resumen de Precipitación (mm) - Área Mina.

Año	Estación	Altura Geográfica (msnm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Precip mensual promedio	Max/Min	Acumulado Anual	
			mm Agua															
2015	Copaquire	3.518	S/D	S/D	S/D	0	9,4	0	0	0,6	0	0,1	0	0	2,7	22/0	32,4	
2016			0	22	0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D				
2015	Choja	3.990	S/D	S/D	S/D	S/D	1,9	0	0	0	0	0,5	0	0	1,1	9,8/0	12,2	
2016			0	9,8	0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D				
2013	Campamento Construcción	4.330	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	2,8	0,1	0,1	0	0	2,1	0,1	-	-	-	
2014			36,4	0	0	9,9	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	3,85	36,4/0	46,2
2015			22,6	22,4	29,3	2,2	4,5	0	0	0	0	0	1,4	0	0	6,9	29,3/0	82,4
2014	Quebrada Blanca	4.378	S/D	S/D	57,8	22,7	0	0	0	0	0	0	0,3	0	8,1	57,8/0	80,8	
2015			27,4	35,8	31,4	4,3	3,2	0	0	0,3	0,8	1,2	1,4	0,5	8,9	35,8/0	106,3	
2013	Campamento Tambo Tarapacá	4.457	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	8	0,1	1,1	0	0	1,6	1,2	-	-	-	
2014			24,1	0	0,2	8,4	0,3	0	0	0	0	0	0,6	0	2,8	24,1/0	33,6	
2015			33,3	33,2	45,9	5,3	2,2	0	0	0	0	1,3	0	0	10,1	45,9/0	121,2	
2015	Chiclla	4.512	S/D	S/D	S/D	0	0,4	0,7	0	32,2	4,1	0,5	1,3	0	4,6	55,40	5,4	
2016			0,9	15,3	0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D				
---	Ujina - DGA	4.300	38,5	37,5	12,9	1,3	1,1	2	1,4	3	0,4	1,6	0,9	6,8	9,0	38,5/0,4	107	
---	Copaquire - DGA	3.540	26,4	21,9	14,2	0	1,1	1,1	1,6	2,6	0,4	0,3	0,1	4,5	6,2	26,4/0	74,2	
Promedio por mes (mm Agua)			21,0	19,8	17,4	5,4	2,2	1,1	0,2	3,1	0,4	0,5	0,6	1,0				

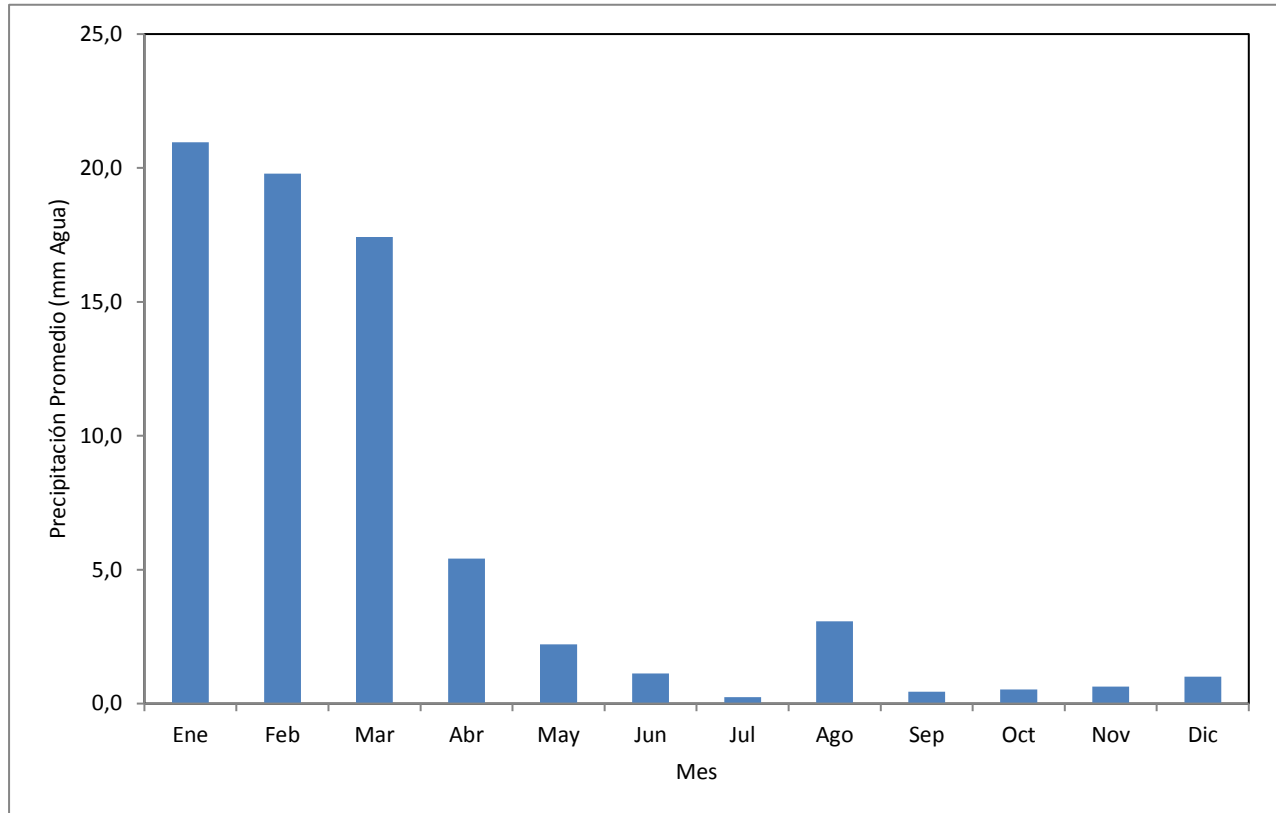
Nota: Por efectos de redondeo numérico, la suma de los valores mensuales puede no coincidir con el total anual.

Fuente: Elaboración propia.

S/D = Sin Datos

En la siguiente Figura 3.2.1-31, se presenta el comportamiento promedio mensual de precipitaciones en función a todas las estaciones existentes en el Área Mina.

Figura 3.2.1-31. Ciclo Promedio Mensual Precipitaciones – Área Mina.



A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- El Área Mina un sector sometido a las condiciones de Invierno Altiplánico, por lo tanto las precipitaciones se concentran principalmente entre Enero y Marzo.
- Asimismo, se observan niveles de precipitación para el resto de los meses aunque de menor envergadura a los registrados en épocas de Invierno Altiplánico.
- Durante el período de máximas precipitaciones, se ha llegado a registrar niveles sobre los 57 mm Agua caída (Marzo de 2014 en Quebrada Blanca).

Evaporación

En la Tabla 3.2.1-32 se presenta un resumen de los valores asociados a los niveles de evaporación medidos en aquellas estaciones que cuentan con la medición de esta variable.

Tabla 3.2.1-32. Resumen de Evaporación (mm Agua) - Área Mina.

Estación	Altura Geográfica (msnm)	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Evaporación Mensual Promedio	Max/min	Anual
			mm Agua														
Copaquiri	3.518	2015	S/D	S/D	S/D	74	120	136	136	170	208	232	247	239	178	247/74	2140
		2016	226	152	199	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D			
Choja	3.990	2015	S/D	S/D	S/D	S/D	75	153	90	85	205	232	258	245	171	258/75	1879
		2016	222	133	183	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D			
Ujina (DGA)	4.300	---	122	75	137	155	149	123	168	176	176	182	171	160	150	182/75	1794
Promedio por mes (mm Agua)			190	120	173	114	115	138	131	144	196	215	226	215			

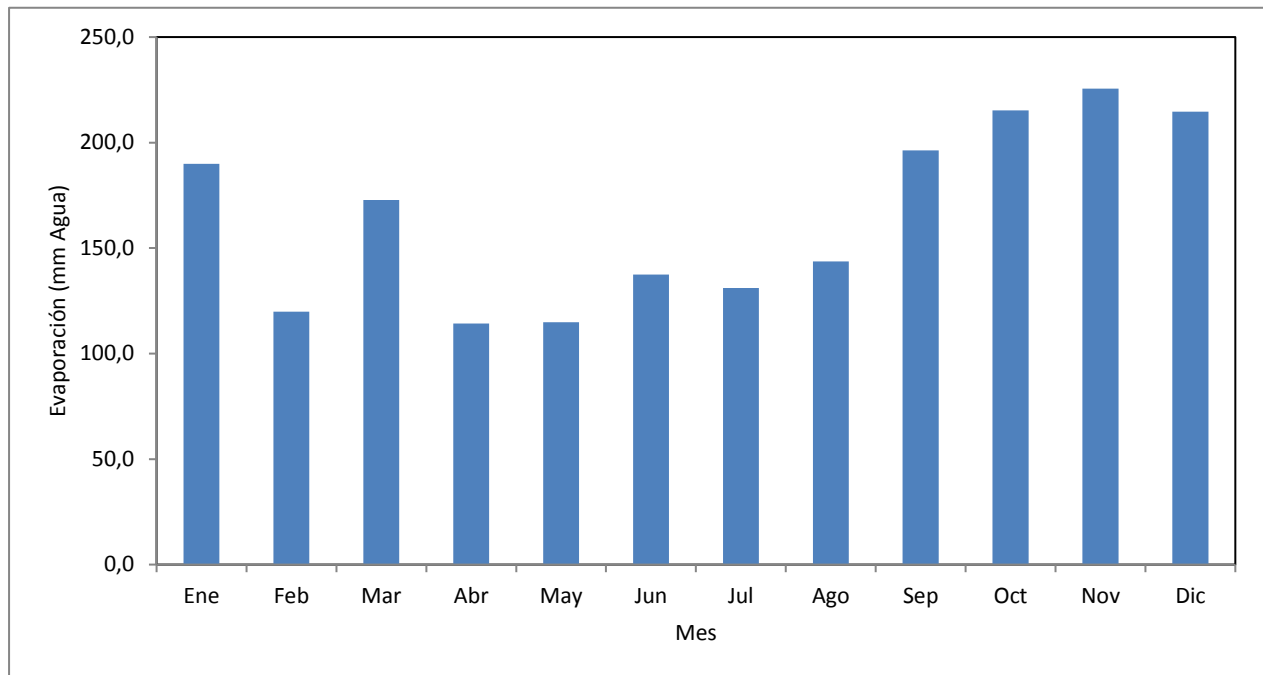
Nota: Por efectos de redondeo numérico, la suma de los valores mensuales puede no coincidir con el total anual.

Fuente: Elaboración propia.

S/D = Sin Datos

En la siguiente Figura 3.2.1-32, se presenta el comportamiento promedio mensual de evaporación en función a la información disponible.

Figura 3.2.1-32. Ciclo Promedio Mensual Evaporación – Área Mina.



A partir de estos resultados, es posible establecer el siguiente análisis:

- Los máximos niveles de evaporación, se registran para la época de primavera principalmente.
- Durante el verano y en donde las estaciones se ven influenciadas por el invierno altiplánico, los niveles de evaporación presenta valores menores a los registrados en primavera.

b.2) Área Obras Lineales

El área definida como Área Obras Lineales contempla el análisis de los registros meteorológicos de cuatro estaciones ubicadas a alturas que están entre los 960 m.s.n.m. (Victoria) y los 2.390 m.s.n.m. (Huatacondo).

Velocidad del Viento

En la siguiente Tabla 3.2.1-33 se presenta un resumen de los valores asociados a la velocidad del viento en cada estación del Área Obras Lineales y ordenados de acuerdo a la altura geográfica de las estaciones.

Tabla 3.2.1-33. Resumen de Velocidad del Viento (m/s) - Área Obras Lineales.

Parámetro	Estación			
	Victoria	Colonia Pintados	Tamentica	Huatacondo
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	960	992	1.719	2.294
Velocidad Promedio (m/s)	2,2	1,5	2,8	3,4
Velocidad Máxima (m/s)	11,4	5,8	8,6	10,9
Velocidad Mínima (m/s)	0,0	0,0	0,0	0,1

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 3.2.1-33 y Figura 3.2.1-34, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la velocidad del viento en las estaciones asociadas al Área Obras Lineales.

Figura 3.2.1-33. Ciclo Promedio Horario de Velocidad del Viento – Área Obras Lineales.

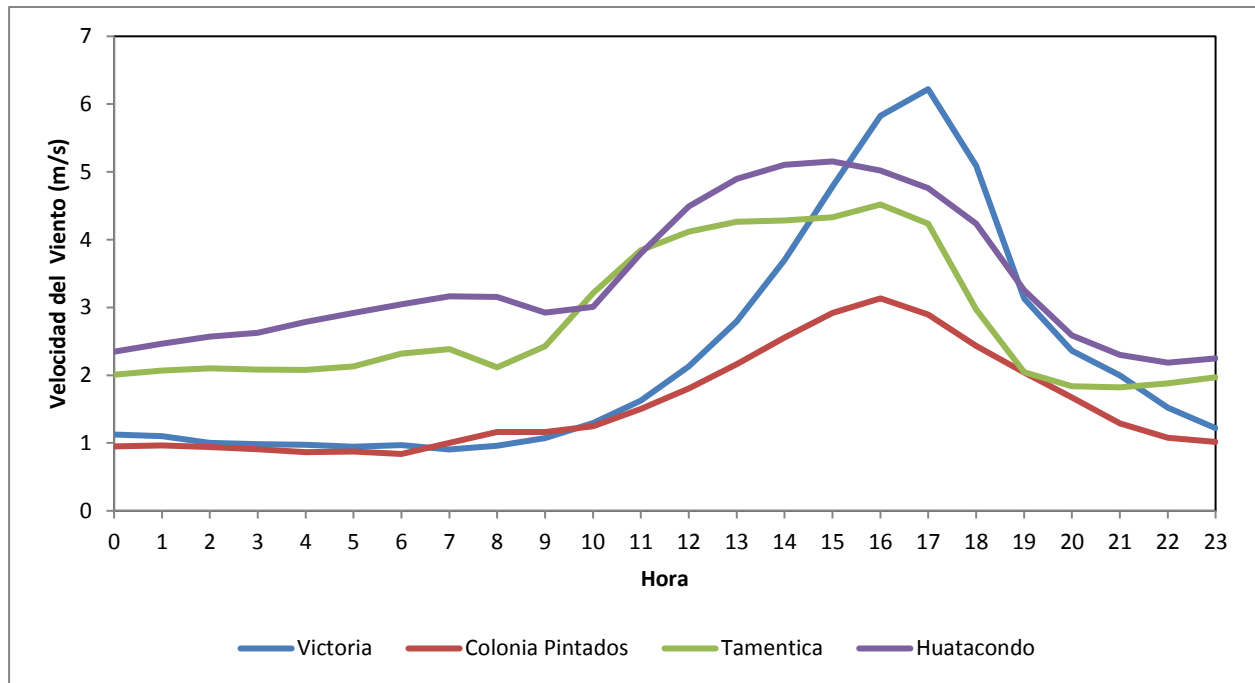
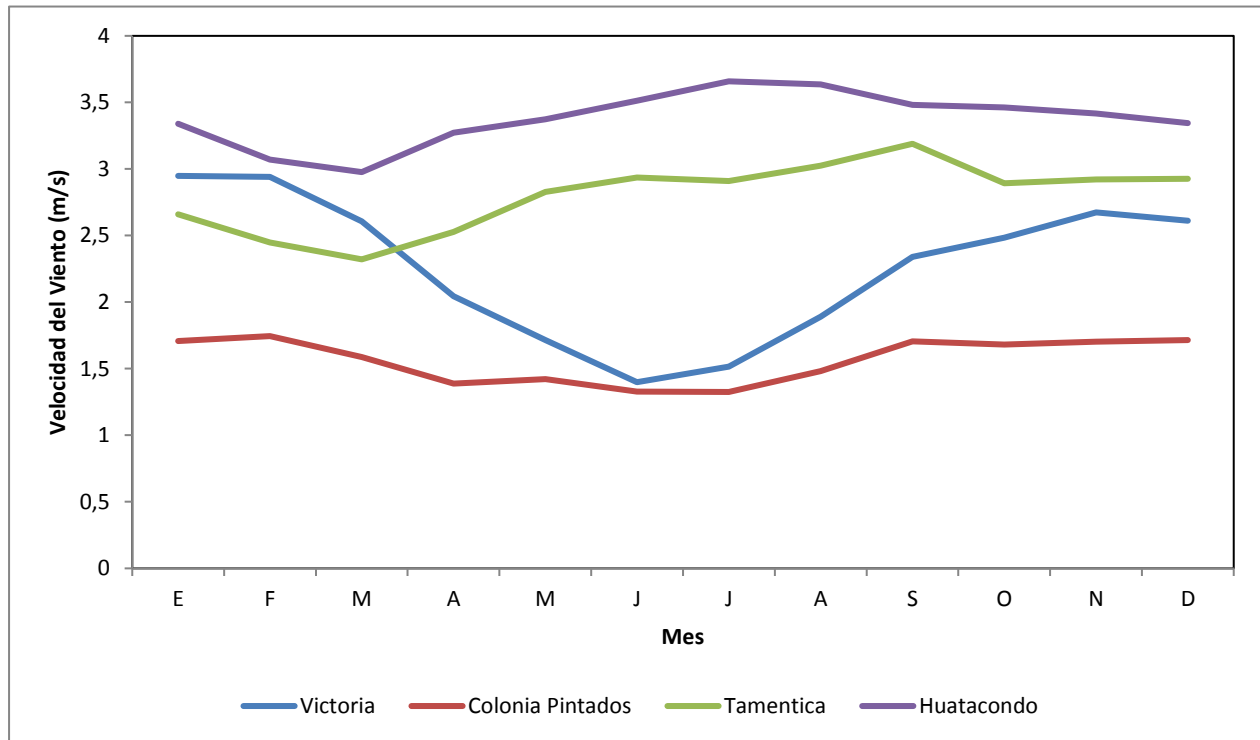


Figura 3.2.1-34. Ciclo Promedio Mensual de Velocidad del Viento – Área Obras Lineales.



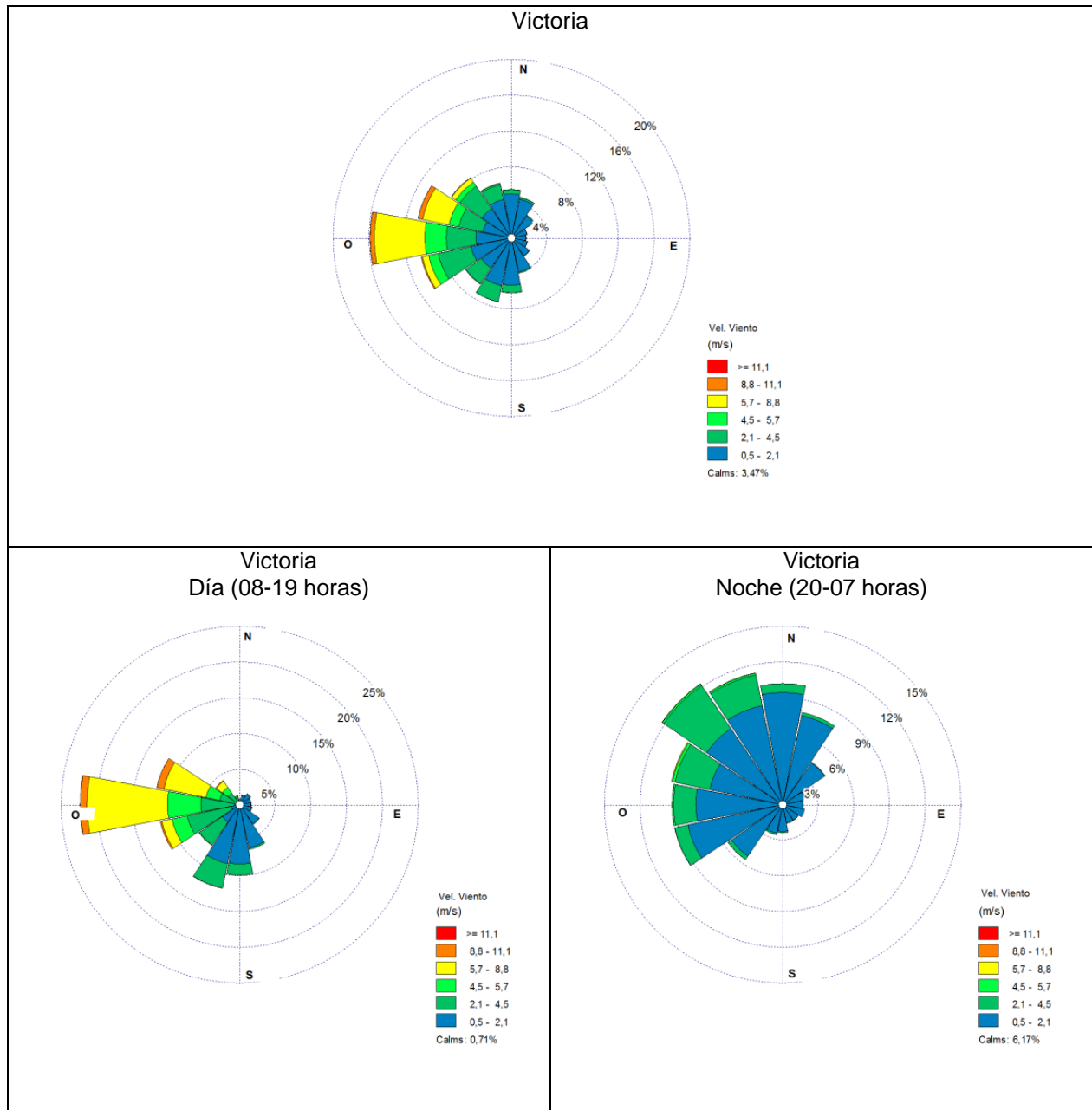
A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

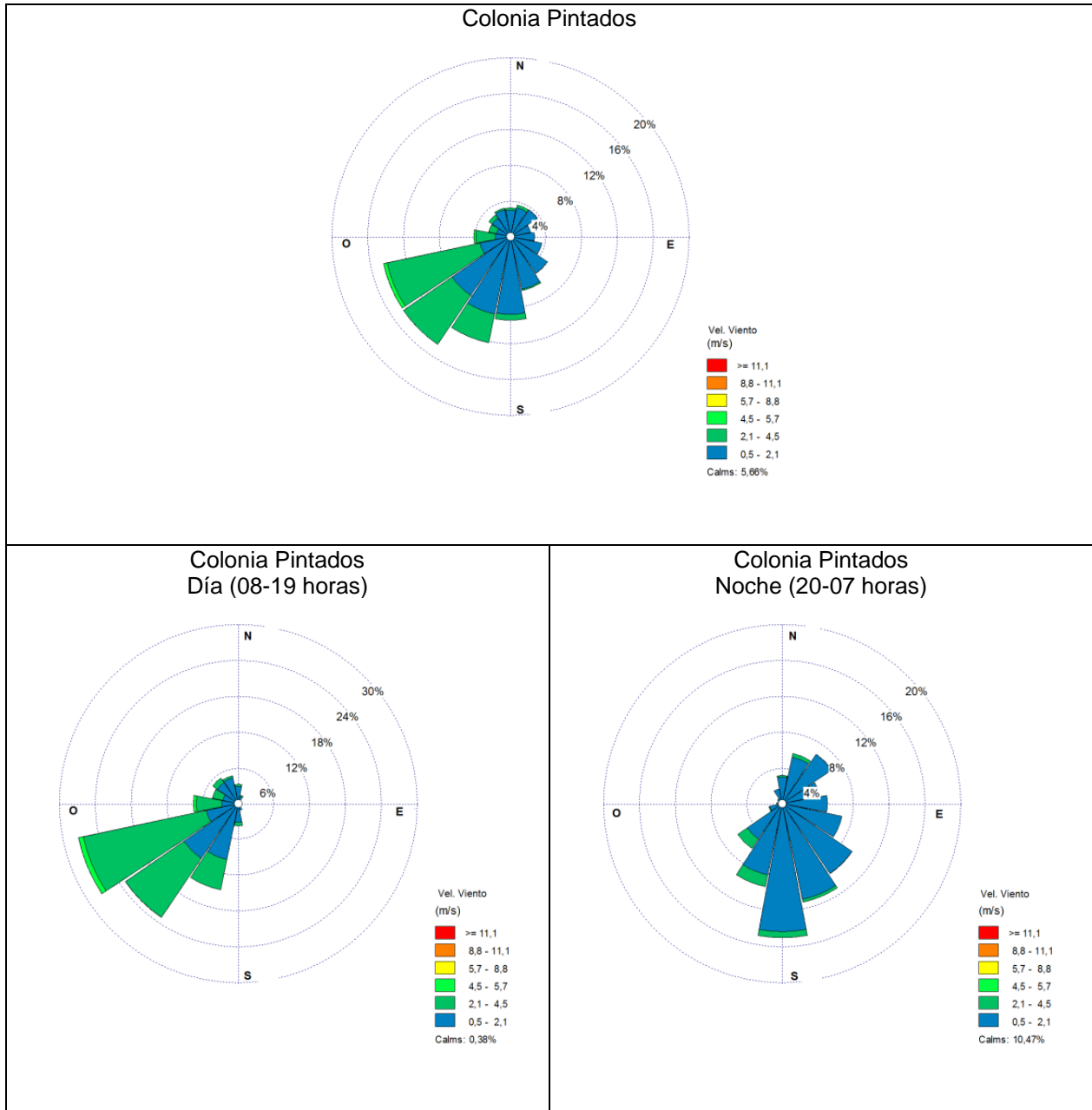
- Las velocidades promedio anuales se encuentran entre los 1,6 m/s (Colonia Pintados) y los 3,4 m/s (Huatacondo).
- La mayor velocidad promedio horaria se registró en la estación Victoria con un valor de 11,4 m/s, mientras que el menor valor máximo se presentó en la estación Colonia Pintados con un valor de 5,8 m/s.
- El comportamiento horario promedio, es distinto para las estaciones de Victoria y Colonia Pintados, en donde los mayores valores de intensidad de viento se presentan en un período de tiempo menor (14:00 a 19:00 horas), que las estaciones ubicadas en Tamentica y Huatacondo (11:00 a 19:00 horas), esto producto que las dos últimas estaciones se encuentran insertas dentro de la quebrada Guatacondo a diferencia de las primeras estaciones nombradas que se encuentran en zonas más abiertas.
- Respecto al comportamiento mensual, se observa que las estaciones de Victoria y Colonia Pintados presentan un comportamiento de disminución de las intensidades de viento para las épocas más frías del año, mientras que las estaciones de Tamentica y Huatacondo tienen una tendencia a aumentar en la misma época.

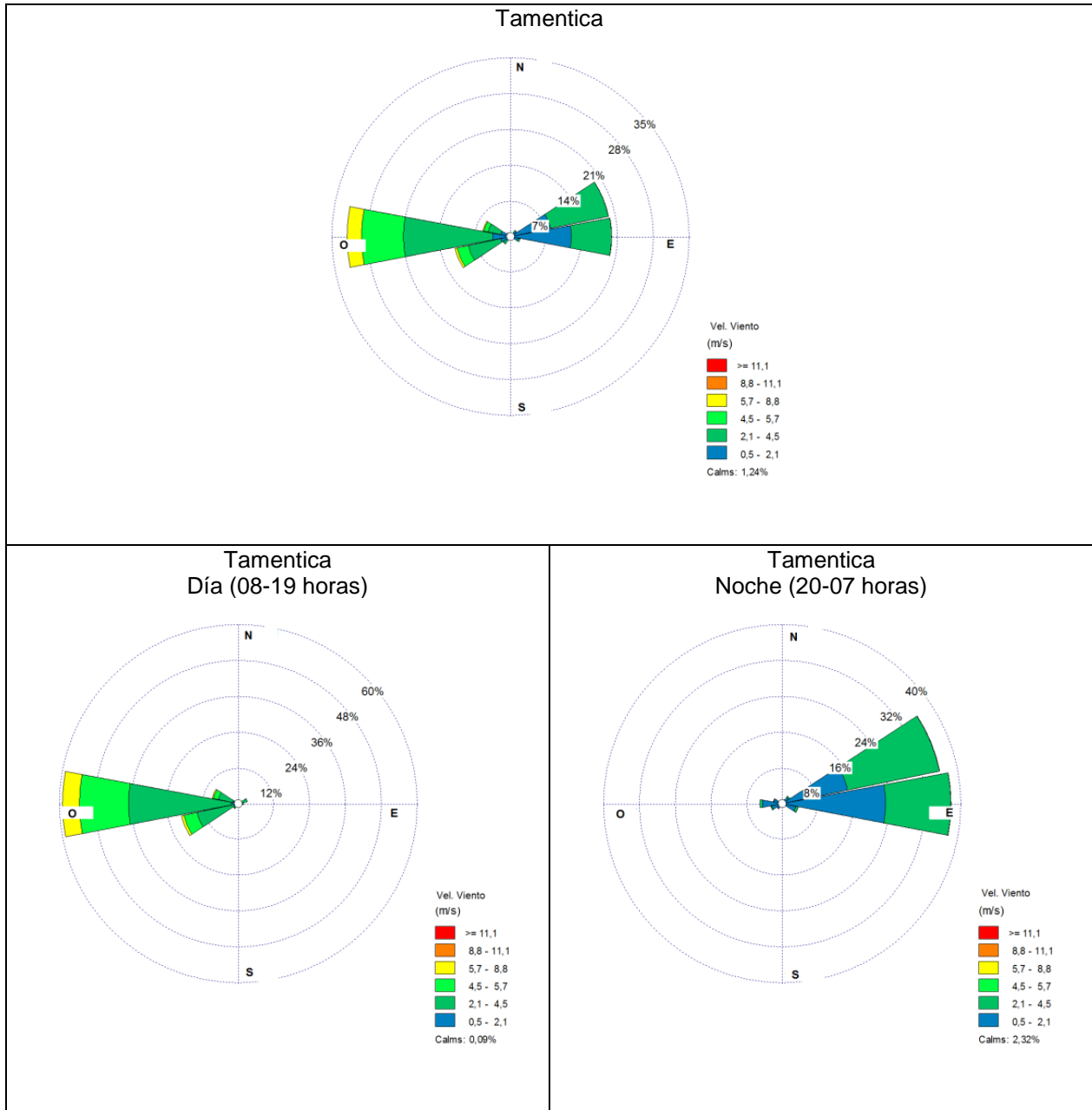
Dirección del Viento

En la Figura 3.2.1-35 se presentan las Rosas de los Vientos resultantes de las estaciones asociadas al Área Obras Lineales y en donde se da cuenta del comportamiento global de la procedencia de las direcciones de los vientos en cada estación, así como de los rangos de velocidades de vientos asociados a cada dirección y en Figura 3.2.1-36 se presentan los ciclos horarios de la dirección del viento, en donde se da cuenta del comportamiento global de la procedencia de los vientos durante el día y en donde el espectro de las direcciones se ha dividido en cuatro cuadrantes para facilitar la comprensión de los resultados.

Figura 3.2.1-35. Rosas de los Vientos – Área Obras Lineales.







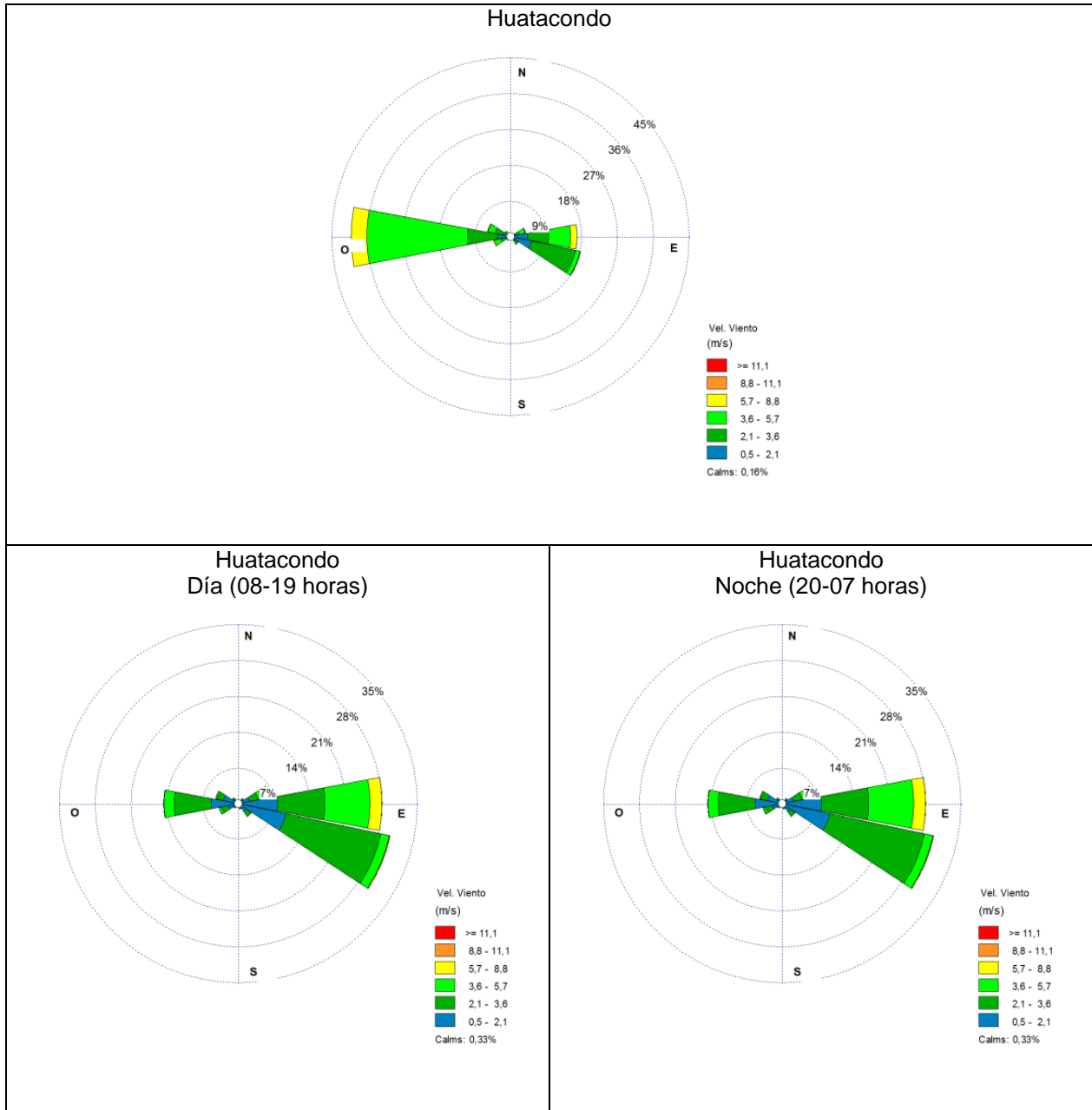
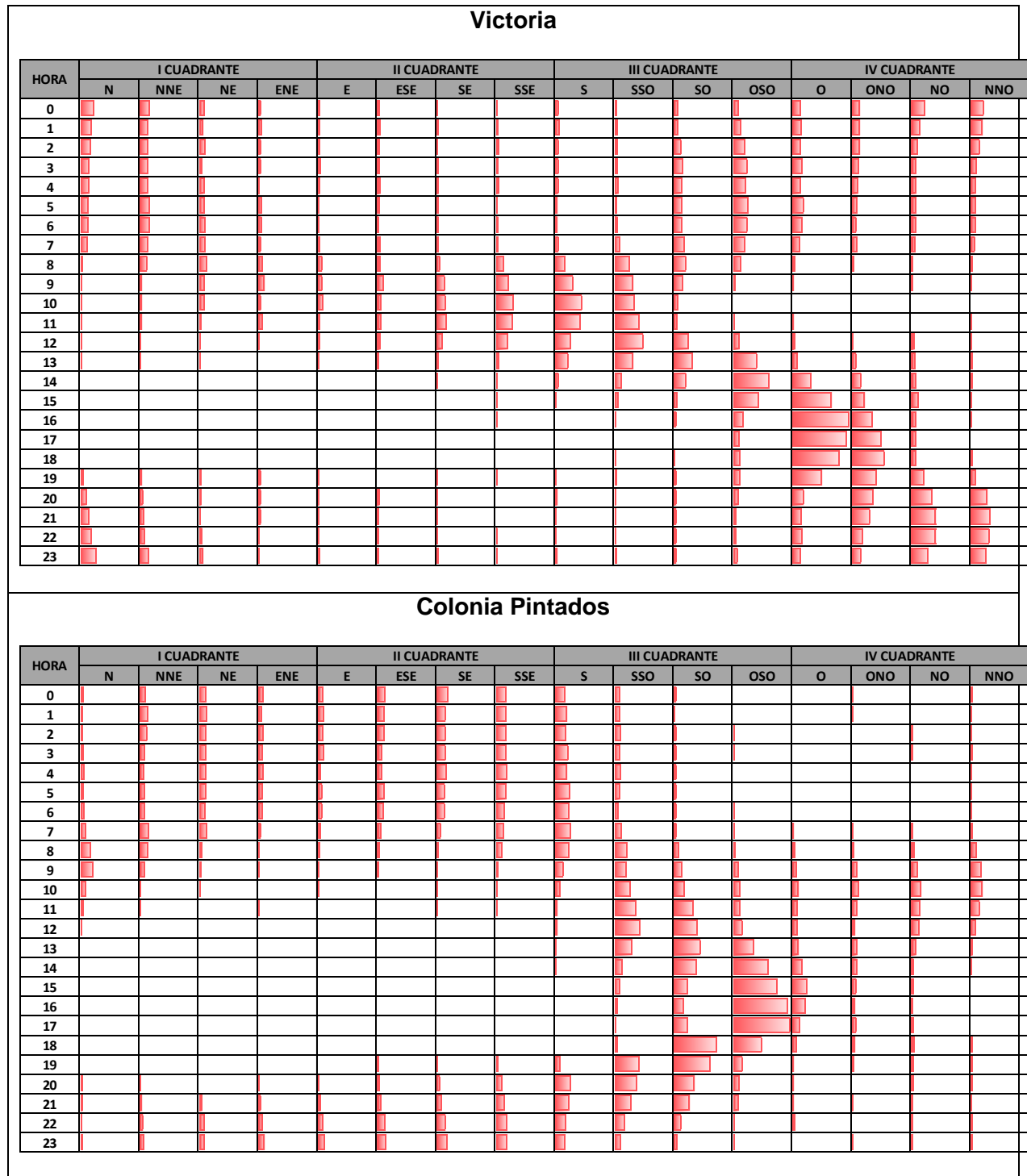


Figura 3.2.1-36. Ciclos Horarios de Dirección del Viento – Área Obras Lineales.



Tamentica

HORA	I CUADRANTE				II CUADRANTE				III CUADRANTE				IV CUADRANTE			
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO
0																
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																

Huatacondo

HORA	I CUADRANTE				II CUADRANTE				III CUADRANTE				IV CUADRANTE			
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO
0																
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																

A partir de los resultados, es posible establecer lo siguiente:

Victoria

- A partir de las Rosas de los Vientos, se observa que los vientos proceden principalmente del III cuadrante (S-O) y IV cuadrante (O-N) y en donde se registran las mayores velocidades que en todo caso no superan los 11 m/s. También se observan vientos procedentes, aunque con una baja frecuencia, del cuadrante I (N-E) y cuadrante II (E-S) y en donde las intensidades de viento no superan 4,5 m/s.
- En cuanto a los ciclos horarios, durante el día los vientos proceden principalmente del IV cuadrante (O-N) y III cuadrante (S-O) con vientos procedentes principalmente a aquellos asociados a las direcciones en el entorno de la componente O, mientras que en la noche se presentan vientos procedentes principalmente del IV (O-N) y con vientos de baja intensidad.

Colonia Pintados

- A partir de las Rosas de los Vientos, se observa que los vientos proceden principalmente del III cuadrante (S-O) y en donde se registran las velocidades de los vientos no superan 5,7 m/s. En segundo lugar, aunque con menor frecuencia, se observa presencia de vientos procedentes del II cuadrante (E-S) y en donde las velocidades de los vientos no superan los 4,5 m/s. Finalmente, para los demás cuadrantes, los vientos tienen una baja presencia y con intensidades de viento que no superan los 4,5 m/s.
- En cuanto a los ciclos horarios, durante el día los vientos proceden principalmente del III cuadrante (S-O) y en mucho menor grado del IV cuadrante (O-N), mientras que en la noche se presentan vientos procedentes del I cuadrante (N-E) y II cuadrante (E-S) pero con una baja frecuencia.

Tamentica

- A partir de las Rosas de los Vientos, se observa una fuerte componente de vientos procedentes del O, debido fundamentalmente a la ubicación de la estación, inserta en la quebrada Guatacondo. Las velocidades de vientos máximas no superan los 8,8 m/s, también se observan vientos asociados al I cuadrante (N-E), pero asociados principalmente a vientos del ENE y E, pero en donde las intensidades de vientos no superan los 4,5 m/s. No se observan presencia de vientos de importancia para los demás cuadrantes.
- En cuanto a los ciclos horarios, durante el día los vientos proceden marcadamente del O y direcciones en el entorno inmediato, mientras que en la noche se presentan vientos procedentes marcadamente del ENE y E (I cuadrante (N-E)).

Huatacondo

- A partir de las Rosas de los Vientos, se observa una fuerte componente de vientos procedentes del O, por estar esta estación inserta dentro de la quebrada Guatacondo. Las velocidades de vientos máximas no superan los 8,8 m/s, también se observan vientos asociados al II cuadrante (E-S), pero asociados principalmente a vientos del E y ESE, pero en donde las intensidades de vientos no superan los 8,8 m/s. No se observan presencia de vientos de importancia para los demás cuadrantes.
- En cuanto a los ciclos horarios, durante el día los vientos proceden marcadamente del O, mientras que en la noche se presentan vientos procedentes marcadamente del E y ESE (II cuadrante (E-S)).

Temperatura Ambiental

En la siguiente Tabla 3.2.1-34, se presenta un resumen de los valores asociados a la temperatura ambiental en cada estación del Área Obras Lineales.

Se debe hacer notar que la temperatura ambiental medidas en cada estación, es influenciado por la altura geográfica en la cual se ubica la estación (a mayor altura menor temperatura) y por lo tanto los valores resultantes variaran de acuerdo a esta premisa y ordenados de acuerdo a la altura geográfica de las estaciones.

Tabla 3.2.1-34. Resumen de Temperatura (°C) – Área Obras Lineales.

Parámetro	Estación				
	Victoria	Colonia Pintados	Tamentica	Huatacondo	Guatacondo (DGA)
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	960	992	1.719	2.294	2.460
Temperatura Promedio (°C)	19,0	18,6	19,4	15,6	14,5
Temperatura Máxima (°C)	36,4	36,7	31,4	29,7	26,4
Temperatura Mínima (°C)	2,3	-1,6	3,2	4,6	-1,1

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 3.2.1-37 y Figura 3.2.1-38, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la temperatura en las estaciones asociadas al Área Obras Lineales.

Figura 3.2.1-37. Ciclo Promedio Horario de Temperatura – Área Obras Lineales.

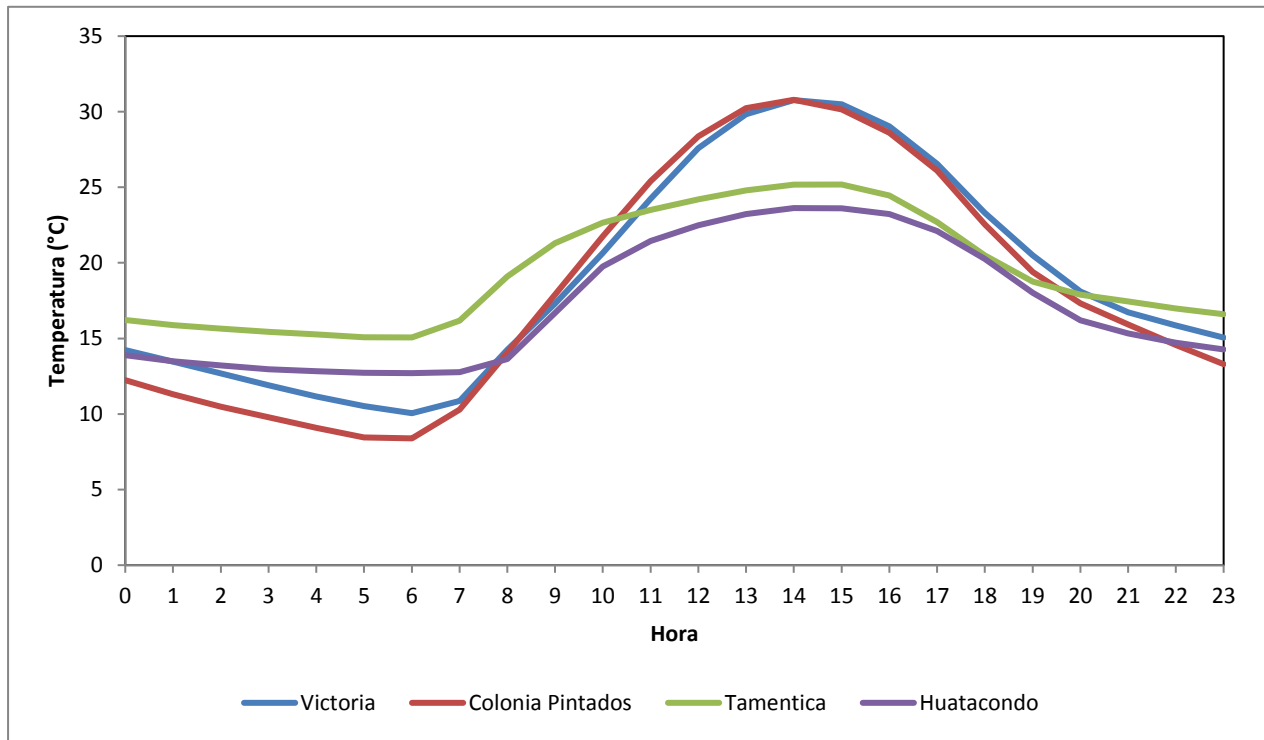
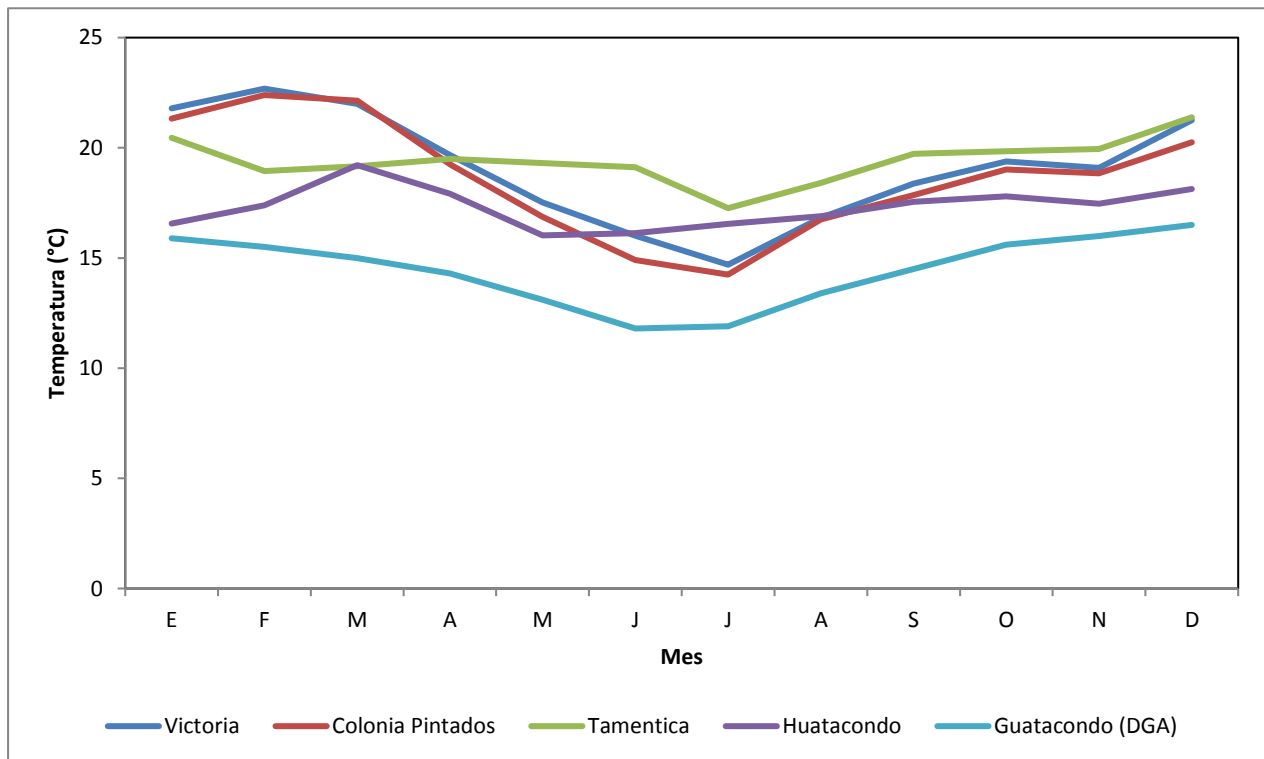


Figura 3.2.1-38. Ciclo Promedio Mensual de Temperatura – Área Obras Lineales.



A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- Las estaciones ubicadas sobre los 1.000 m.s.n.m., es decir Tamentica, Huatacondo y Guatacondo (DGA), presentan valores promedios anuales que varían entre los 14,5°C y 19,4 °C. Respecto a las estaciones de Victoria y Colonia Pintados, las cuales se encuentran bajo los 1.000 m.s.n.m. presentan valores que varían entre los 18,7°C y 19,0°C.
- En forma similar las temperaturas máximas para las estaciones sobre los 1.000 m.s.n.m. presenta valores que varían entre los 29,7 °C y 31,4 °C, mientras que las estaciones que están por debajo de los 1.000 m.s.n.m. presentan valores que varían entre los 36,4 °C y 36,7 °C.
- Respecto a las temperaturas mínimas y para las estaciones que están sobre los 1.000 m.s.n.m. presenta valores entre los -1,1 °C y 4,6 °C, mientras que las estaciones que están por debajo de los 1.000 m.s.n.m. presentan valores entre -1,6 °C y 2,3 °C. Se hace notar que las estaciones de Tamentica y Huatacondo (sobre los 1.000 m.s.n.m.) se encuentran dentro de la quebrada Guatacondo que puede estar incidiendo en los mayores valores registrados.
- En lo referente al comportamiento horario, es claro que las mayores temperaturas se registran en horario diurno en todas las estaciones y para el caso de las estaciones bajo los 1.000 m.s.n.m. (Colonia Pintados y Victoria), las máximas son mayores a las ubicadas sobre los 1.000 m.s.n.m. (Tamentica y Huatacondo).
- Respecto al comportamiento mensual, se observa que las estaciones ubicadas dentro de la quebrada Guatacondo (Tamentica y Huatacondo) presentan un comportamiento más estable que las ubicadas en Victoria y Colonia Pintados, en donde se observa una clara disminución de la temperatura para las épocas de invierno respecto a las otras estaciones del año.

Humedad Relativa

En la siguiente Tabla 3.2.1-35 se presenta un resumen de los valores asociados a la humedad relativa en cada estación del Área Obras Lineales y ordenados de acuerdo a la altura geográfica de las estaciones.

Tabla 3.2.1-35. Resumen de Humedad Relativa (%) - Área Obras Lineales.

Parámetro	Estación			
	Victoria	Colonia Pintados	Tamentica	Huatacondo
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	960	992	1.719	2.294
Humedad Promedio (%)	46,2	43,7	24,1	30,6
Humedad Máxima (%)	99,0	96,1	94,0	100,0
Humedad Mínima (%)	3,0	2,0	2,0	0,3

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.2.1-39 y Figura 3.2.1-40, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la temperatura en las estaciones asociadas al Área Obras Lineales.

Figura 3.2.1-39. Ciclo Promedio Horario de Humedad – Área Obras Lineales.

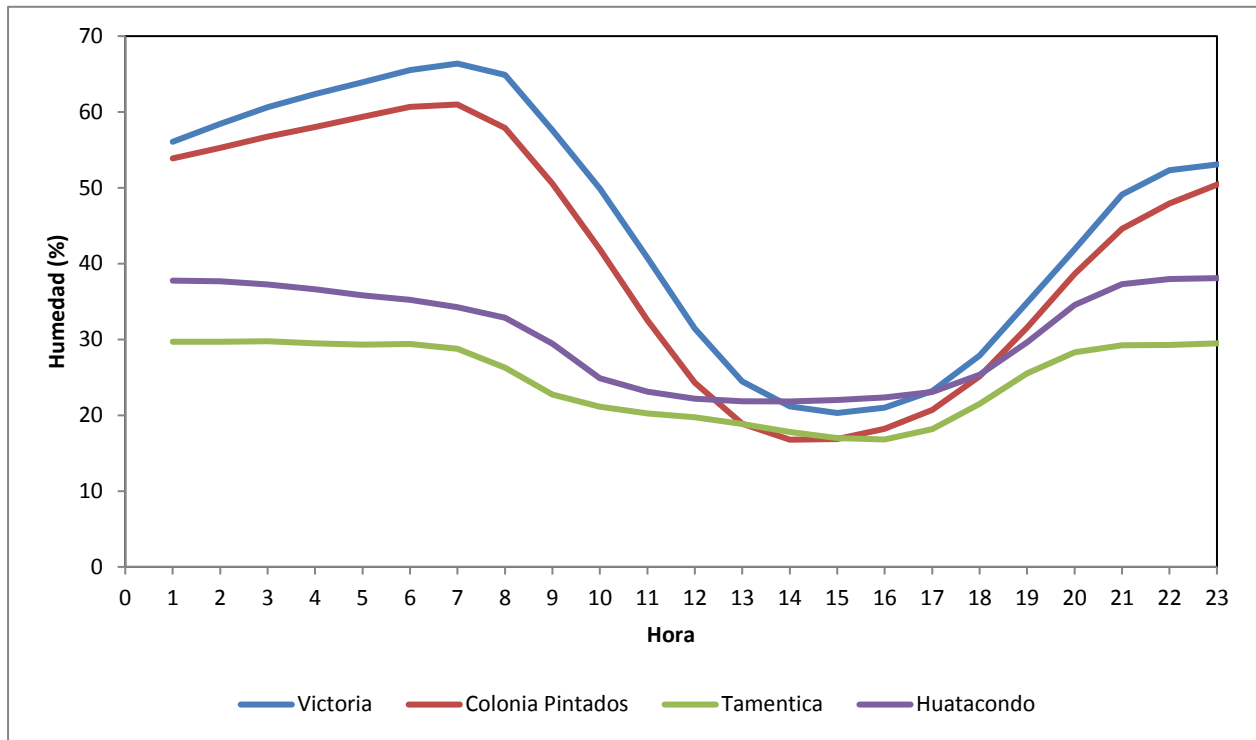
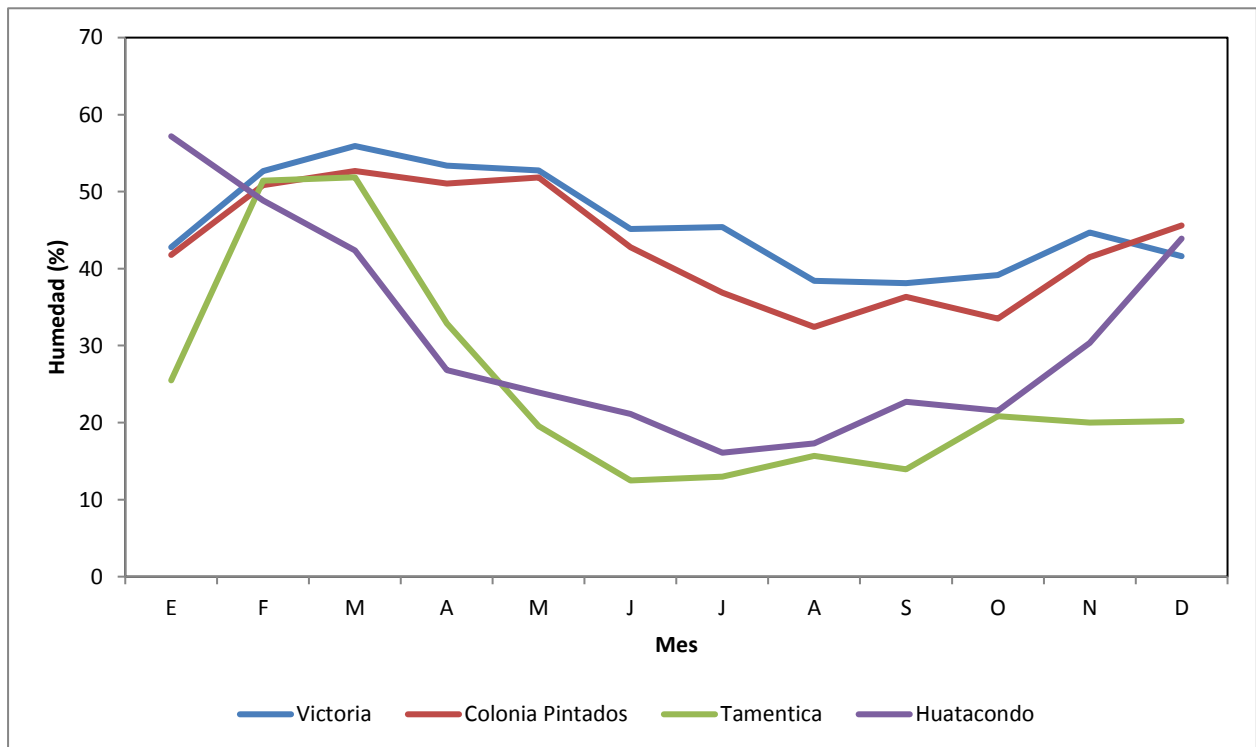


Figura 3.2.1-40. Ciclo Promedio Mensual de Humedad – Área Obras Lineales.



A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- Para las estaciones ubicadas sobre los 1.000 m.s.n.m. (Tamentica y Huatacondo), se observa que están tienen niveles de humedad anuales inferiores a las estaciones ubicadas bajo los 1.000 m.s.n.m. (Victoria y Colonia Pintados), valores que varían entre 26,7% y 31,4% para el primer caso y entre 46,8% y 42,2% en el segundo caso.
- La variación de los niveles de humedad en términos horarios, presentan diferencias según la ubicación de las estaciones, para las estaciones de Colonia Pintados y Victoria (bajo los 1.000 m.s.n.m.), durante el día los niveles de humedad presentan una baja ostensible respecto a los horarios nocturnos. En el caso de las estaciones de Tamentica y Huatacondo, este efecto se ve suavizado por la su ubicación dentro de la quebrada Guatacondo y a mayor altura geográfica (sobre los 1.000 m.s.n.m.)

Radiación Solar

En la siguiente Tabla 3.2.1-36, se presenta un resumen de los valores asociados a la radiación solar en cada estación del Área Obras Lineales y ordenados de acuerdo a la altura geográfica de las estaciones.

Tabla 3.2.1-36. Resumen de Radiación Solar (W/m²)- Área Obras Lineales.

Parámetro	Estación			
	Victoria	Colonia Pintados	Tamentica	Huatacondo
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	960	992	1.719	2.294
Radiación Solar Promedio (W/m ²)	247	257	235	283
Radiación Solar Máxima (W/m ²)	1.052	1.288	1.076	1.197

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 3.2.1-41 y Figura 3.2.1-42, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la temperatura en las estaciones asociadas al Área Obras Lineales.

Figura 3.2.1-41. Ciclo Promedio Horario de Radiación Solar – Área Obras Lineales.

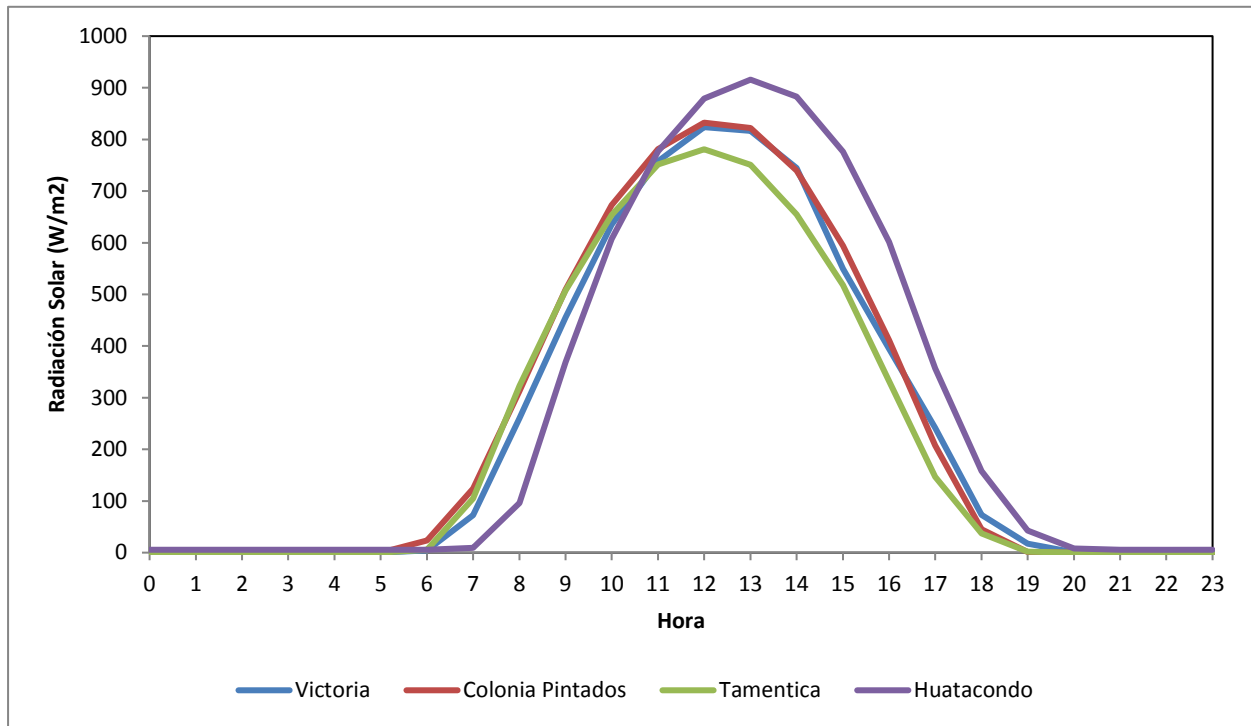
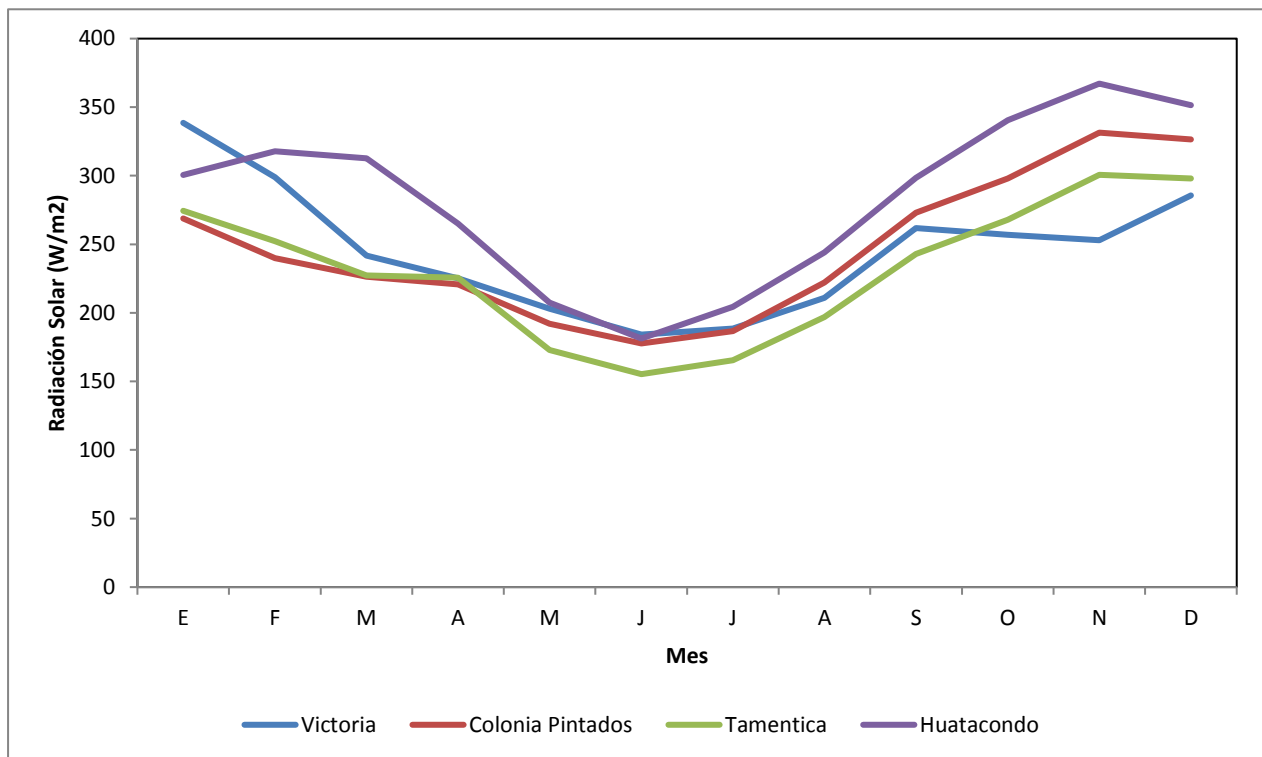


Figura 3.2.1-42. Ciclo Promedio Mensual de Radiación Solar – Área Obras Lineales.



A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- Los valores de radiación solar promedio anual variaron entre los 248 W/m² (Tamentica) y 272 W/m² en (Huatacondo).
- Respecto a los valores máximos, estos variaron entre los 1.076 W/m² (Tamentica) y 1.288 W/m² (Colonia Pintados).
- En lo referente al comportamiento horario, es claro que los mayores valores se registran en horario diurno en todas las estaciones.
- Respecto al comportamiento mensual, los máximos valores de radiación solar se producen en épocas de primavera y verano.

Presión Atmosférica

En la siguiente Tabla 3.2.1-37, se presenta un resumen de los valores asociados a la Presión Atmosférica en cada estación del Área Obras Lineales y ordenados de acuerdo a la altura geográfica de las estaciones.

Se debe hacer notar que la presión atmosférica medida en cada estación, es influenciada por la altura geográfica en la cual se ubica la estación (a mayor altura menor presión) y por lo tanto los valores resultantes varían de acuerdo a esta premisa.

Tabla 3.2.1-37. Resumen de Presión Atmosférica (mbar) - Área Obras Lineales.

Parámetro	Estación			
	Victoria	Colonia Pintados	Tamentica	Huatacondo
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	960	992	1.719	2.294
Presión Atmosférica Promedio (mbar)	906	903	831	775
Presión Atmosférica Máxima (mbar)	913	910	836	780
Presión Atmosférica Mínima (mbar)	899	896	826	771

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 3.2.1-43 y Figura 3.2.1-44, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la temperatura en las estaciones asociadas al Área Obras Lineales.

Figura 3.2.1-43. Ciclo Promedio Horario de Presión Atmosférica – Área Obras Lineales.

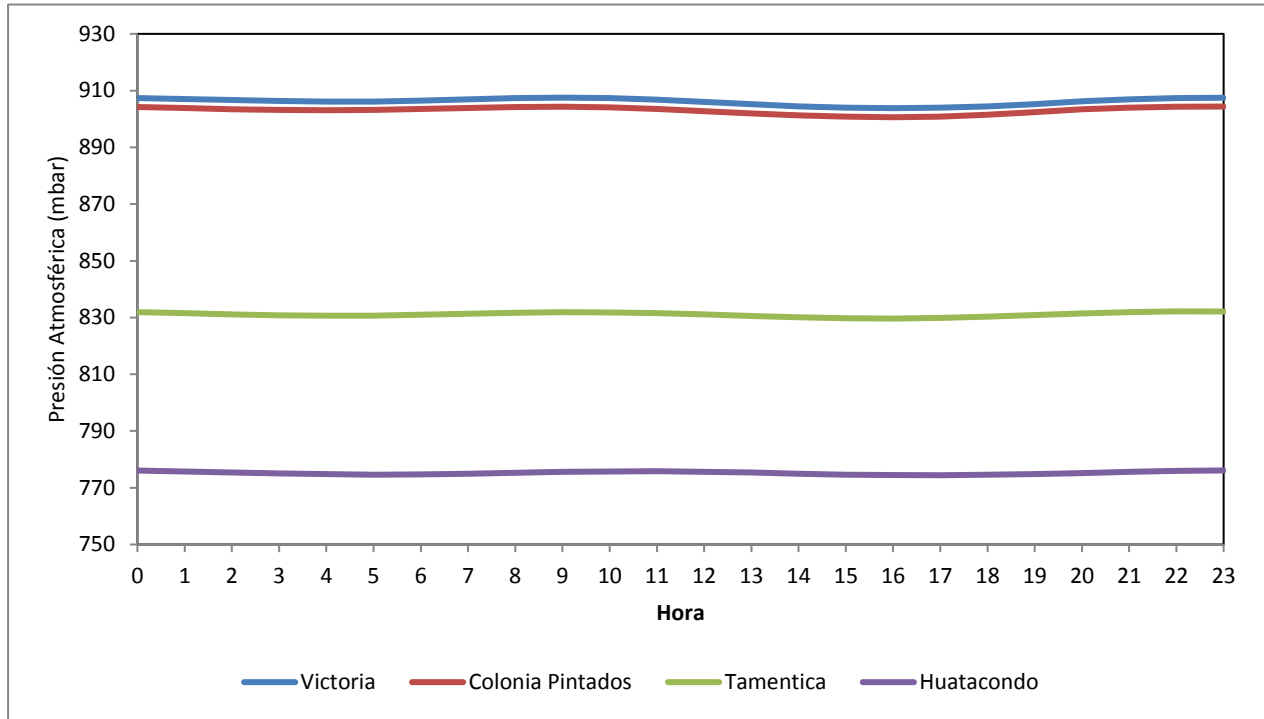
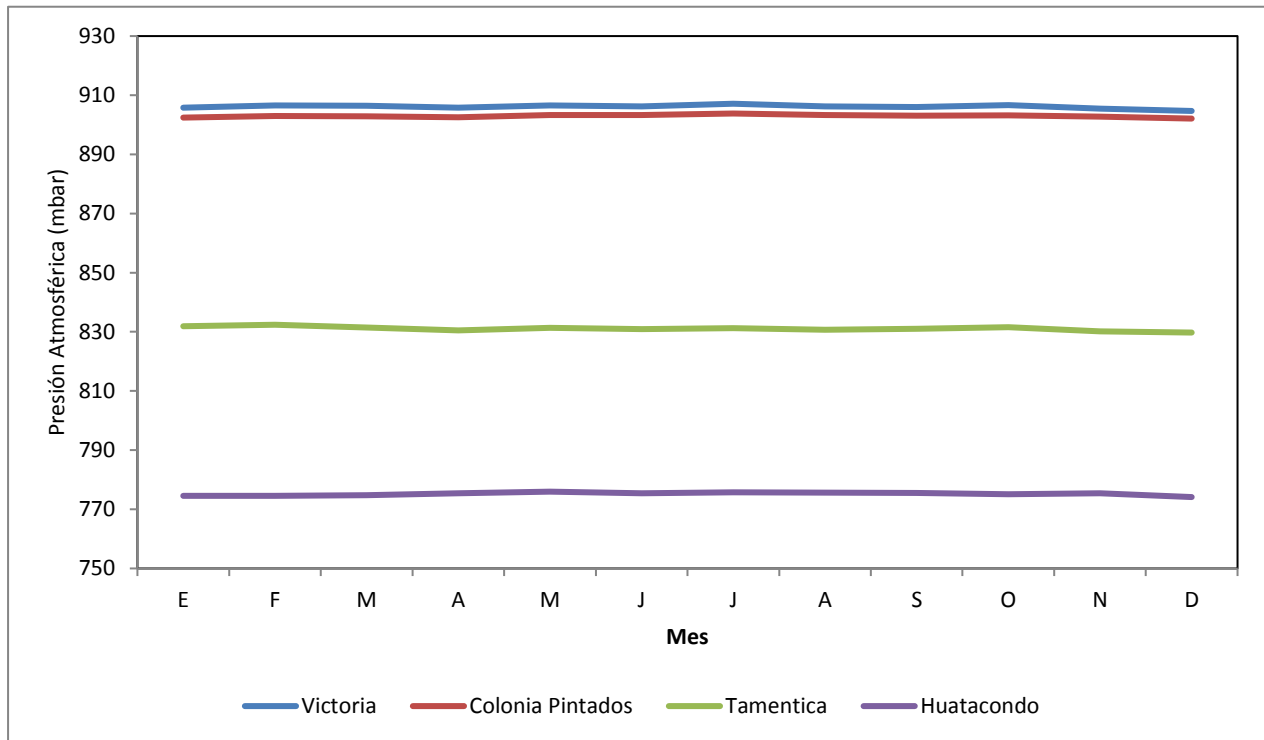


Figura 3.2.1-44. Ciclo Promedio Mensual de Presión Atmosférica – Área Obras Lineales.



A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- Los valores obtenidos están en directa relación a la altura geográfica de cada estación y es así que la estación Huatacondo ubicada a una altura de 2.309 m.s.n.m. presenta un valor promedio anual de 775 mbar, mientras que la estación Victoria ubicada a una altura de 960 m.s.n.m. presenta un valor promedio anual de 906 mbar.
- Todas las estaciones presentan un comportamiento similar en esta variable en el tiempo, en términos horarios y mensuales.

Precipitación

En función a la información disponible de esta variable, en aquellas estaciones que cuentan con este tipo de medición, en la siguiente Tabla 3.2.1-38 se presenta un resumen de los valores asociados a la Precipitación del Área Obras Lineales por estación, mes y año.

Para el presente análisis, se agregaron las estaciones de Coposa (DGA) y Guatacondo (DGA) por encontrarse ambas dentro del Área Obras Lineales.

Tabla 3.2.1-38. Resumen de Precipitación (mm) - Área Obras Lineales.

Estación	Altura Geográfica (msnm)	Año	mm Agua												Prec. Mensual Prom.	Max/Min	Acum. Anual	
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic				
Victoria	960	2015	S/D	S/D	S/D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0/0	0,0
		2016	0,0	0,0	0,0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D			
Colonia Pintados	993	2014	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	5,3/0,2	5,3
		2015	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
		2016	0,0	0,0	0,0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D			
Tamentica	1.720	2015	S/D	S/D	S/D	S/D	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	74,5/0	74,9	
		2016	0,0	74,5	0,0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D				
Huatacondo	2.309	2013	S/D	S/D	S/D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0/0	0,0	
		2014	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	S/D	S/D	S/D				
Guatacondo (DGA)	2.460	---	8,4	6,7	2,8	0,1	0,1	0,2	1,3	0,9	0,1	0,0	0,0	2,1	1,9	8,4/0	22,7	
Coposa (DGA)	3.760	---	27,0	27,5	10,9	1,3	1,0	2,0	2,3	0,3	0,4	0,2	0,6	4,6	6,5	27,5/0	78,2	
Promedio mes			5,1	15,5	2,7	0,2	0,2	0,3	0,5	0,2	0,1	0,0	0,1	1,0				

S/D = Sin Datos

Nota: Por efectos de redondeo numérico, la suma de los valores mensuales puede no coincidir con el total anual.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de estos resultados y para el caso de las estaciones pertenecientes a CMTQB es posible establecer que no se registran precipitaciones de importancia en ninguna de las estaciones, salvo las registradas en estación Tamentica en Febrero de 2016, como producto de la influencia del invierno altiplánico. Sin embargo para las estaciones de la DGA y considerando que estas reflejan el comportamiento de un período mayor de años, se registran precipitaciones para la estación Guatacondo para la época de Invierno Altiplánico principalmente, mientras que la estación Coposa por encontrarse ubicada a gran altura, presenta un mayor nivel de precipitaciones asociadas a la presencia del Invierno Altiplánico.

Evaporación

En función a la información disponible de esta variable, en aquellas estaciones que cuentan con este tipo de medición, en la siguiente Tabla 3.2.1-39, se presenta un resumen de los valores asociados a los niveles de Evaporación para los meses y estaciones disponibles.

Tabla 3.2.1-39. Resumen de Evaporación (mm Agua) - Área Obras Lineales.

Estación	Altura Geográfica (msnm)	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Evap Mensual Prom.	Max/Min	Anual
			mm Agua														
Victoria	960	2015	S/D	S/D	S/D	S/D	149,1	126,2	133,4	181,4	240,5	267,3	285,1	278,3	220	285/126	2420
		2016	270,7	248,3	241,7	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D			
Colonia Pintados	993	2014	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	144,5	196,1	231,7	259,1	249,9	230,4	-	-	-
		2015	219,7	213,0	211,1	181,6	149,1	123,4	124,7	166,3	220,7	260,4	244,9	291,0	200	291/123	2406
		2016	285,7	241,4	246,2	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	-	-	-
Tamentica	1.720	2015	S/D	S/D	S/D	S/D	184,2	232,7	272,7	299,6	303,5	300,7	346,0	361,4	287	361/232	3157
		2016	319,8	247,3	284,2	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D			
Promedio (mm Agua)			274	237,5	245,8	181,6	160,8	160,8	168,8	210,9	249,1	271,9	281,5	290,3			

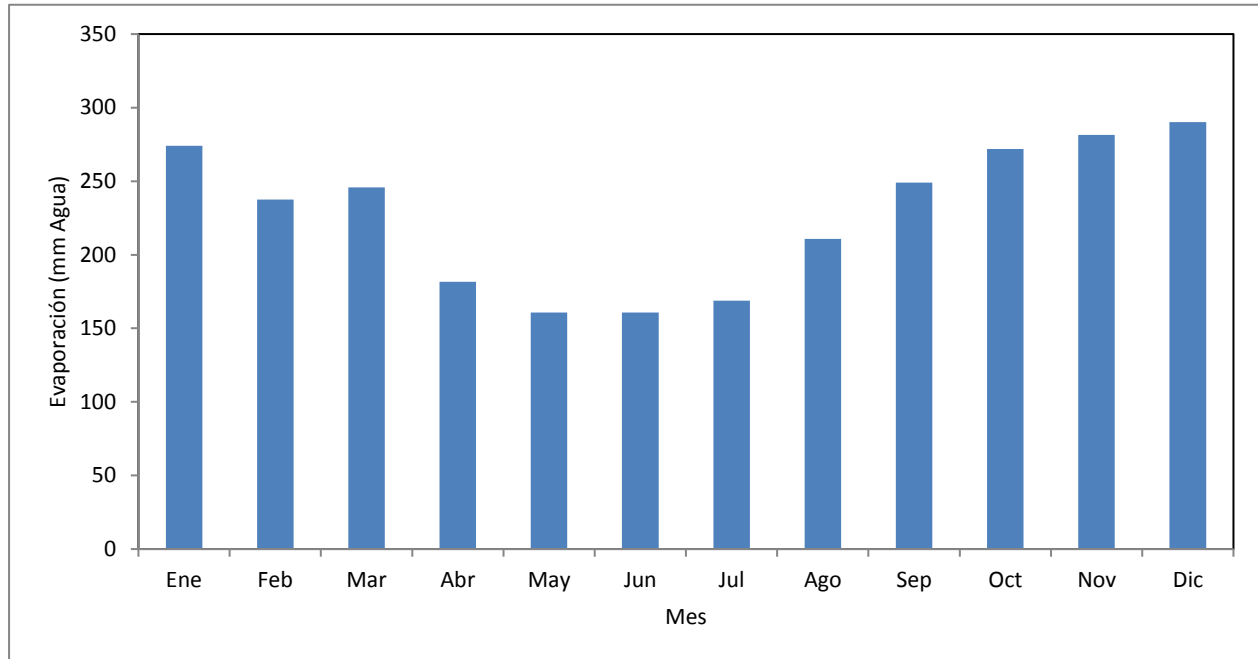
S/D = Sin Datos

(-) sin información suficiente para realizar cálculos.

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 3.2.1-45, se presenta el comportamiento promedio mensual de evaporación en función a la información disponible.

Figura 3.2.1-45. Ciclo Promedio Mensual Evaporación – Área Obras Lineales.



A partir de estos resultados, es posible establecer el siguiente análisis:

- Los máximos niveles de evaporación se registran para la época de primavera y verano, con niveles de evaporación promedio que superan los 290 mm Agua.
- Los menores niveles de evaporación se registran en época de invierno con niveles de evaporación promedio que no superan los 161 mm Agua.

b.3) Área Pampa

El área definida como Área Pampa contempla el análisis de los registros meteorológicos de una estación ubicada en la parte sur del área de Obras Lineales y a una altura de 2.061 m.s.n.m. (Choja Sur Oriente).

Velocidad del Viento

En la siguiente Tabla 3.2.1-40, se presenta un resumen de los valores asociados a la velocidad del viento en la estación del Área Pampa.

Tabla 3.2.1-40. Resumen de Velocidad del Viento (m/s) - Área Pampa.

Parámetro	Estación
	Choja Sur Oriente
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	2.061
Velocidad Promedio (m/s)	2,9
Velocidad Máxima (m/s)	11,6
Velocidad Mínima (m/s)	0,0

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.2.1-46 y Figura 3.2.1-47, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la velocidad del viento en las estaciones asociadas al Área Pampa.

Figura 3.2.1-46. Ciclo Promedio Horario de Velocidad del Viento – Área Pampa.

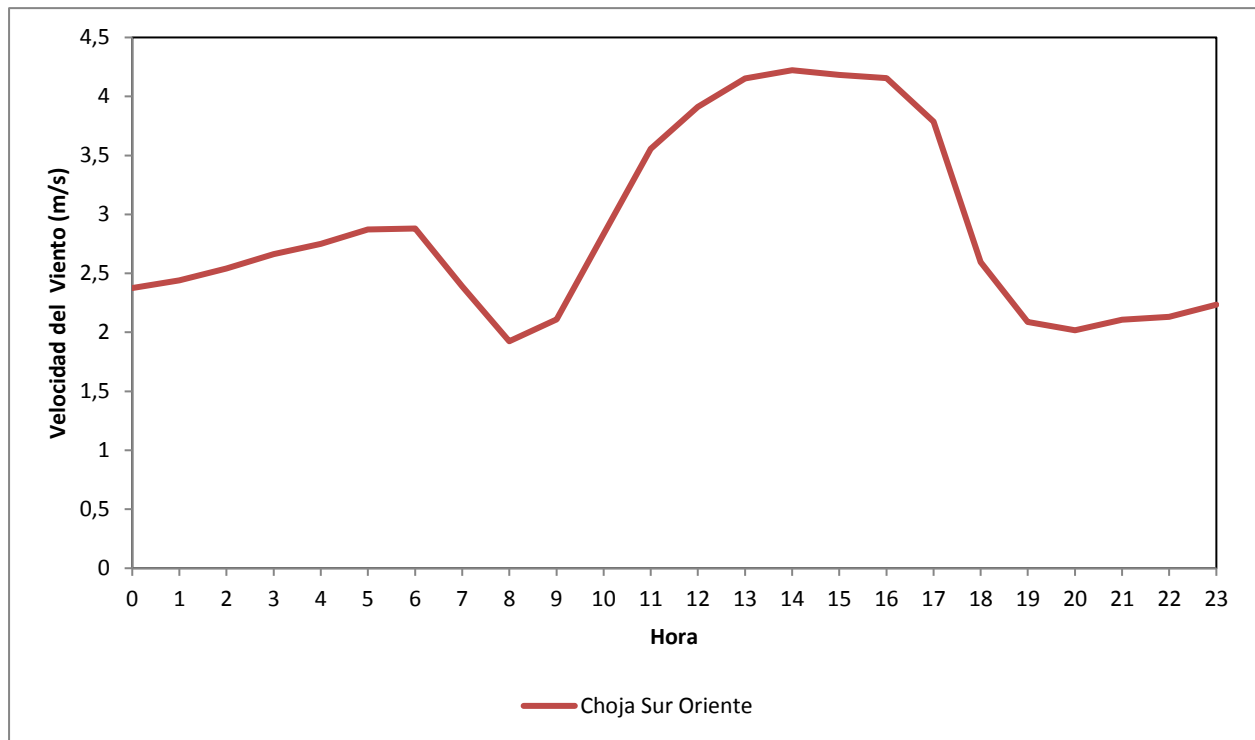
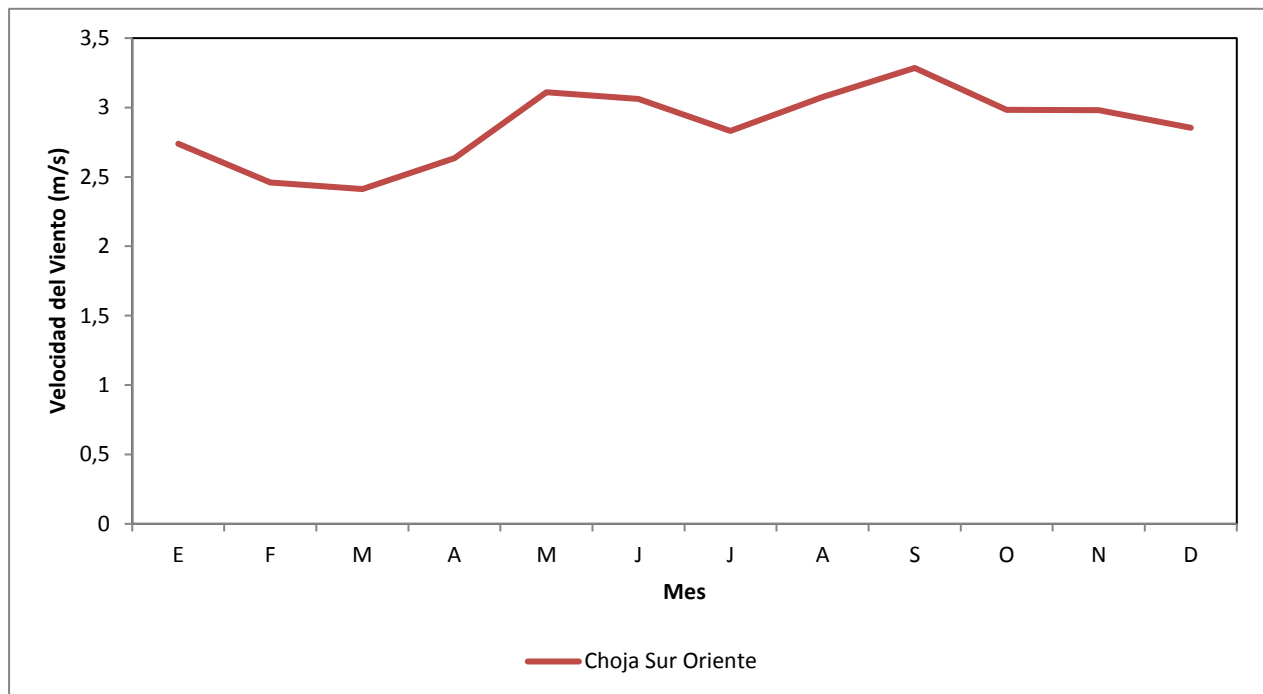


Figura 3.2.1-47. Ciclo Promedio Mensual de Velocidad del Viento – Área Pampa.

A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- La velocidad promedio en la estación Choja Sur Oriente fue de 2,9 m/s.
- La máxima velocidad registrada en la estación es de 11,6 m/s.
- El comportamiento horario promedio, muestra comportamiento con dos períodos de mayor intensidad de la velocidad del viento. El primero entre las 04:00 a 06:00 horas, pero de menor intensidad al que se registra entre las 11:00 a 18:00 horas.
- Respecto al comportamiento mensual, la estación Choja Sur Oriente presenta niveles de vientos más intensos durante las épocas más frías del año.

Dirección del Viento

En la Figura 3.2.1-48 se presentan las Rosas de los Vientos resultante de la estación asociada al Área Pampa y en donde se da cuenta del comportamiento global de la procedencia de las direcciones de los vientos en la estación, así como de los rangos de velocidades de vientos asociados a cada dirección y en Figura 3.2.1-52 se presentan los ciclos horarios de la dirección del viento, en donde se da cuenta del comportamiento global de la procedencia de los vientos durante el día y en donde el espectro de las direcciones se ha dividido en cuatro cuadrantes para facilitar la comprensión de los resultados.

Figura 3.2.1-48. Rosas de los Vientos – Área Pampa.

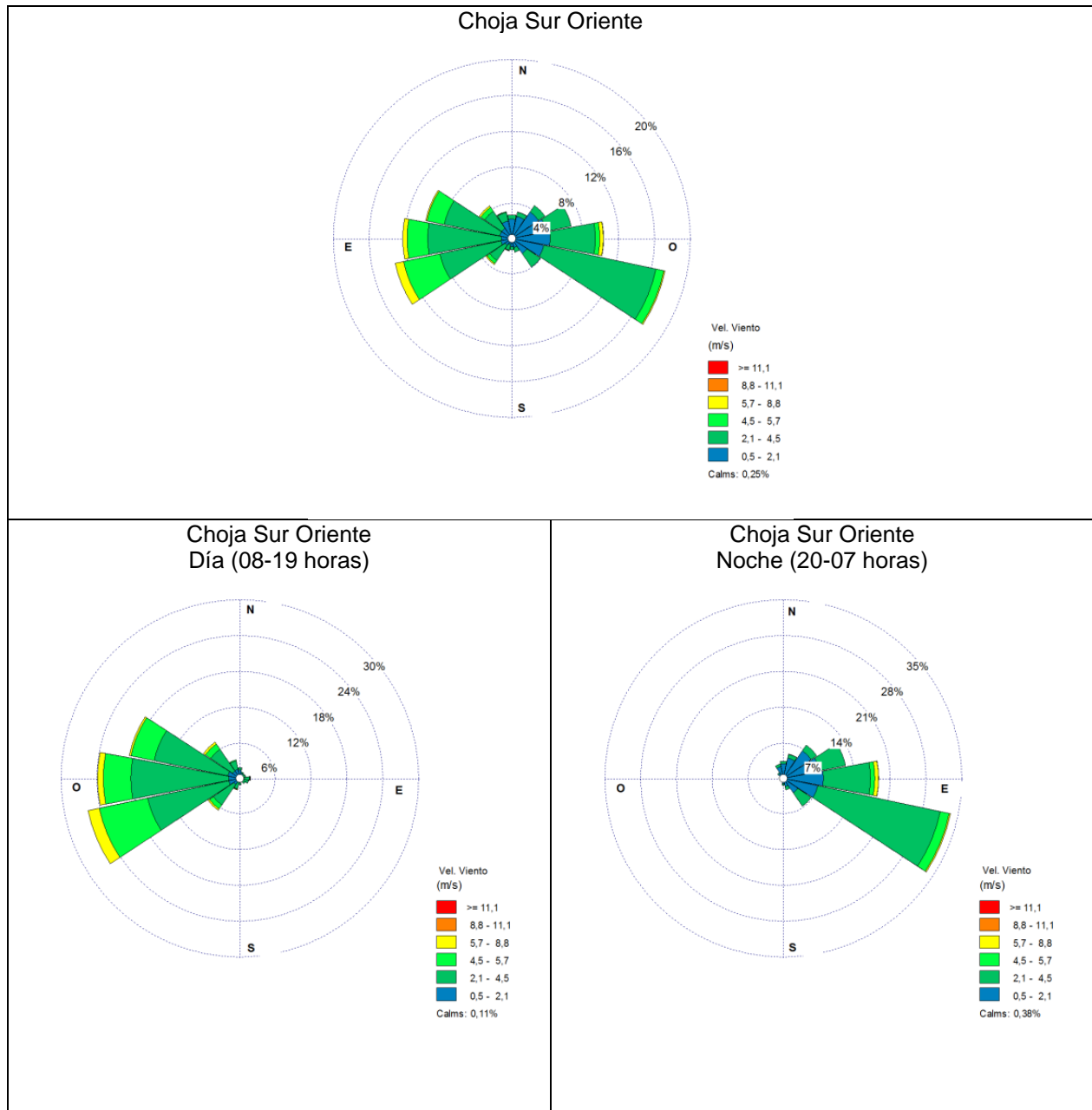
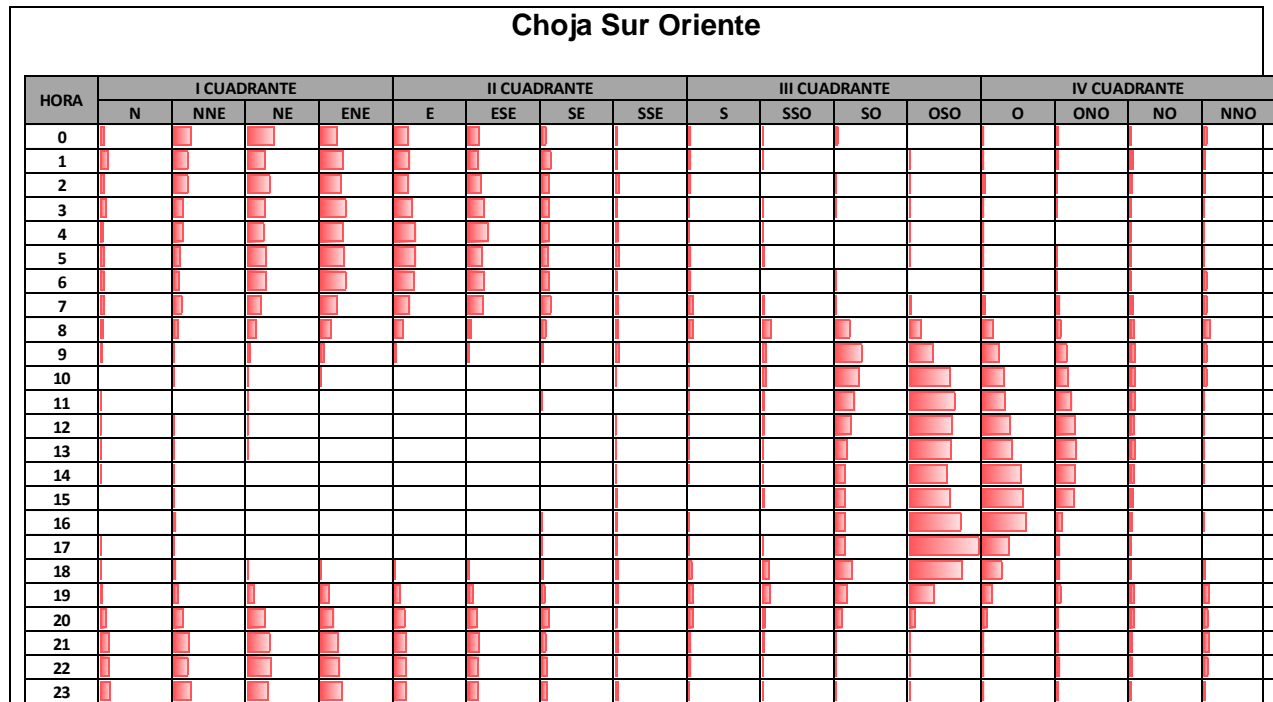


Figura 3.2.1-49. Ciclos Horarios de Dirección del Viento – Área Pampa.



A partir de los resultados, es posible establecer lo siguiente:

- A partir de las Rosas de los Vientos se observa que los vientos proceden principalmente del II cuadrante (E-S) y en donde las velocidades de los vientos superan ocasionalmente 5,7 m/s. En segundo lugar, aunque con menor frecuencia, se observa presencia de vientos procedentes entre el cuadrante III (S-O) y cuadrante IV (O-N) y en donde las velocidades de los vientos no superan los 8,8 m/s.
- En cuanto a los ciclos horarios, durante el día los vientos proceden principalmente del III cuadrante (S-O) y en menor grado del IV cuadrante (O-N), mientras que en la noche se presentan vientos procedentes principalmente del II cuadrante (E-S) y en menor grado del cuadrante (N-E).

Temperatura Ambiental

En la siguiente Tabla 3.2.1-41, se presenta un resumen de los valores asociados a la temperatura ambiental en la estación del Área Pampa.

Tabla 3.2.1-41. Resumen de Temperatura (°C) – Área Pampa.

Parámetro	Estación
	Choja Sur Oriente
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	2.061
Temperatura Promedio (°C)	17,8
Temperatura Máxima (°C)	28,3
Temperatura Mínima (°C)	3,6

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 3.2.1-50 y Figura 3.2.1-51, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la temperatura en la estación de Choja Sur Oriente que está asociada al Área Pampa.

Figura 3.2.1-50. Ciclo Promedio Horario de Temperatura – Área Pampa.

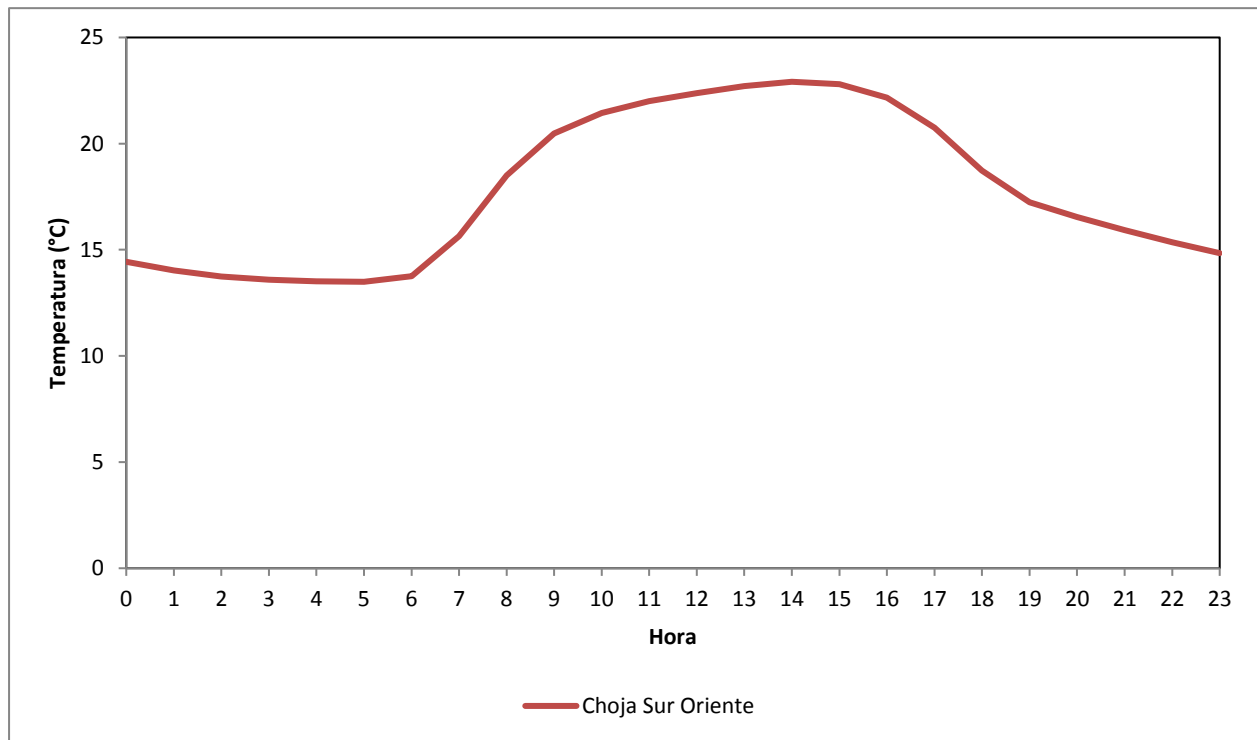
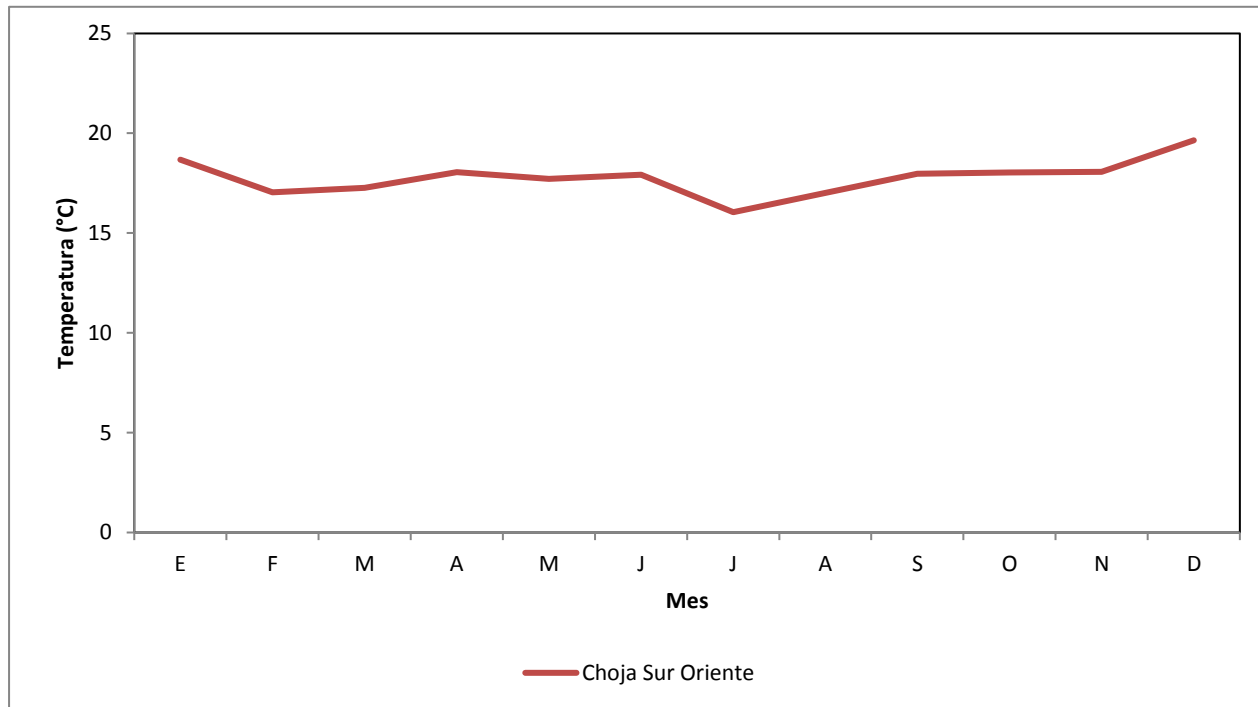


Figura 3.2.1-51. Ciclo Promedio Mensual de Temperatura – Área Pampa.

A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- El valor promedio de temperatura registrado en la estación Choja Sur Oriente (2.061 m.s.n.m.) es de 17,8 °C.
- La temperatura máxima y mínima registrada en esta estación fueron de 28,3 °C y 3,6 °C respectivamente.
- En lo referente al comportamiento horario, es claro que las mayores temperaturas se registran en horario diurno en la estación.
- Respecto al comportamiento mensual, se observa una baja variación de la temperatura durante el año.

Humedad Relativa

En la siguiente Tabla, se presenta un resumen de los valores asociados a la humedad relativa en cada estación del Área Pampa y ordenados de acuerdo a la altura geográfica de estaciones.

Tabla 3.2.1-42. Resumen de Humedad Relativa (%) - Área Pampa.

Parámetro	Estación
	Choja Sur Oriente
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	2.061
Humedad Promedio (%)	27,0
Humedad Máxima (%)	100,0
Humedad Mínima (%)	1,0

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 3.2.1-52 y Figura 3.2.1-53, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la humedad en las estaciones asociadas al Área Pampa.

Figura 3.2.1-52. Ciclo Promedio Horario de Humedad – Área Pampa.

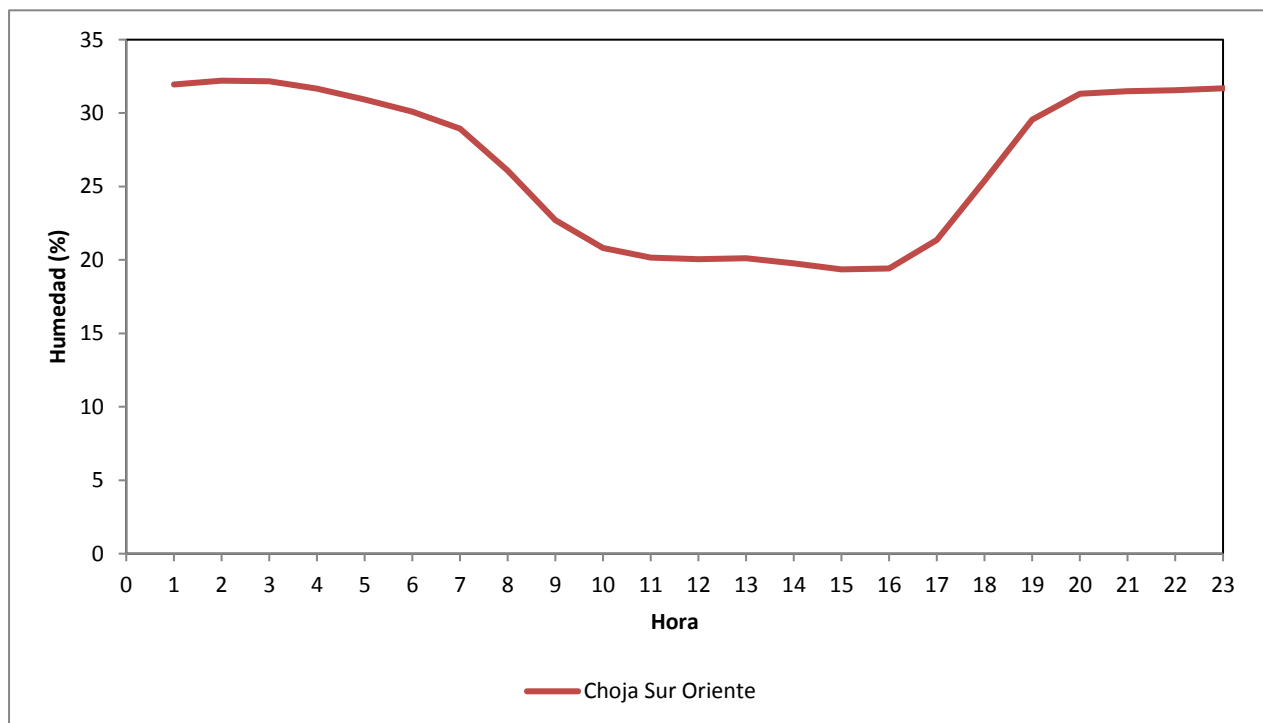
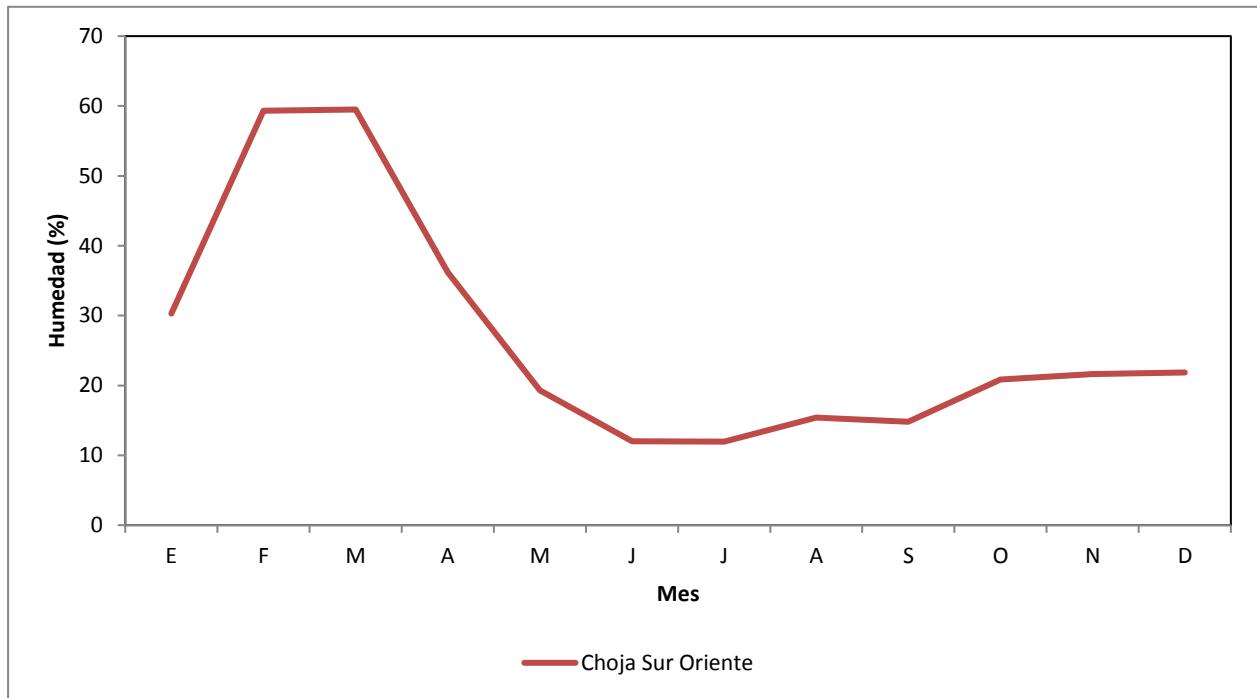


Figura 3.2.1-53. Ciclo Promedio Mensual de Humedad – Área Pampa.



A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- En la estación se presenta un valor promedio de 27,0%,
- Respecto a la humedad máxima y mínima, sus valores fueron de 100% y 1% respetivamente.
- En lo referente al comportamiento horario, las menores humedades se registran en horario diurno en la estación.
- Respecto al comportamiento mensual, las mayores humedades se observan durante los meses de verano, con valores que superan el 50%.

Radiación Solar

En la siguiente Tabla 3.2.1-43, se presenta un resumen de los valores asociados a la radiación solar en la estación de Choja Sur Oriente.

Tabla 3.2.1-43. Resumen de Radiación Solar (W/m²) - Área Pampa.

Parámetro	Estación
	Choja Sur Oriente
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	2.061
Radiación Solar Promedio (W/m ²)	272
Radiación Solar Máxima (W/m ²)	1.140

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 3.2.1-54 y Figura 3.2.1-55, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la temperatura en la estación asociada al Área Pampa.

Figura 3.2.1-54. Ciclo Promedio Horario de Radiación Solar – Área Pampa.

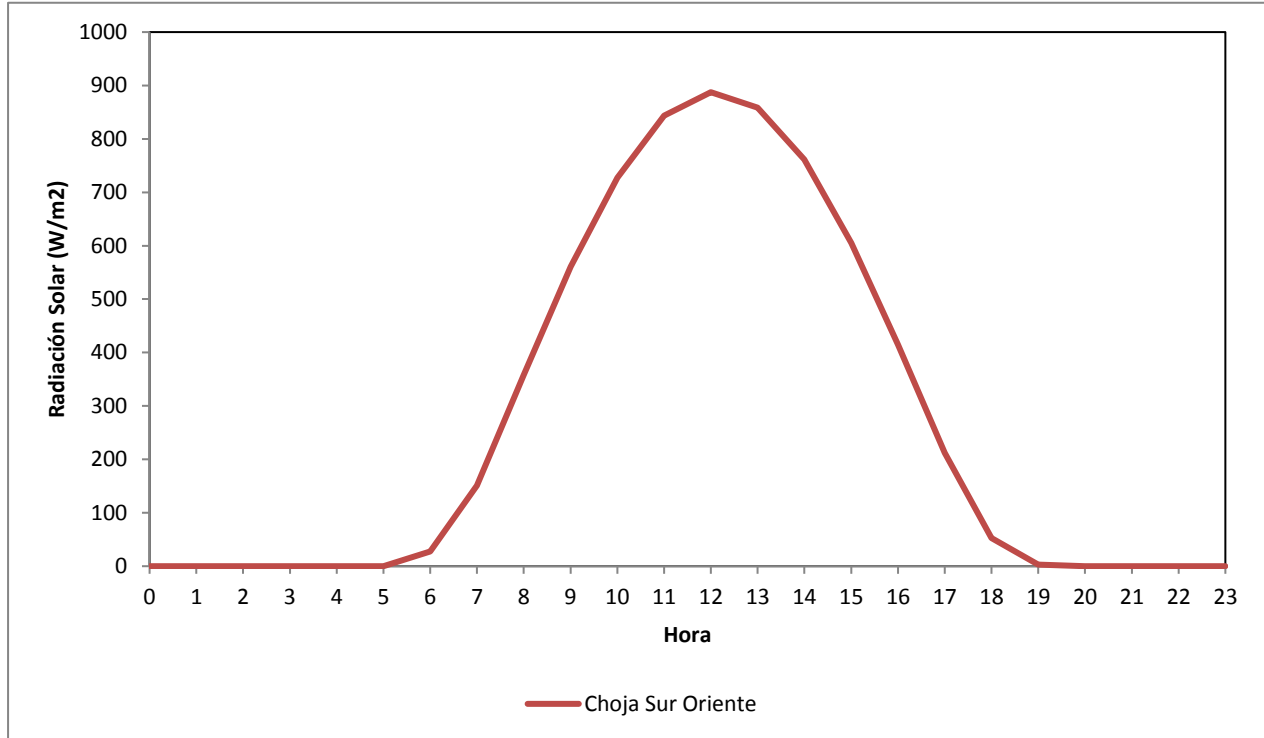
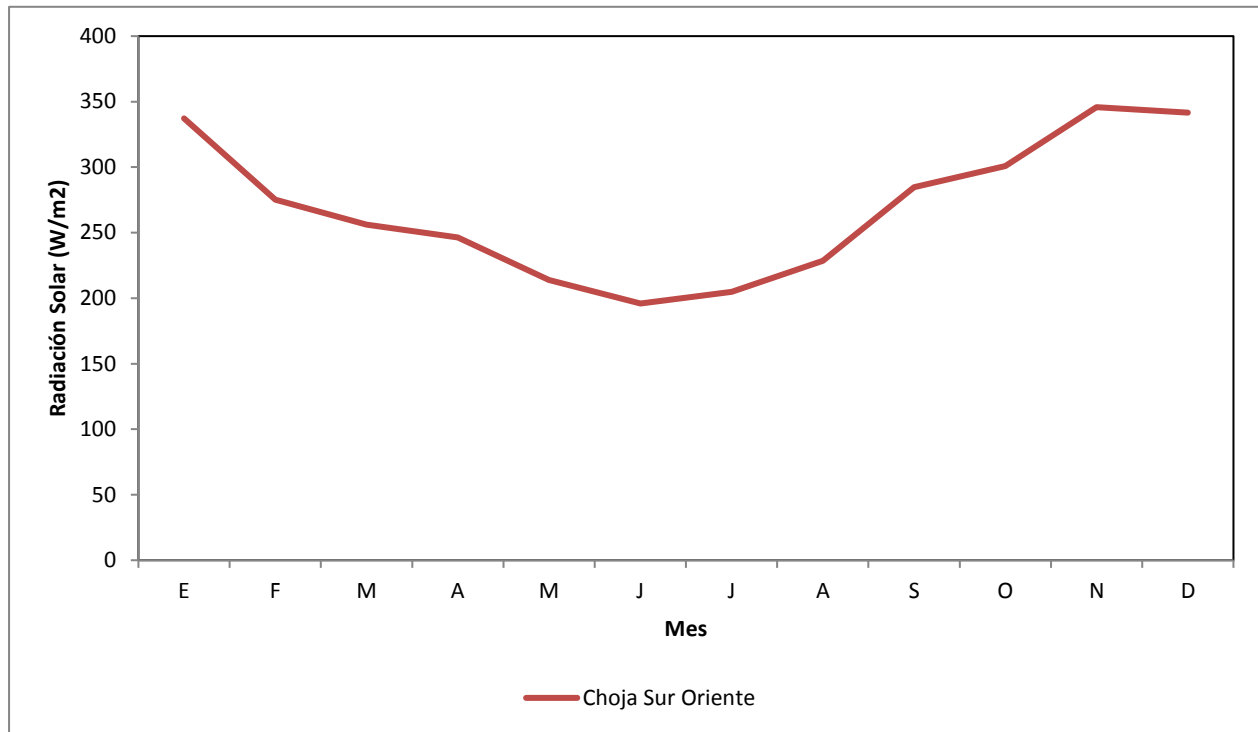


Figura 3.2.1-55. Ciclo Promedio Mensual de Radiación Solar – Área Pampa.

A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- El promedio de radiación solar es de 272 W/m² y el máximo valor registrado fue de 1.140 W/m².
- En lo referente al comportamiento horario, se observa que los máximos valores de radiación se registran 09:00 a 16:00 horas y respondiendo a un comportamiento del tipo Campana de Gauss.
- Respecto al comportamiento mensual, los máximos valores de radiación solar se producen en épocas de primavera y verano.

Presión Atmosférica

En la siguiente Tabla 3.2.1-44, se presenta un resumen de los valores asociados a la Presión Atmosférica en la estación Choja Sur Oriente del Área Pampa.

Tabla 3.2.1-44. Resumen de Presión Atmosférica (mbar) - Área Pampa.

Parámetro	Estación
	Choja Sur Oriente
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	2.061
Presión Atmosférica Promedio (mbar)	797
Presión Atmosférica Máxima (mbar)	802
Presión Atmosférica Mínima (mbar)	793

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 3.2.1-56 y Figura 3.2.1-57, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la presión atmosférica en la estación asociada al Área Pampa.

Figura 3.2.1-56. Ciclo Promedio Horario de Presión Atmosférica – Área Pampa.

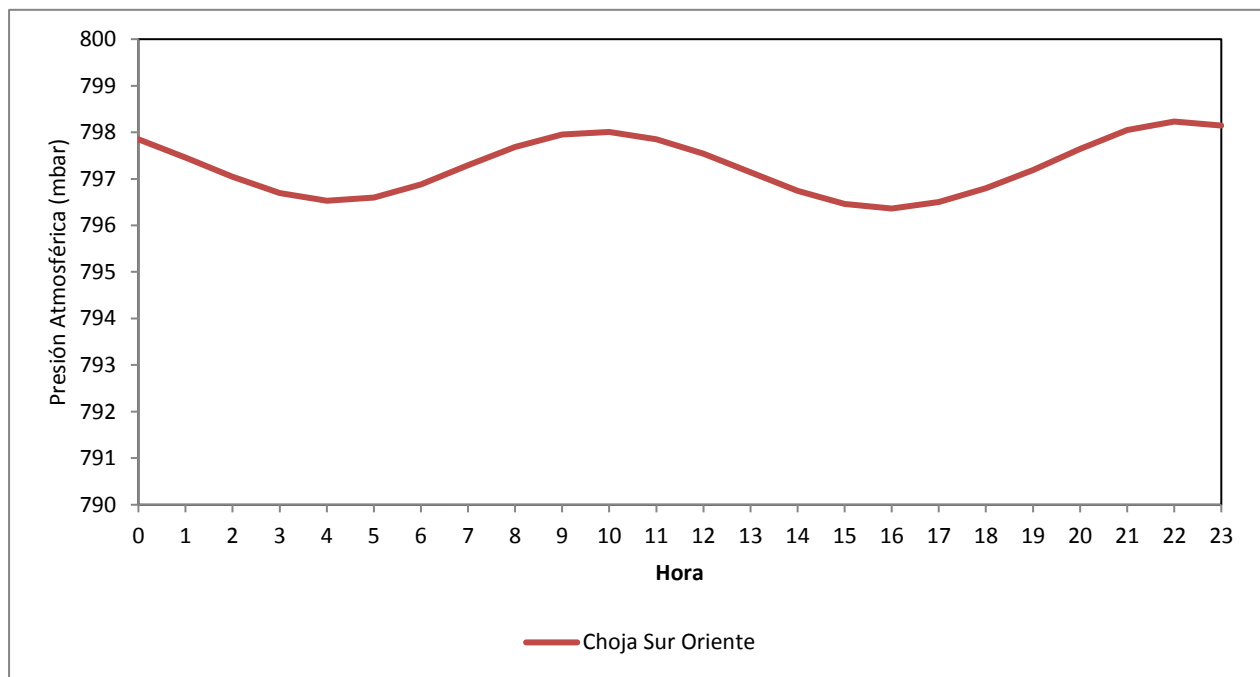
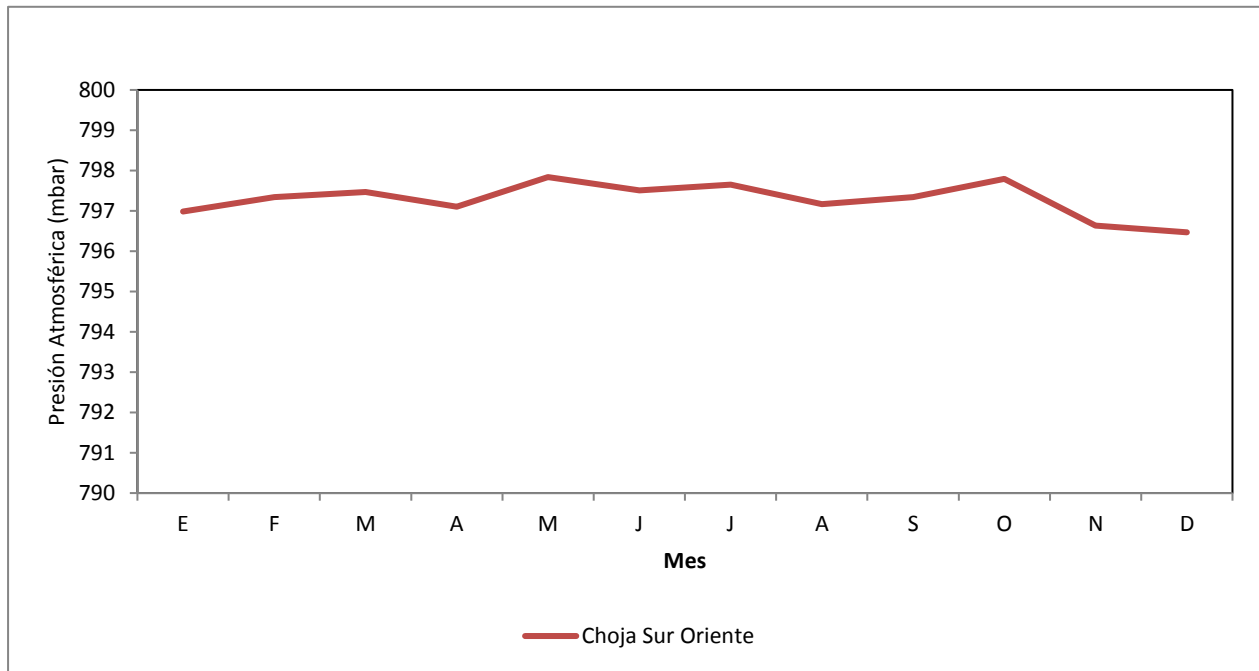


Figura 3.2.1-57. Ciclo Promedio Mensual de Presión Atmosférica – Área Pampa.



A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- La estación Choja Sur Oriente ubicada a una altura de 2.061 m.s.n.m. presenta un valor promedio de 797 mbar y con valores máximo y mínimo de 802 mbar y 793 mbar respectivamente.

Precipitación

En función a la información disponible de esta variable en la estación de Choja Sur Oriente, en la siguiente Tabla 3.2.1-45 se presenta un resumen de los valores asociados a la Precipitación en el Área Pampa por estación, mes y año.

Tabla 3.2.1-45. Resumen de Precipitación (mm) - Área Pampa.

Estación	Altura Geográfica (msnm)	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prec Mens Prom	Max/Min	Acum Anual
Choja Sur Oriente	2.061	2015	S/D	S/D	S/D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4/0	0,4
		2016	0,0	0,0	0,0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D			

Fuente: Elaboración propia.

S/D = Sin Datos

A partir de estos resultados, es posible establecer que no se registran precipitaciones de importancia en el Área Pampa.

Evaporación

En la siguiente Tabla 3.2.1-46 se presenta un resumen de los valores asociados a los niveles de Evaporación para las estaciones de Choja Sur Oriente.

Tabla 3.2.1-46. Resumen de Evaporación (mm Agua) - Área Pampa.

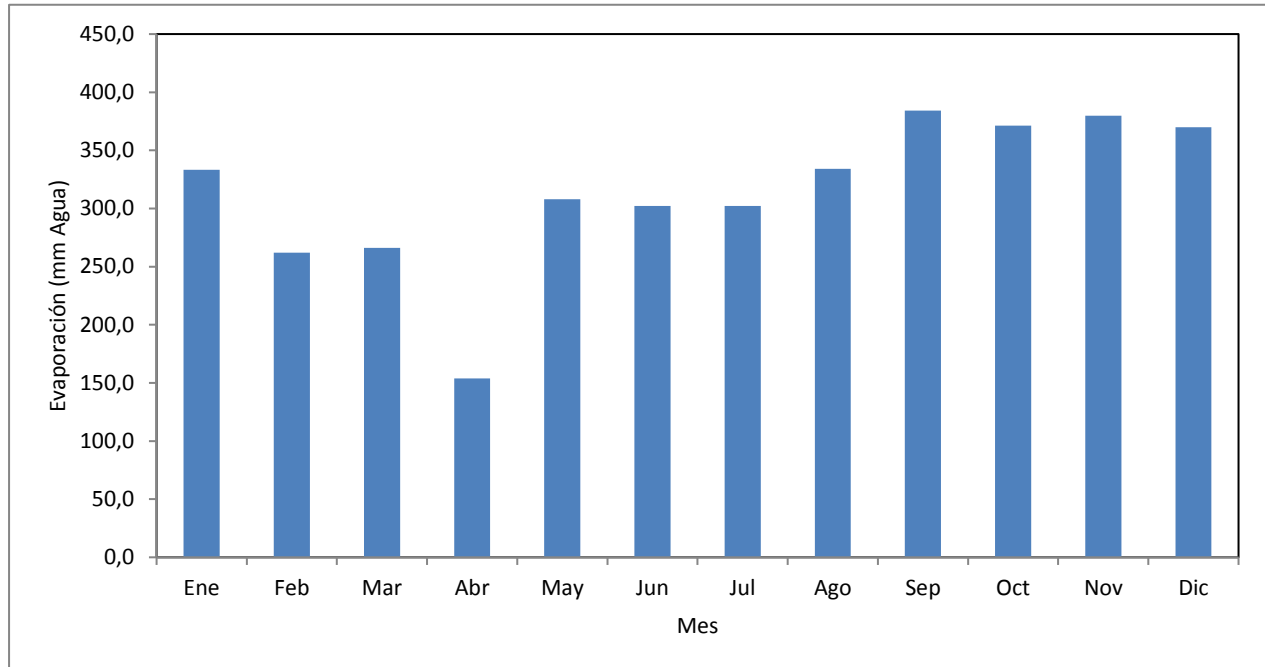
Estación	Altura Geográfica (msnm)	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prec Mens Prom	Max/Min	Acum Anual
Choja Sur Oriente	2.057	2015	S/D	S/D	S/D	153,8	308,0	302,1	302,2	334,0	384,3	371,3	379,8	370,0	313,9	384/153	4487
		2016	333,3	262,1	266,1	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D			
Promedio (mm Agua)			333,3	262,1	266,1	153,8	308,0	302,1	302,2	334,0	384,3	371,3	379,8	370,0			

S/D = Sin Datos

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 3.2.1-58, se presenta el comportamiento promedio mensual de evaporación en función a la información disponible.

Figura 3.2.1-58. Ciclo Promedio Mensual Evaporación – Área Pampa.



A partir de estos resultados, es posible establecer el siguiente análisis:

- Los máximos niveles de evaporación se registran para la época de primavera principalmente, con niveles de evaporación promedio que superan los 350 mm Agua.
- Los menores niveles de evaporación se registran en época de invierno con niveles de evaporación promedio que no superan los 300 mm Agua.

b.4) Área Puerto

El área definida como Área Puerto contempla el análisis de los registros meteorológicos de dos estaciones ubicadas en el sector costero del proyecto y a alturas geográficas que no superan los 12 m.s.n.m.

Velocidad del Viento

En la siguiente Tabla 3.2.1-47, se presenta un resumen de los valores asociados a la velocidad del viento en cada estación del Área Puerto.

Tabla 3.2.1-47. Resumen de Velocidad del Viento (m/s) - Área Puerto.

Parámetro	Estación	
	Chanavayita	Cáñamo
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	4	12
Velocidad Promedio (m/s)	3,7	3,6
Velocidad Máxima (m/s)	15,5	17,1
Velocidad Mínima (m/s)	0,3	0,0

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 3.2.1-59 y Figura 3.2.1-60, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la velocidad del viento en las estaciones asociadas al Área Puerto.

Figura 3.2.1-59. Ciclo Promedio Horario de Velocidad del Viento – Área Puerto.

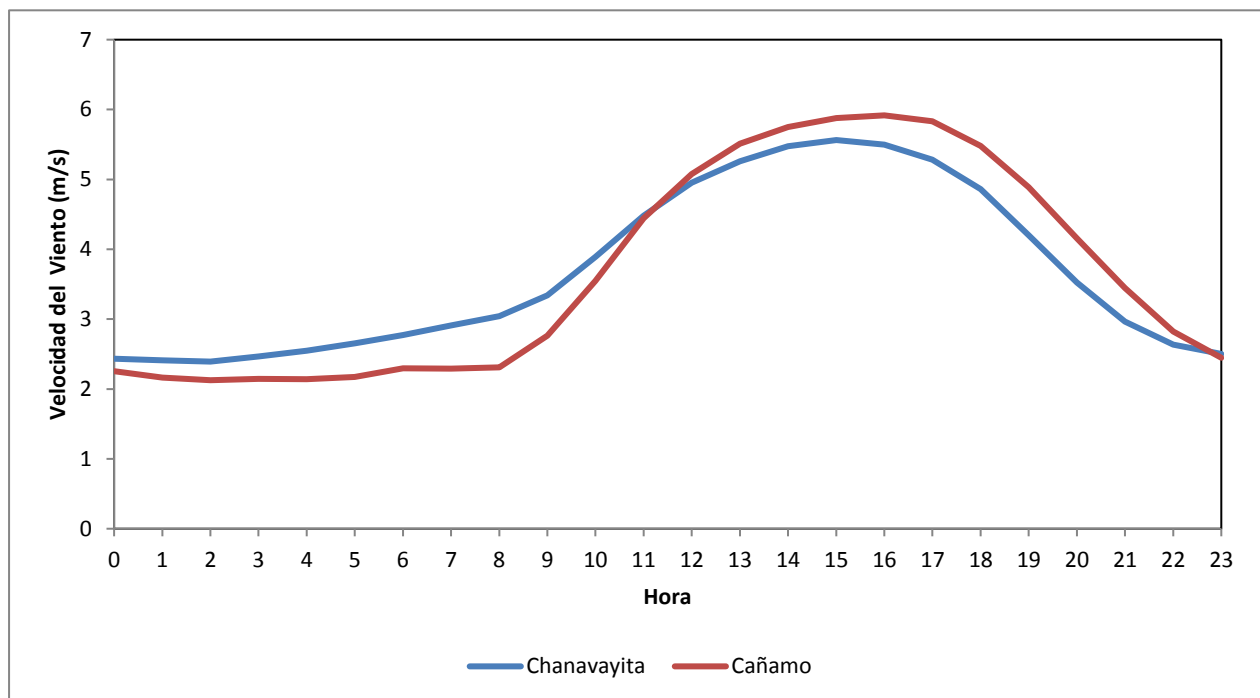
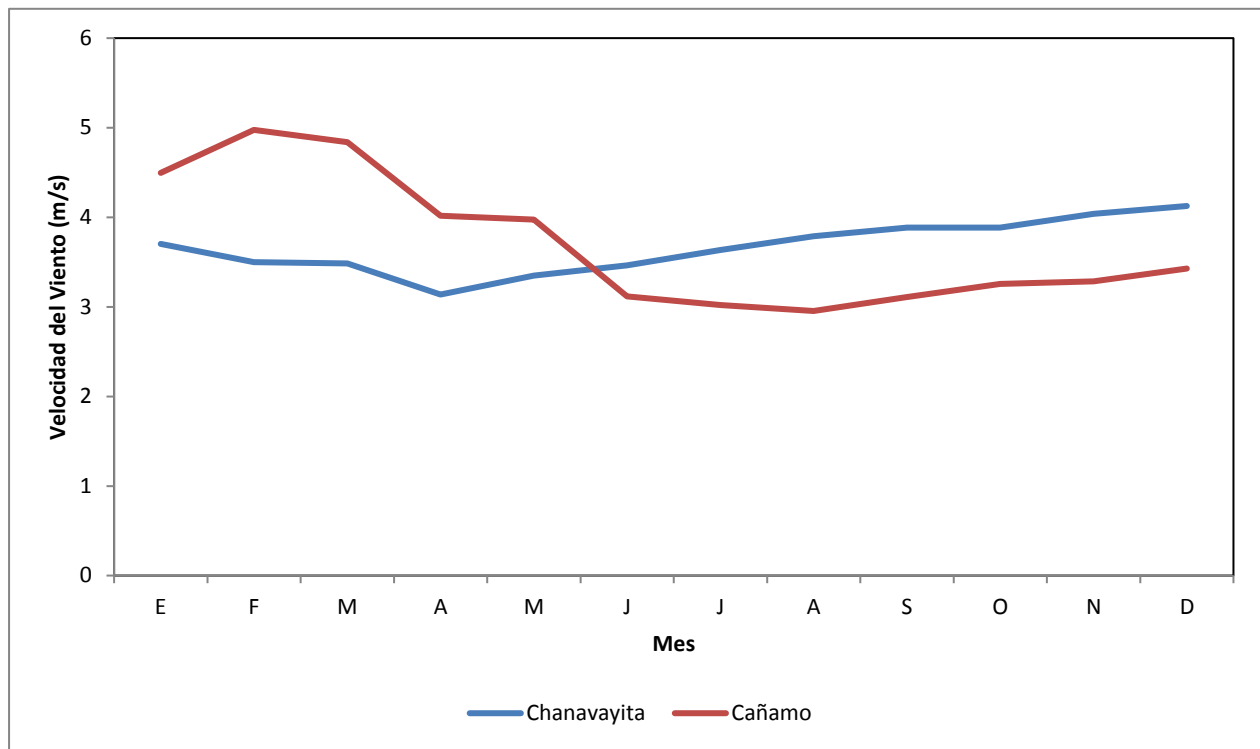


Figura 3.2.1-60. Ciclo Promedio Mensual de Velocidad del Viento – Área Puerto.



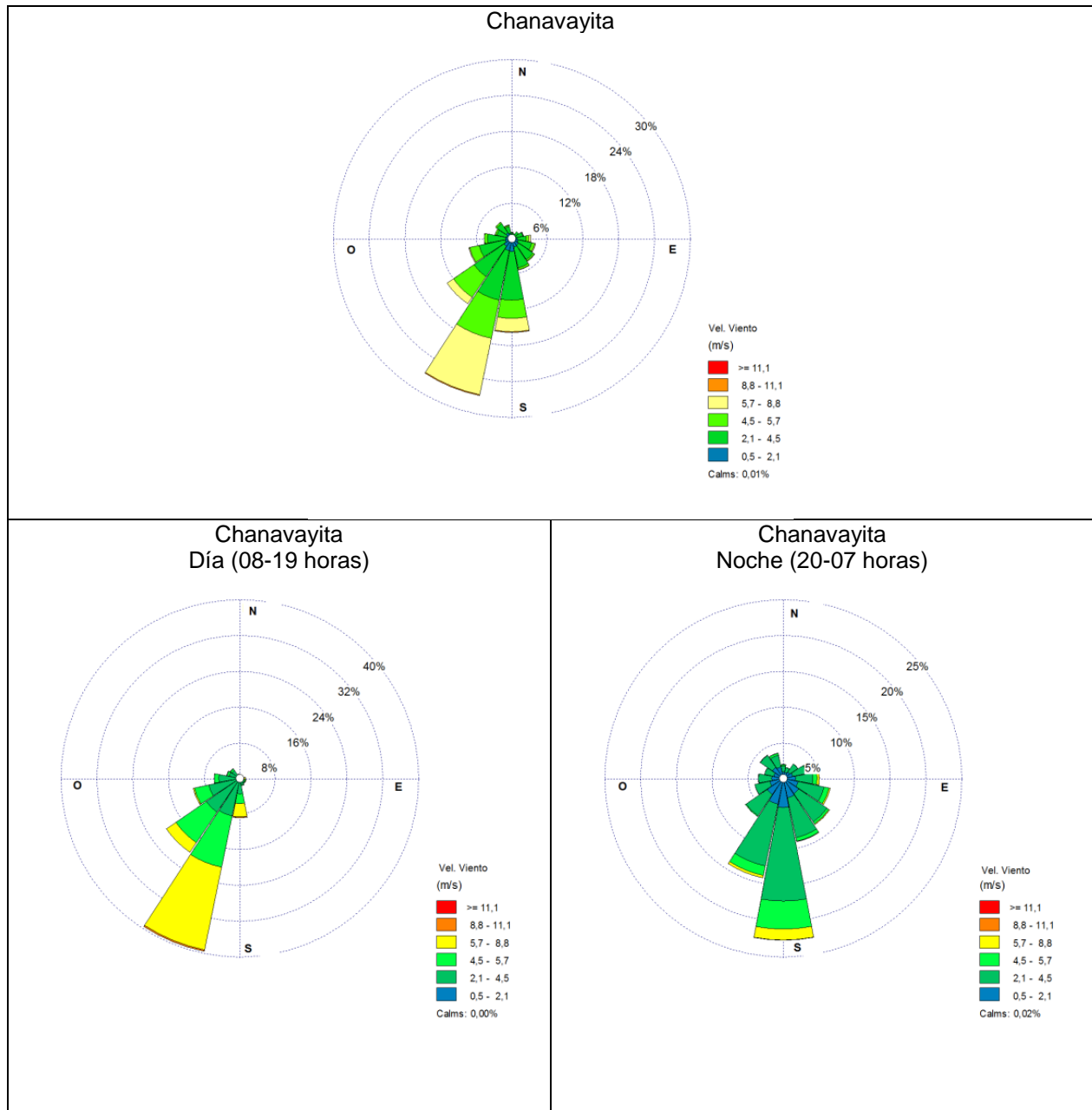
A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- La velocidad promedio en ambas estaciones es similar y con una mínima variación entre una y otra de solo un 1,0 m/s.
- Las máximas velocidades se encuentran entre los 15,5 m/s (Chanavayita) y los 17,1 m/s (Cañamo).
- El comportamiento horario promedio, es similar en ambas estaciones durante todo el día.
- Respecto al comportamiento mensual, la estación Cañamo presenta una disminución de las velocidades para los meses más fríos, mientras que en la estación de Chanavayita presenta un comportamiento de aumento paulatino de las velocidades de los vientos a partir del mes Abril hasta Diciembre, mientras que para el período Enero a Abril se observa una disminución paulatina de la intensidad de esta variable.

Dirección del Viento

En la Figura 3.2.1-61 se presentan las Rosas de los Vientos resultantes de las estaciones asociadas al Área Puerto y en donde se da cuenta del comportamiento global de la procedencia de las direcciones de los vientos en cada estación, así como de los rangos de velocidades de vientos asociados a cada dirección y en la Figura 3.2.1-62, se presentan los ciclos horarios de la dirección del viento, en donde se da cuenta del comportamiento global de la procedencia de los vientos durante el día y en donde el espectro de las direcciones se ha dividido en cuatro cuadrantes para facilitar la comprensión de los resultados.

Figura 3.2.1-61. Rosas de los Vientos – Área Puerto.



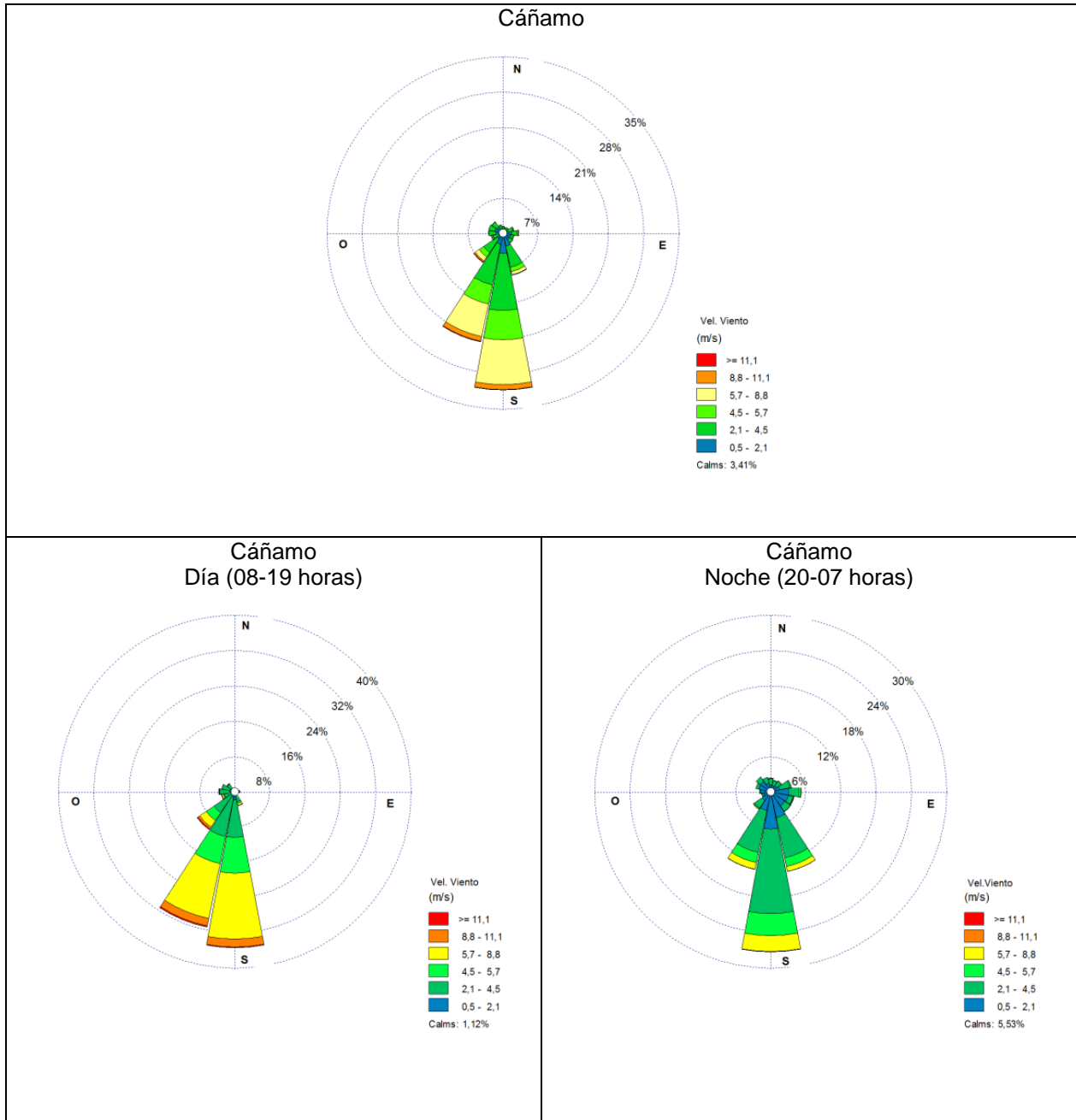
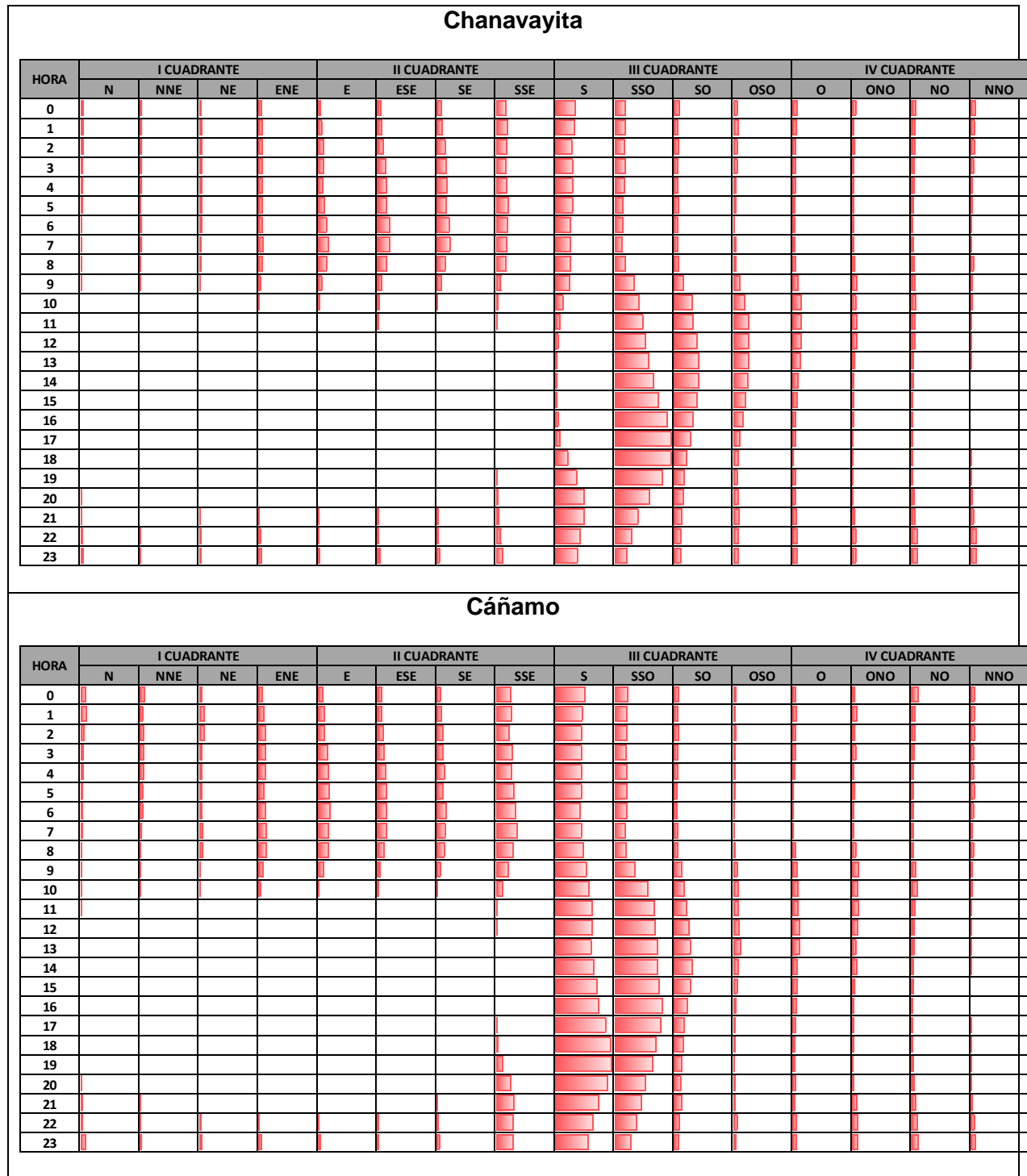


Figura 3.2.1-62. Ciclos Horarios de Dirección del Viento – Área Puerto.



A partir de los resultados, es posible establecer lo siguiente:

Chanavayita

- A partir de las Rosas de los Vientos se observa que los vientos proceden principalmente del III cuadrante (S-O) con velocidades que en ocasiones superan los 8,8 m/s. Si bien se registran vientos procedentes de los demás cuadrantes, estos tienen una baja frecuencia y con intensidades de viento que no superan los 5,7 m/s en general.
- En cuanto a los ciclos horarios, durante el día los vientos proceden principalmente del III cuadrante (S-O), mientras que en la noche se presentan vientos procedentes del II cuadrante (E-S) pero con baja frecuencia de ocurrencias.

Cáñamo

- A partir de las Rosas de los Vientos se observa que los vientos proceden principalmente del III cuadrante (S-O) y con una fuerte componente de vientos provenientes del S y en general las intensidades de los vientos en ocasiones son superiores a los 11,1 m/s. Si bien se registran vientos procedentes de los demás cuadrantes, estos tienen una baja frecuencia y con intensidades de viento que no superan los 8,8 m/s en general.
- En cuanto a los ciclos horarios, durante el día los vientos proceden principalmente del III cuadrante (S-O) pero asociados principalmente a la dirección S, mientras que en la noche se presentan vientos procedentes del II cuadrante (E-S) pero con baja frecuencia de ocurrencias.

Temperatura Ambiental

En la siguiente Tabla 3.2.1-48, se presenta un resumen de los valores asociados a la temperatura ambiental en cada estación del Área Puerto.

Tabla 3.2.1-48. Resumen de Temperatura (°C) – Área Puerto.

Parámetro	Estación		
	Chanavayita	Cáñamo	Diego Aracena (DMC)
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	4	12	52
Temperatura Promedio (°C)	19,0	15,9	18,3
Temperatura Máxima (°C)	35,5	28,1	25,8
Temperatura Mínima (°C)	6,1	4,2	13,6

Nota: Por efectos de redondeo numérico, el promedio de los valores mensuales puede no coincidir con el valor anual.
 Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.2.1-63 y Figura 3.2.1-64, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la temperatura en las estaciones asociadas al Área Puerto.

Figura 3.2.1-63. Ciclo Promedio Horario de Temperatura – Área Puerto.

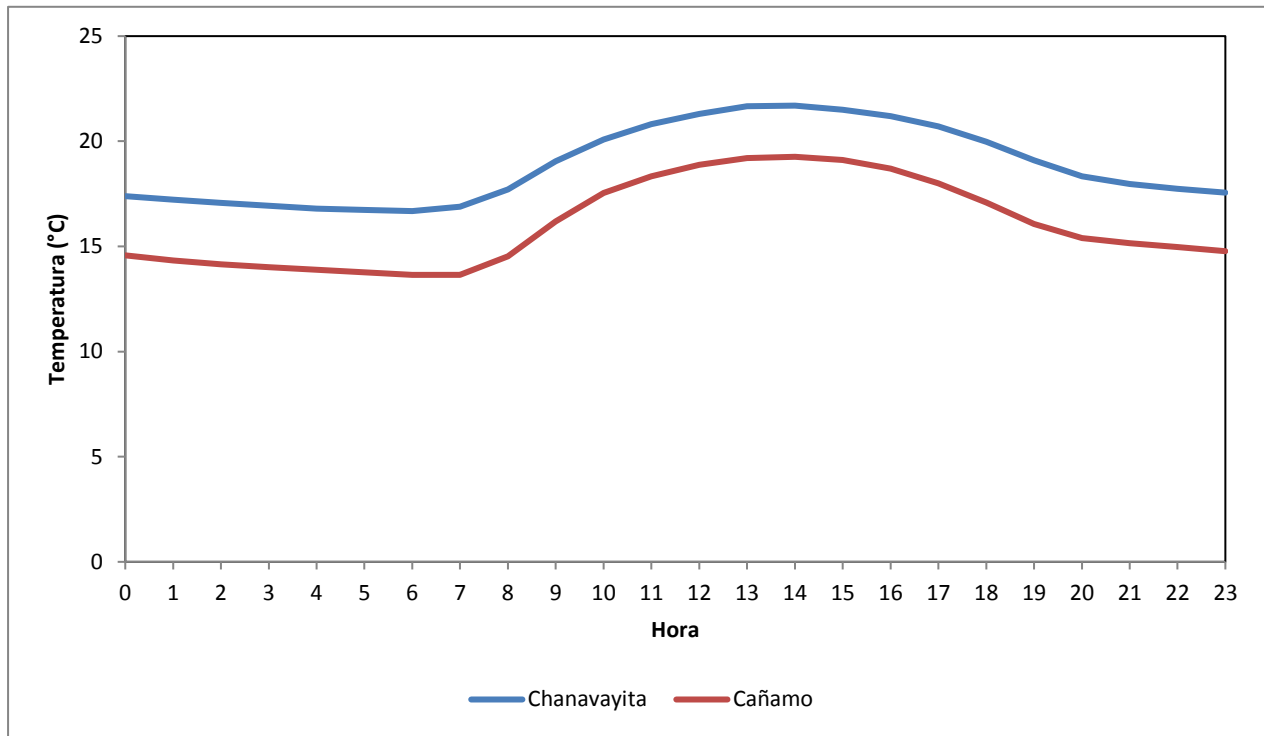
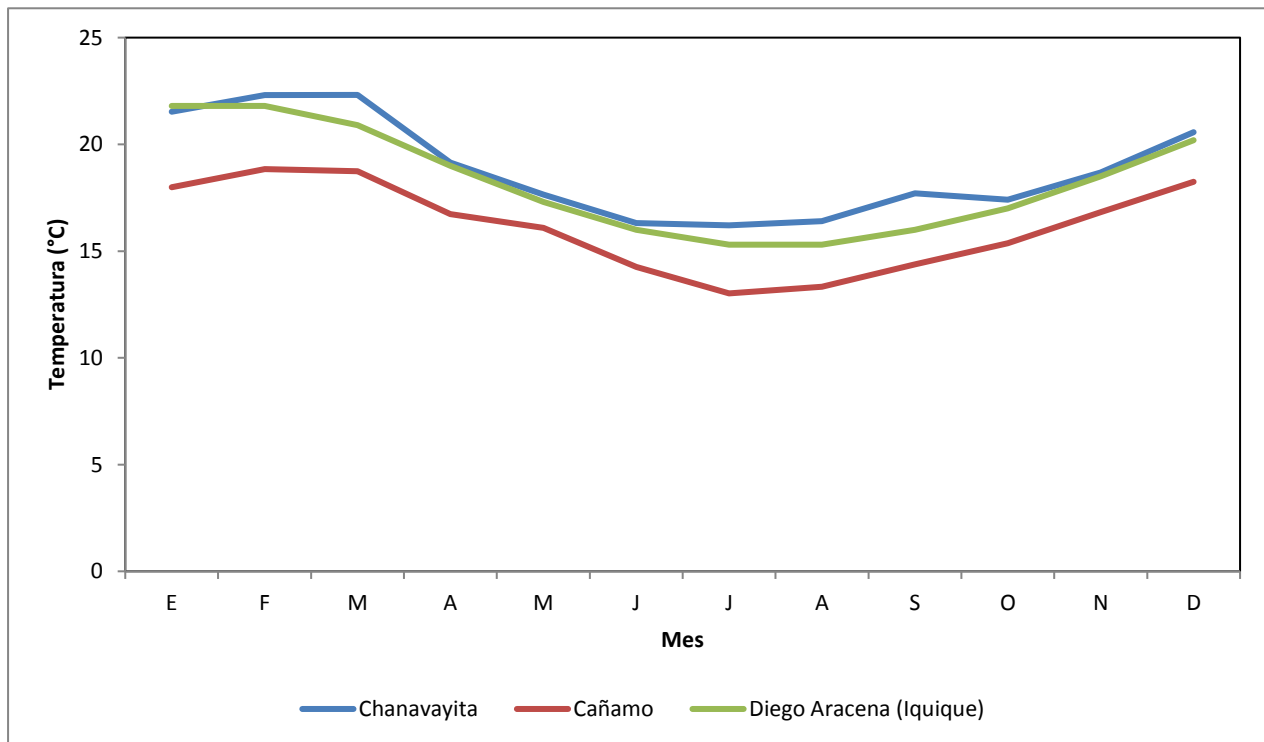


Figura 3.2.1-64. Ciclo Promedio Mensual de Temperatura – Área Puerto.



A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- Los valores promedios varían entre los 18,9 °C para la estación Chanavayita y los 16,3°C para la estación Cádiz.
- En forma similar los valores máximos de temperatura varían entre los 28,1 °C para la estación Cádiz y 35,5 °C para la estación Chanavayita.
- Respecto a las temperaturas mínimas, esta es de 4,2 °C para la estación Cádiz y de 13,6°C para la estación Diego Aracena.
- En lo referente al comportamiento horario, las mayores temperaturas se registran en horario diurno en ambas estaciones y se presenta un ciclo de variación durante el día similar, aunque los valores en estación Cádiz son menores a los medidos en la estación Chanavayita. También se observa, en ambas estaciones. una baja variación en las temperaturas durante el día, por estar situadas ambas en el borde costero.
- Respecto al comportamiento mensual, se observa que las estaciones tienen un comportamiento similar y con bajas variaciones en los niveles de temperatura durante el año.

Humedad Relativa

En la siguiente Tabla 3.2.1-49, se presenta un resumen de los valores asociados a la humedad relativa en cada estación del Área Puerto.

Tabla 3.2.1-49. Resumen de Humedad Relativa (%) - Área Puerto.

Parámetro	Estación		
	Chanavayita	Cádiz	Diego Aracena (DMC)
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	4	12	52
Humedad Promedio (%)	67,8	64,5	68,7
Humedad Máxima (%)	94,3	93,0	83,5
Humedad Mínima (%)	20,2	33,9	55,9

Nota: Por efectos de redondeo numérico, el promedio de los valores mensuales puede no coincidir con el valor anual.

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 3.2.1-65 y Figura 3.2.1-66, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la humedad en las estaciones asociadas al Área Puerto.

Figura 3.2.1-65. Ciclo Promedio Horario de Humedad – Área Puerto.

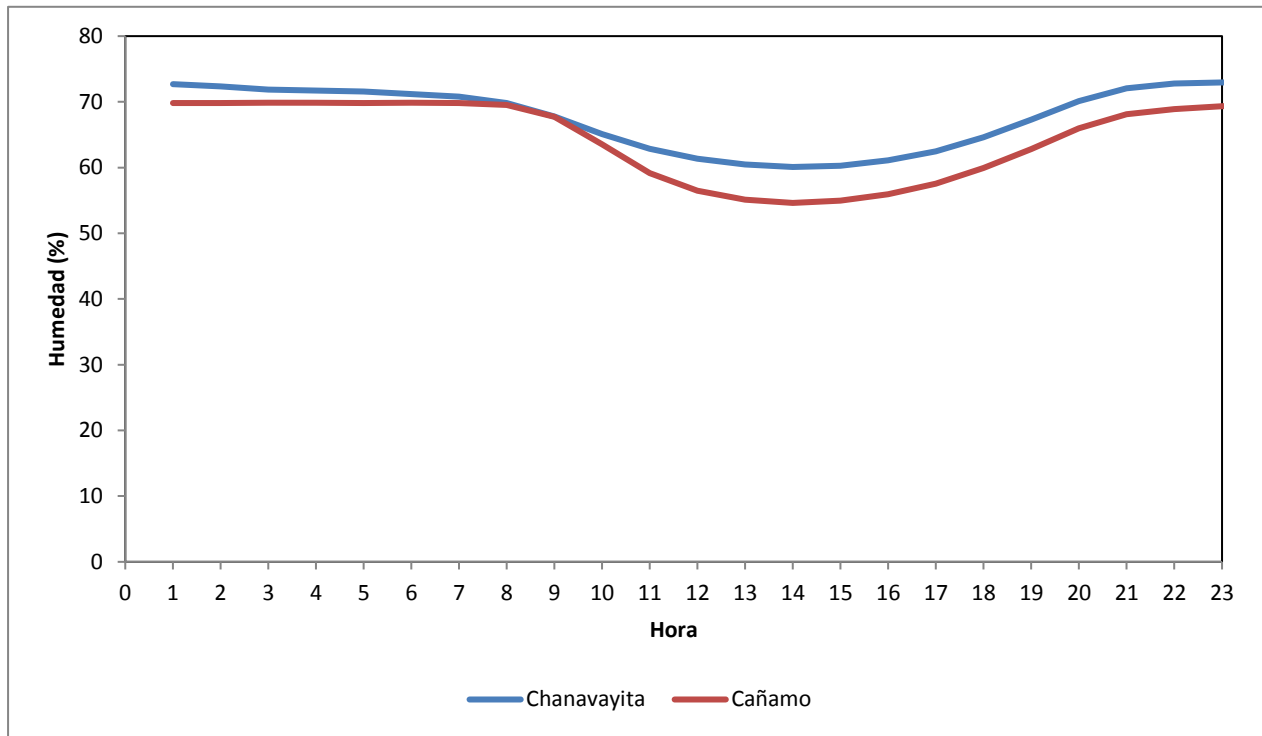
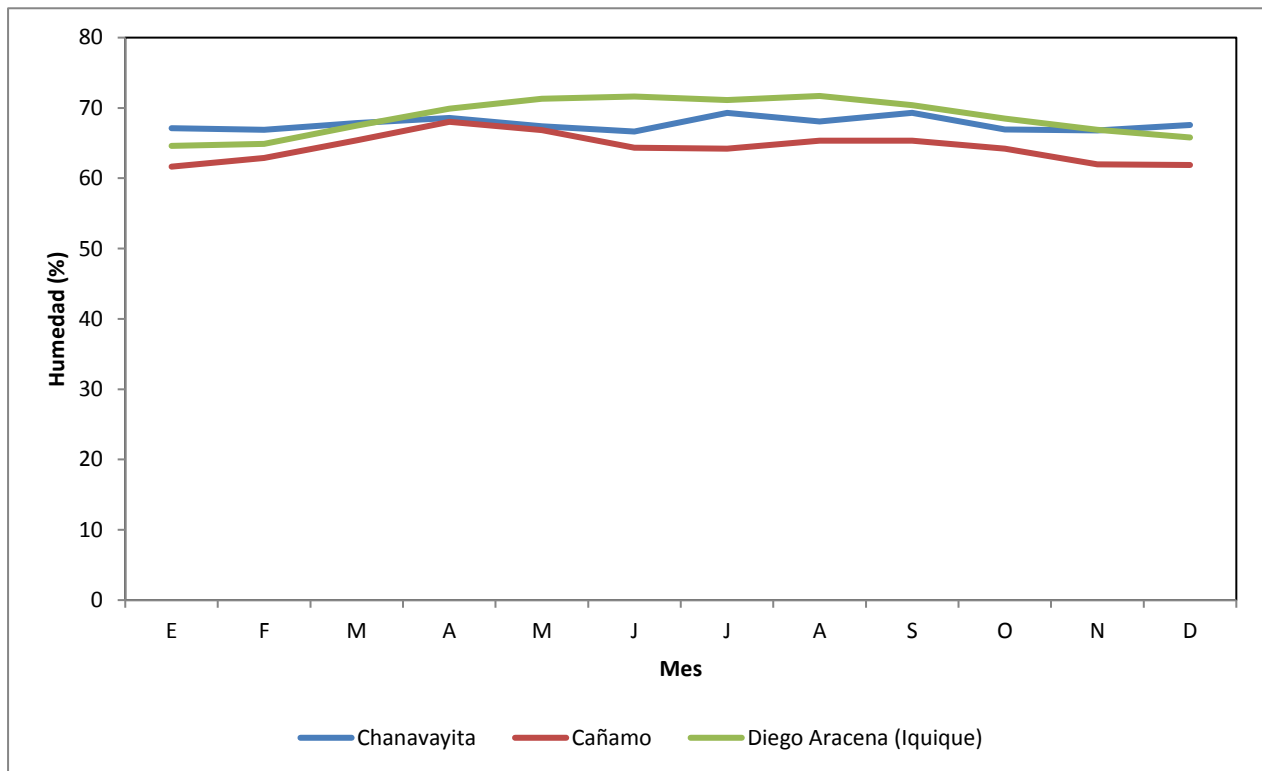


Figura 3.2.1-66. Ciclo Promedio Mensual de Humedad – Área Puerto.



A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- En general las estaciones presentan valores promedios similares y que varían entre 64,3 % en estación Cádiz y 68,7% en estación Diego Aracena.
- Respecto a las humedades máximas, estas varían entre un 83,5 % en estación Diego Aracena y 94,3% en estación Chanavayita.
- Respecto a las humedades mínimas, todas estuvieron entre 20,2% en estación Chanavayita y los 55,9% en estación Diego Aracena.
- En lo referente al comportamiento horario, las menores humedades se registran en horario diurno en todas las estaciones y en donde el comportamiento horario es similar en ambas estaciones.
- Respecto al comportamiento mensual, no existen variaciones importantes durante el año por efecto de estar ubicados en el borde costero.

Radiación Solar

En la siguiente Tabla 3.2.1-50, se presenta un resumen de los valores asociados a la radiación solar en cada estación del Área Puerto.

Tabla 3.2.1-50. Resumen de Radiación Solar (W/m²) - Área Puerto.

Parámetro	Estación		
	Chanavayita	Cádiz	Diego Aracena (DMC)
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	4	12	52
Radiación Solar Promedio (W/m ²)	245	229	230
Radiación Solar Máxima (W/m ²)	1.123	1.191	---

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 3.2.1-67 y Figura 3.2.1-68, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la radiación solar en las estaciones asociadas al Área Puerto.

Figura 3.2.1-67. Ciclo Promedio Horario de Radiación Solar – Área Puerto.

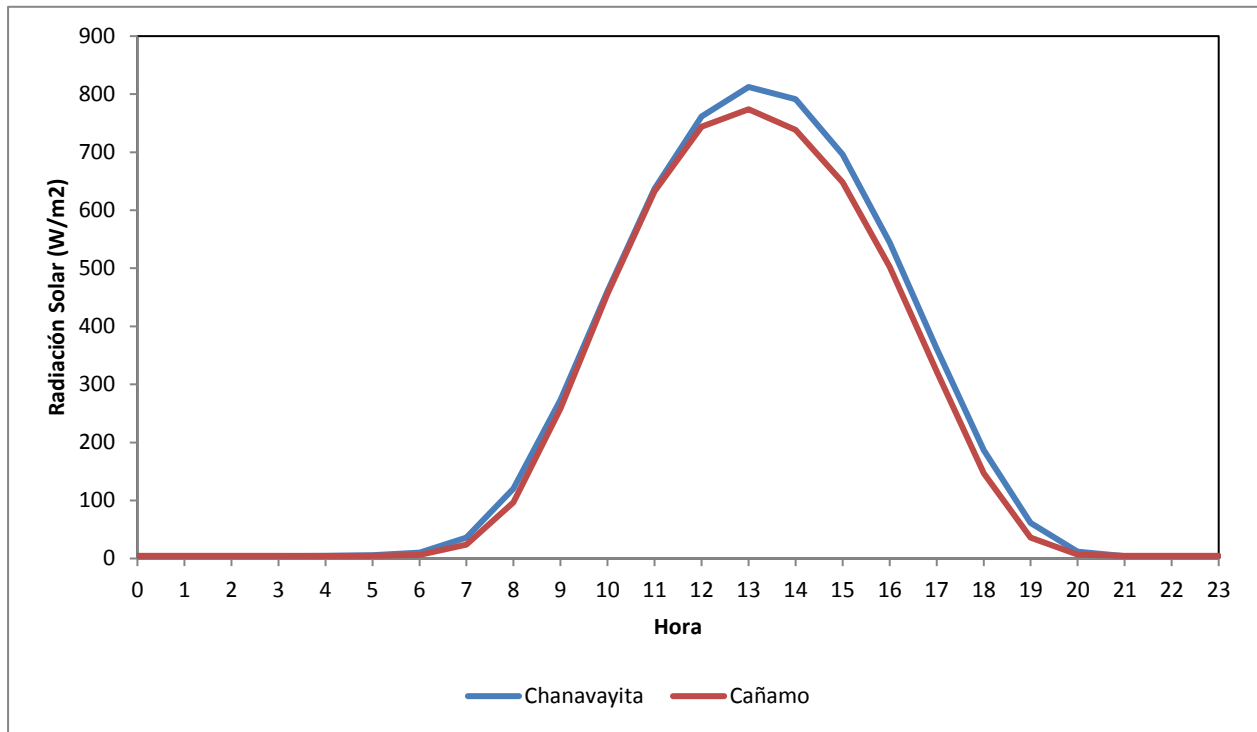
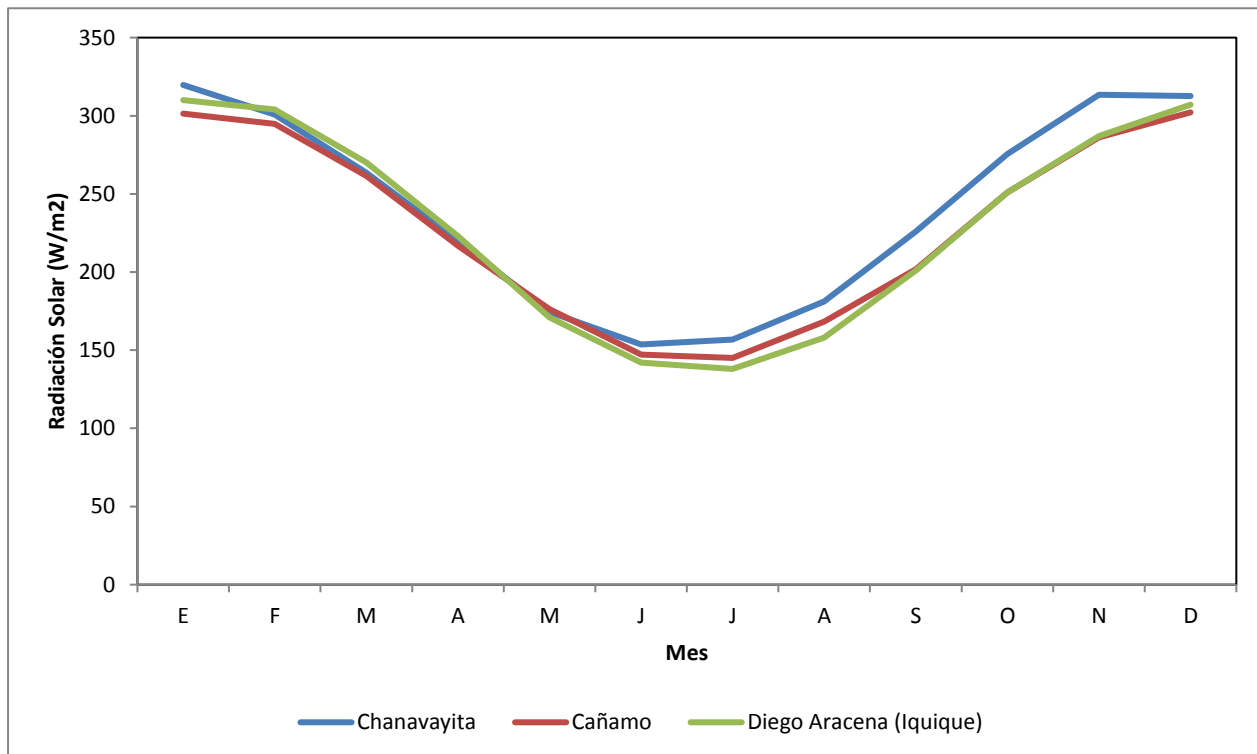


Figura 3.2.1-68. Ciclo Promedio Mensual de Radiación Solar – Área Puerto.



A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- Ambas estaciones presentan valores promedio similares y que varían entre los 229 W/m² en estación Cádiz y los 245 W/m² en estación Chanavayita.
- En forma similar los valores máximos varían entre los 1.123 W/m² en estación Chanavayita y los 1.191 W/m² en estación Cádiz.
- En lo referente al comportamiento horario, se observa idéntica variación de los niveles medidos durante el día y respondiendo a un comportamiento tipo campana de Gauss.
- Respecto al comportamiento mensual, los máximos valores de radiación solar se producen en épocas de primavera y verano.

Presión Atmosférica

En la siguiente Tabla 3.2.1-51, se presenta un resumen de los valores asociados a la Presión Atmosférica en cada estación del Área Puerto.

Se debe hacer notar que la presión atmosférica medida en cada estación, es influenciada por la altura geográfica en la cual se ubica la estación (a mayor altura menor presión) y por lo tanto los valores resultantes varían de acuerdo a esta premisa.

Tabla 3.2.1-51. Resumen de Presión Atmosférica (mbar) - Área Puerto.

Parámetro	Estación	
	Chanavayita	Cádiz
Altura Geográfica (m.s.n.m.)	4	12
Presión Atmosférica Promedio (mbar)	1.012	1.013
Presión Atmosférica Máxima (mbar)	1.019	1.023
Presión Atmosférica Mínima (mbar)	1.005	989

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura 3.2.1-69 y Figura 3.2.1-70, se presenta el comportamiento promedio horario y mensual de la presión atmosférica en las estaciones asociadas al Área Puerto.

Figura 3.2.1-69. Ciclo Promedio Horario de Presión Atmosférica – Área Puerto.

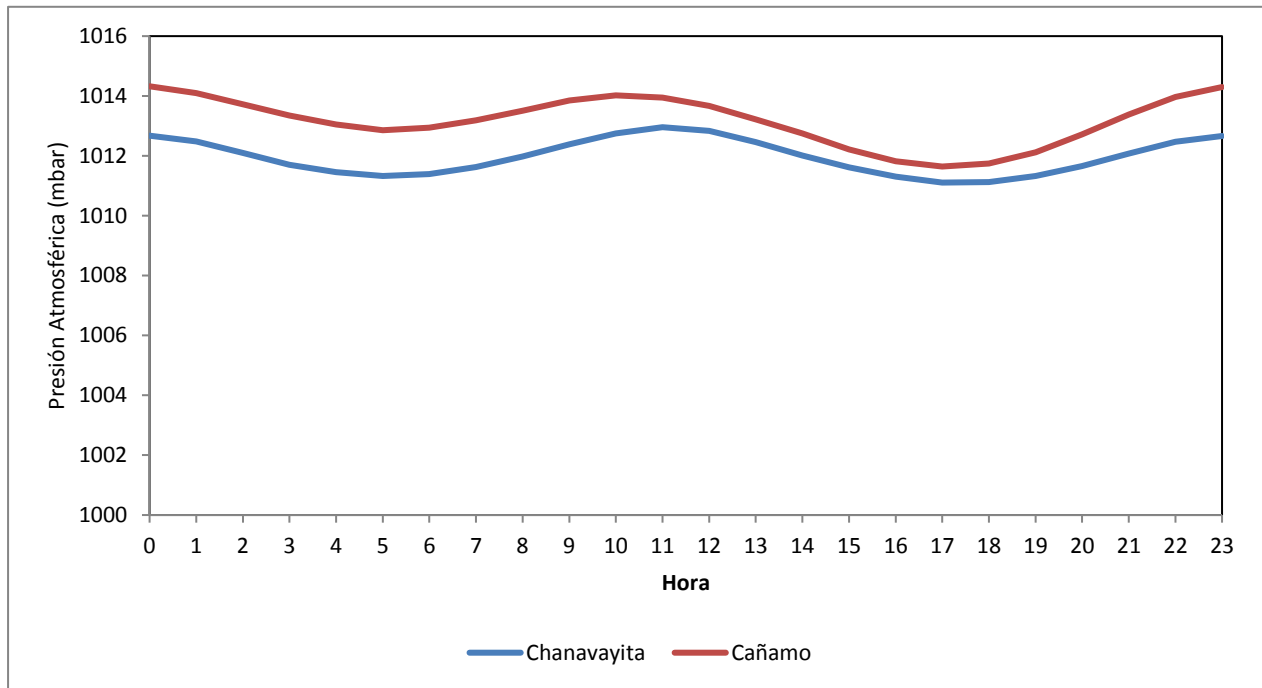
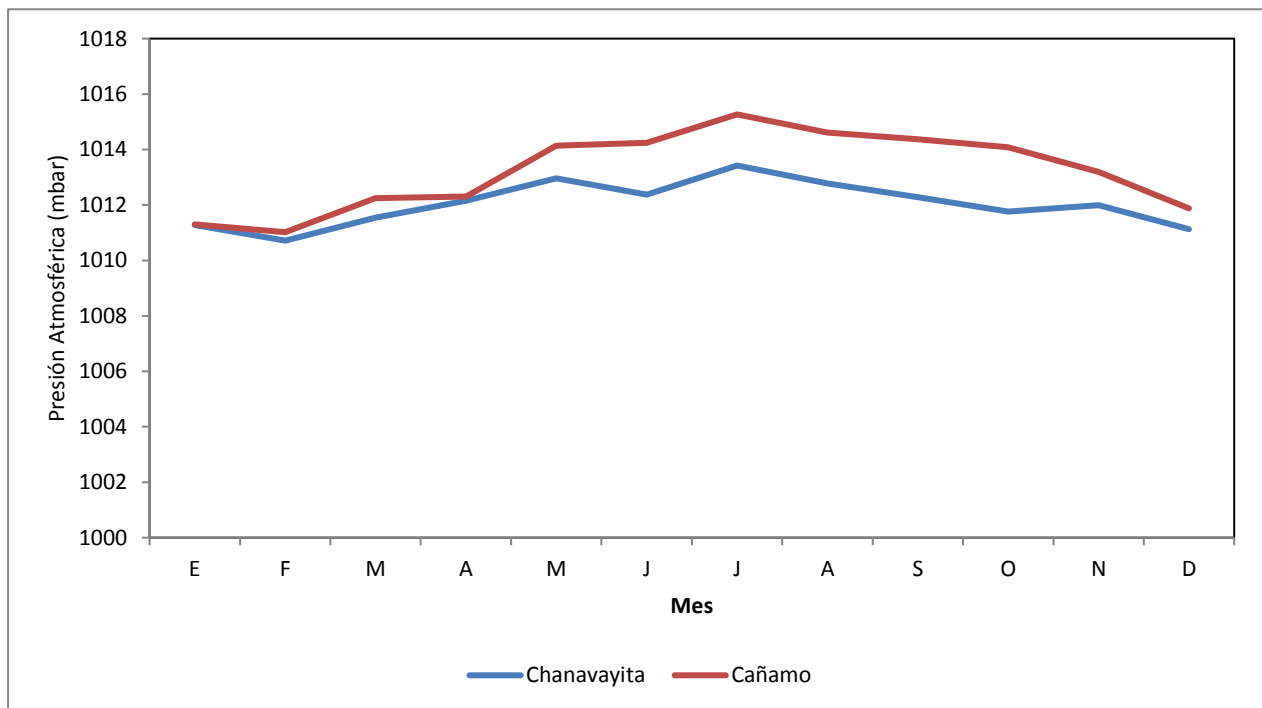


Figura 3.2.1-70. Ciclo Promedio Mensual de Presión Atmosférica – Área Puerto.



A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- Los valores obtenidos están en directa relación a la altura geográfica a la cual se encuentran ubicadas las estaciones (borde costero) y en donde los promedios varían entre 1.012 y 1.013 mbar.
- Ambas estaciones presentan un comportamiento similar en esta variable en el tiempo, en términos horarios y mensuales.

Precipitaciones

No se cuenta con información de esta variable en las estaciones de CMTQB de Cádiz y Chanavayita, sin embargo se hace uso de los datos de la estación de Diego Aracena (Iquique) operada por la DMC para los fines de caracterizar el comportamiento de la precipitación dentro del Área Puerto.

En la Tabla 3.2.1-52 y Figura 3.2.1-71 se presenta un resumen de los valores de precipitación asociados al Área Puerto, para todo el período de datos (1987 – 2015).

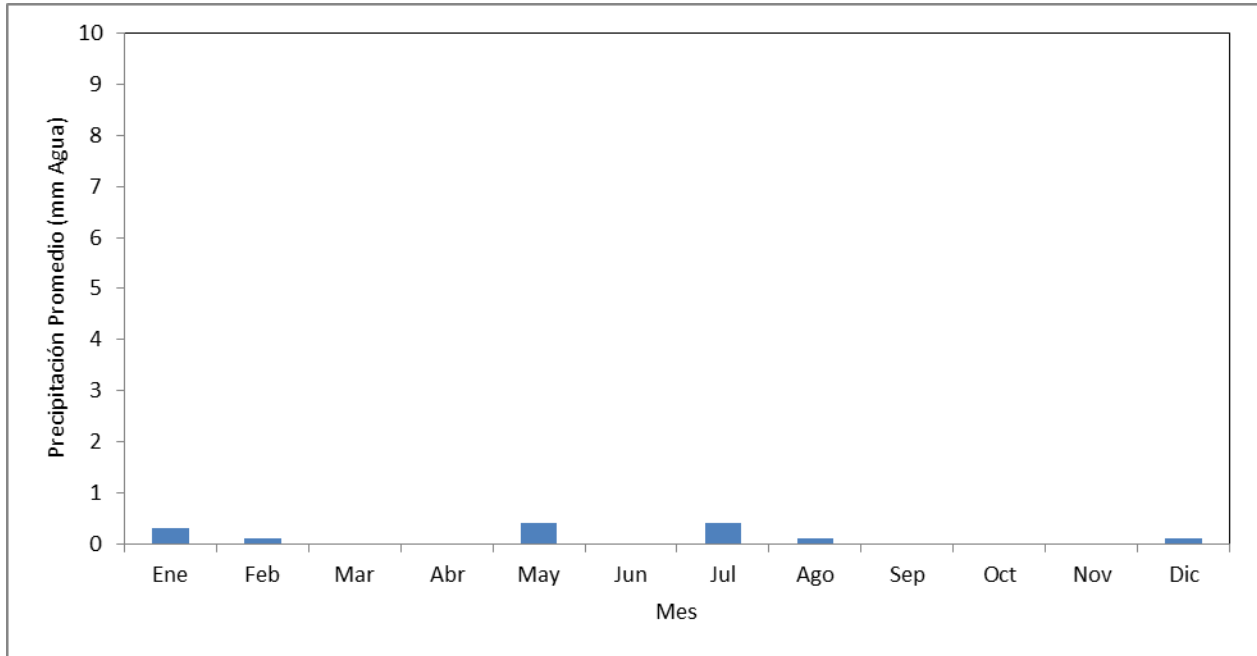
Tabla 3.2.1-52. Resumen de Precipitación (mm) - Área Puerto.

Estación	Altura Geográfica (msnm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prec Mensual Prom	Max /min	Acm
		mm Agua														
Diego Aracena (Iquique)	52	0,0	0,0	0	0	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4	0	0	0,1	0,1	0,4/0	1,5

Nota: Por efectos de redondeo numérico, el promedio de los valores mensuales puede no coincidir con el valor anual.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.2.1-71. Ciclo Promedio Mensual Precipitaciones – Área Puerto.



A partir de estos resultados, es posible establecer lo siguiente:

- El Área Puerto presenta un escaso nivel de precipitaciones y que en ningún caso supera el milímetro de agua caída.

3.2.1.6 Conclusiones

3.2.1.6.1 Clima

En la siguiente Tabla 3.2.1-53 se presentan un resumen de los tipos de Clima que predominan en cada una de las zonas en donde se ubican las estaciones, según su altura geográfica y Área del proyecto.

Tabla 3.2.1-53. Resumen Climático según Área del Proyecto.

Estación Meteorológica	Altura Geográfica (m.s.n.m.)	Área del Proyecto	Clasificación Köppen	Tipo de Clima Asociado
Chanavayita	4	Puerto	BWn	Clima Árido Nublados Abundantes
Cáñamo	12			
Victoria	960	Obras Lineales	BWk	Clima Árido Desértico Normal
Colonia Pintados	993			
Tamentica	1.720	Obras Lineales		
Choja Sur Oriente	2.061	Pampa		
Huatacondo	2.309	Obras Lineales		
Copaquiri	3.518	Mina	ETH	Clima Tundra por Altura
Choja	3.990			
Campamento Construcción	4.330			
Quebrada Blanca	4.378			
Tambo Tarapacá	4.457			
Chiclla	4.512			

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.6.2 Meteorología

Se ha caracterizado el comportamiento regional de las distintas variables de interés en el presente estudio, haciendo uso de información de estaciones de CMTQB y de estaciones públicas de la DGA y DMC, logrando con esto asociar el comportamiento de las distintas variables en función a la altura geográfica.

Respecto al comportamiento local de las distintas variables medidas en cada una de las estaciones, es posible concluir lo siguiente:

Área Mina

- La velocidad promedio del viento aumenta a medida que se incrementa la altura geográfica y así se tiene para una altura 3.518 m.s.n.m. un valor de 3,1 m/s, mientras que para una altura de 4.522 m.s.n.m. este valor aumenta a 4,5 m/s.
- La temperatura promedio disminuye a medida que se incrementa la altura geográfica y así se tiene para una altura 3.518 m.s.n.m. un valor de 8,7 °C, mientras que para una altura de 4.522 m.s.n.m. este valor disminuye 3,2 °C.

- La humedad tiene un comportamiento homogéneo en las estaciones y no se ve un efecto de aumento o disminución de esta variable por altura geográfica. Los valores promedios varían entre 28,1% y 31,5%.
- La radiación solar tiene un comportamiento homogéneo en las estaciones y en donde los valores promedios varían entre 230 W/m² y 285 W/m².
- Las precipitaciones medias anuales aumentan según su altura geográfica, dado la influencia que tiene el Invierno Altiplánico en los lugares de esta área y en donde los niveles de precipitaciones pueden llegar a superar los 100 mm.
- Por otro lado, la evaporación de bandeja a nivel anual puede superar los 1.900 mm.
- Respecto a la dirección del viento, se tiene que durante el día los vientos provenientes de las componentes asociadas al cuadrante III (S-O) y IV Cuadrante (O-N), mientras que en la noche prevalecen los vientos provenientes de las componentes asociadas al I cuadrante (N-E) y II cuadrante (E-S).

Área Obras Lineales

- La velocidad promedio del viento en el área varía entre 1,5 m/s (Colonia Pintados – 992 m.s.n.m.) y 3,4 m/s (Huatacondo – 2.294 m.s.n.m.).
- La temperatura promedio en el área varía entre los 14,5°C (Guatacondo – 2.460 m.s.n.m.) y 19,4°C (Tamentica – 1.719 m.s.n.m.).
- La humedad presenta variaciones más notorias y con valores que varían entre 46,2% (Victoria – 960 m.s.n.m.) y 24,1% (Tamentica – 1.719 m.s.n.m.).
- La radiación solar tiene un comportamiento homogéneo en las estaciones y en donde los valores promedios varían entre 235 W/m² y 283 W/m².
- Las precipitaciones medias mensual en esta zona se estiman entre 0,5 y 6,8 mm (crecientes con la altura).
- La evaporación de bandeja varía entre los 2.400 y los 3.200 mm anuales aproximadamente.
- Respecto a la dirección del viento, se tiene que las estaciones de Tamentica y Huatacondo por encontrarse insertas dentro de la quebrada Guatacondo, presentan un comportamiento durante el día de vientos procedentes de la dirección O y en la noche de vientos procedentes del E. Respecto a la estaciones de Victoria y Colonia Pintados, durante el día los vientos proceden de direcciones entre el III cuadrante (S-O) y IV cuadrante (O-N), mientras en la noche los vientos proceden de direcciones asociados al I cuadrante (N-E) y II cuadrante (E-S).

Área Pampa

- La velocidad promedio del viento en el área es de 2,9 m/s, medida en la única estación disponible en el área (Choja Sur Oriente).
- La temperatura promedio en el área es de 17,8°C, medida en la única estación disponible en el área (Choja Sur Oriente).
- La humedad promedio en el área es de 27%, medida en la única estación disponible en el área.
- La radiación solar tiene un valor promedio de 272 W/m².
- Las precipitaciones medias anuales en esta área es de aprox 0,4 mm.
- La evaporación de bandeja varía es de 3.767 mm anuales.
- Respecto a la dirección del viento, se observa un comportamiento durante el día de vientos procedentes de direcciones entre el III cuadrante (S-O) y IV cuadrante (O-N), mientras en la noche los vientos proceden de direcciones asociados al I cuadra

Área Puerto

- La velocidad promedio del viento en el área es de 3,7 m/s aproximadamente.
- La temperatura promedio en el área varió entre 15,9 y 19,0 °C.
- La humedad relativa promedio en el área fluctuó entre 64,5 y 68,7%.
- La radiación solar tiene un valor promedio que fluctúa entre 229 y 245 W/m².
- Las precipitaciones medias anuales es de 1,5 mm.
- Respecto a la dirección del viento, las estaciones presentan un comportamiento durante el día de vientos procedentes principalmente del III cuadrante (S-O), con una fuerte componente S, mientras que en la noche de vientos procedentes de direcciones asociados al II cuadrante (O-S) y III cuadrante (S-E) pero con vientos de baja intensidad.

3.2.1.7 Bibliografía

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA). (2001). Documento EPA-454/R-99-005. Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications. <https://www3.epa.gov/scram001/guidance/met/mmgrma.pdf>

Dictuc 2009. Dirección General de Aguas. Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II y III. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental Pontificia Universidad Católica de Chile. <http://documentos.dga.cl/REH5161v4.pdf>.

Dirección Meteorológica de Chile. (2001) Documento "Climatología Regional". http://164.77.222.61/climatologia/publicaciones/Climatologia_regional.pdf.