



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN DE AEROPUERTOS
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS

“NORMALIZACIÓN ÁREA DE MOVIMIENTO AERÓDROMO DE BALMACEDA”

INFORME FINAL

ETAPA 10.A - REVISIÓN 0

SCBA1-22-GE-GN-IN-004-0

REV	FECHA	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
0	2024-02-29	Diana Castellanos	Marcela Risso	Marcelo Ferrer
0	2023-05-05	Diana Castellanos	Marcela Risso	Marcelo Ferrer
C	2023-04-13	Diana Castellanos	Marcela Risso	Marcelo Ferrer
B	2023-03-16	Diana Castellanos	Marcela Risso	Marcelo Ferrer
A	2023-01-31	Diana Castellanos	Marcela Risso	Marcelo Ferrer

ARNOLD PASTEN W.	WALTER KAEMPFE R.	MARCELO FERRER C.
FIRMA INSPECTOR(A) FISCAL	FIRMA JEFEDEPTO. PROYECTOS DAP	FIRMA JEFE PROYECTO FAIC

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	12
2	ETAPAS Y SUBETAPAS	13
3	ETAPA 1: DIAGNÓSTICO	14
3.1	DIAGNÓSTICO MULTIDISCIPLINARIO – INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	14
3.1.1	Diagnóstico – Ingeniería Eléctrica.....	14
3.1.2	Diagnóstico – Expropiaciones	16
3.1.3	Diagnóstico – Hidrología y Drenaje de Aguas Lluvia	18
3.1.4	Diagnóstico – Medio Ambiente	25
3.1.5	Diagnóstico – Meteorología	30
3.1.6	Diagnóstico – Pavimentos Aeroportuarios.....	32
3.1.7	Diagnóstico – Espacio Aéreo	46
3.2	BRECHAS ÁREA DE MOVIMIENTO	58
3.2.1	Análisis de Brechas	58
3.2.2	Cálculo Aproximado del Tiempo de Respuesta del SSEI.....	64
3.2.3	Verificación Altura Torre de Control.....	68
4	ETAPA 2: ESTUDIOS BÁSICOS.....	77
4.1	PROYECCIONES DE DEMANDA	77
4.1.1	Introducción.....	77
4.1.2	Síntesis de la Metodología Propuesta	77
4.1.3	Metodología de Modelación de la Demanda.....	77
4.1.4	Análisis de Variables Explicadas de Modelos de Demanda Aérea	78
4.1.5	Análisis de Variables Explicativas de Modelos de Demanda Aérea	82
4.1.6	Proyecciones de la Demanda Aérea	83
4.1.7	Proyección de Operaciones	87
4.2	ANÁLISIS SLO SITUACION ACTUAL.....	5
4.2.1	Alcance	5
4.2.2	Superficies Limitadoras de Obstáculos	6
4.2.3	Interferencias con las Superficies Limitadoras de Obstáculos	12
4.3	ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	19
4.3.1	Introducción.....	19
4.3.2	Alcances	19
4.3.3	Normativa	19
4.3.4	Antecedentes	19
4.3.5	Estudio Hidrológico	19
4.3.6	Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)	25

4.3.7	Solución Tentativa de Aguas Lluvias	26
4.3.8	Conclusión	26
4.4	ESTUDIO METEOROLÓGICO	27
4.4.1	Introducción	27
4.4.2	Información Meteorológica	27
4.5	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	36
4.5.1	Introducción	36
4.5.2	Antecedentes de Mecánica de Suelos	36
4.5.3	Propiedades del Diseño	42
4.5.4	Consideraciones Ante el Congelamiento	43
4.5.5	Especificaciones Técnicas Generales	44
4.6	ESTUDIO GEOMENSURA Y TOPOGRAFÍA	46
4.6.1	Introducción	46
4.6.2	Estudio de Concesiones Mineras	47
4.6.3	Objetivos	48
4.6.4	Antecedentes Área Emplazamiento Aeródromo Balmaceda	48
4.6.5	Metodología e Instrumentos	49
4.6.6	Procedimientos	49
4.6.7	Coordenadas Finales	61
4.6.8	Vuelo RPAS e Imagen Satelital	62
5	ETAPA 3: DESARROLLO INGENIERÍA DE DETALLES	68
5.1	Alternativas estructurales SUSTENTABLES de pavimentos - ST	68
5.1.1	Introducción	68
5.1.2	Alternativas Estructurales de Pavimentos	68
5.1.3	Evaluación de los Impactos en los Ciclos de Vida	69
5.2	Análisis de Espacio Aereo - EA	83
5.2.1	Datos de Entrada para el Análisis	83
5.2.2	Cuantificación de Procedimientos VFR e IFR AIP	83
5.2.3	Procedimientos VFR	85
5.2.4	IFR-Salidas (SID)	86
5.2.5	IFR-Llegadas (STAR)	91
5.2.6	IFR-Aproximaciones (IAC)	92
5.2.7	Aproximaciones PBN	94
5.2.8	Aproximación de Precisión ILS RWY27N	113
5.2.9	Conclusiones	114
5.3	Especialidad de Pavimentos Aeroportuarios - PV	115
5.3.1	Criterios de Diseño	115

5.3.2	Memoria de Cálculo	120
5.3.3	Especificaciones Técnicas.....	132
5.4	Especialidad de Ayudas Visuales - AV	132
5.4.1	Área de Movimiento (Pista y Rodajes)	132
5.4.2	Rodaje Alfa	140
5.4.3	Zona CONAF	143
5.4.4	Zona FACH.....	144
5.5	Análisis SLO Situación con proyecto y verificación Altura TW - IA	145
5.5.1	Alcance	145
5.5.2	Superficies Limitadoras de Obstáculos.....	145
5.5.3	Interferencias con las Superficies Limitadoras de Obstáculos	149
5.5.4	Verificación Altura Torre de Control.....	153
5.6	Especialidad de Hidrología y Drenajes - HI	157
5.6.1	Criterios de Diseño	157
5.6.2	Memoria de Cálculo	160
5.6.3	Especificaciones Técnicas.....	166
5.7	Informe de Expropiaciones - EX	166
5.7.1	Objetivos	167
5.7.2	Recopilación de Información Técnica y Legal para el Estudio.....	167
5.7.3	Superficie a Explorar.....	168
5.7.4	Contenidos del Informe Pericial.....	168
6	ETAPA 4: ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES.....	172
6.1	SUBETAPA 4.A ANÁLISIS DE ANTECEDENTES AMBIENTALES	172
6.1.1	RCA N°89/2019 Del Proyecto “Ampliación y Mejoramiento Aeródromo Balmaceda”	172
6.1.2	Aspectos Ambientales – Territoriales del Área de Influencia del Proyecto.....	183
6.1.3	Sensibilidades Ambientales.....	188
6.2	Subetapa 4.B “Consulta de Pertinencia”	188
6.2.1	Indicación de las características generales del Proyecto o Actividad y sus cualidades específicas, de acuerdo con las posibles tipologías establecidas en el Artículo 10 de la Ley 19.300 y especificadas en el Artículo 3 del Reglamento del SEIA. 188	
6.2.2	Artículo 2 del Reglamento del SEIA	190
6.2.3	Análisis de “Cambios de Consideración”	195
6.2.4	Conclusiones	195
7	ETAPA 5: EVALUACIÓN SOCIAL.....	196
7.1	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	196
7.1.1	Área de Estudio e Influencia	196
7.1.2	Actividad Económica	196

7.1.3	Demografía	197
7.1.4	Infraestructura Aeroportuaria Regional	197
7.1.5	Definición del Problema	197
7.1.6	Déficit Actual y proyectado	198
7.2	ALTERNATIVAS.....	199
7.2.1	Situación Base Optimizada	199
7.2.2	Alternativa de Solución	199
7.3	EVALUACIÓN SOCIAL.....	200
7.3.1	Costos	200
7.3.2	Valor Residual	206
7.3.3	Flujos de Caja	207
7.3.4	Criterio de Decisión	208
7.3.5	Conclusiones	209
7.4	COMPARACIÓN PRESUPUESTO ETAPA DE PERFIL VS ETAPA DE INGENIERÍA	210

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Ubicación del aeródromo de Balmaceda.....	12
Figura 3.1: Terrenos actuales de propiedad del aeródromo de Balmaceda – Incluye última expropiación	17
Figura 3.2: Planta general clasificación sistema drenaje existente – SCBA.....	19
Figura 3.3: Planta sistema de drenaje sector norponiente – aguas lluvia.....	20
Figura 3.4: Planta sistema drenajes sector Nororiente – Aguas Lluvia.....	21
Figura 3.5: Planta sistema drenaje sector suroriente – aguas lluvia	23
Figura 3.6: Sectores de alcances del proyecto y sector de la situación base.....	26
Figura 3.7: Ubicación estación Balmaceda Ad.	30
Figura 3.8: Pista 09/27 – Vista Poniente (09).....	33
Figura 3.9: Calle de rodaje Alfa	33
Figura 3.10: Secciones y unidades de muestra air side.....	44
Figura 3.11: SCBA. Contexto límite.....	49
Figura 3.12: Planta SLO-Anteproyecto Referencial 2016	57
Figura 3.13: Corte transversal Alfa como pista. Análisis ST	58
Figura 3.14: Esquema obstáculo SLO de ascenso en el despegue.....	63
Figura 3.15: Esquema obstáculo SLO de ascenso en el despegue.....	63
Figura 3.16: Cálculo de distancias geográficas a los dos umbrales, situación actual.....	65
Figura 3.17: Cálculo de distancias geográficas a los dos umbrales, situación con proyecto.....	66
Figura 3.18: Cálculo de distancias geográficas a los dos umbrales, situación con proyecto con calles SSEI oblicuas	67
Figura 3.19: Línea de visión de la TWR.....	69
Figura 3.20: Características TW existente.....	69
Figura 3.21: Emplazamiento situación actual.....	71
Figura 3.22: Esquema altura de TW	71
Figura 3.23: Salidas herramienta FAA U09 y U27 respectivamente-Pista.....	72
Figura 3.24: Salidas herramienta FAA U09 y U27 respectivamente -Alfa	73
Figura 3.25: Emplazamiento situación con proyecto.....	74
Figura 4.1: N° de pasajeros nacionales por año (PNA) en Balmaceda.....	79
Figura 4.2: Porcentaje de pasajeros salidos desde Balmaceda según destino.....	80
Figura 4.3: Porcentaje de pasajeros llegados a Balmaceda según origen.....	80
Figura 4.4: Kg de carga nacional por año (CNA) en Balmaceda	81

Figura 4.5: Participación de las actividades económicas en el PIB de la Región XI de Aysén	81
Figura 4.6: Kg de correo nacional por año (CONA) en Balmaceda	82
Figura 4.7: Población región de Aysén (arriba: total; abajo: variación)	83
Figura 4.8: Proyección PIB nacional.....	84
Figura 4.9: N° de pasajeros nacionales por año (PNA) en Balmaceda.....	84
Figura 4.10: Kg de carga nacional por año (CNA) en Balmaceda	86
Figura 4.11: Kg de correo nacional por año (CONA) en Balmaceda	87
Figura 4.12: Operaciones totales y por tipo de aviación en hora Punta 2010 – 2021 (op/h).....	3
Figura 4.13: Evolución H40 y H1, 2010 – 2019 (%).....	5
Figura 4.14: Planta esquemática	8
Figura 4.15: Planta con identificación de potenciales obstáculos para SA, SAD y ST pista principal	13
Figura 4.16: Planta con identificación de potenciales obstáculos para SA, SAD y ST pista secundaria (Alfa)	13
Figura 4.17: Figura esquemática transversal pista umbral 27.....	14
Figura 4.18: Figura esquemática longitudinal pista umbral 09	14
Figura 4.19: Figura esquemática transversal pista km 780 – zona torre de control	15
Figura 4.20: Potenciales obstáculos para SHI, SC y SA, SAD en partes extremas pista principal	16
Figura 4.21: Potenciales obstáculos para SHI, SC y SA, SAD en partes extremas pista secundaria.....	17
Figura 4.22: Perfil longitudinal pista principal	17
Figura 4.23: Perfil transversal pista principal.....	18
Figura 4.24: Perfil longitudinal pista secundaria	18
Figura 4.25: Perfil transversal pista secundaria	18
Figura 4.26.- Emplazamiento estación meteorológica	20
Figura 4.27.- Línea de tendencia precipitaciones desde año 2012 a 2020.....	24
Figura 4.28.- Emplazamiento estación Puerto Aysén	25
Figura 4.29.- Curva IDF.....	26
Figura 4.30: Diagrama climático	28
Figura 4.31: Precipitación	29
Figura 4.32: Temperatura mínima.....	30
Figura 4.33: Temperatura máxima.....	31
Figura 4.34: Temperatura media	32
Figura 4.35: Ocurrencia del viento.....	35
Figura 4.36: Ubicación terreno	36
Figura 4.37: Ubicación calicatas.....	37
Figura 4.38: Perfiles.....	40
Figura 4.39: Perfiles.....	41
Figura 4.40: Suelos según congelamiento.....	43
Figura 4.41: Concesiones mineras próximas al aeródromo.....	47
Figura 4.42: Vista de planta aeródromo Balmaceda	48
Figura 4.43: Configuración espacial de PRs.	50
Figura 4.44: Monumentación de PRs.....	50
Figura 4.45: Desembocadura de drenes de aeródromo Balmaceda.....	52
Figura 4.46: Líneas base generadas entre PRs.....	53
Figura 4.47: Sistemas de transporte de coordenadas.	53
Figura 4.48: Referencia de dron VTOL empleado	62
Figura 4.49: Registro fotográfico.....	64
Figura 4.50: Captura de pantalla de software fotogramétrico	65
Figura 4.51: Captura de pantalla de software fotogramétrico	66
Figura 4.52: Ortomosaico del levantamiento.....	66
Figura 4.53: Modelo digital de superficie del levantamiento.....	67
Figura 5.1: Fases del ACV. Fuente. Norma ISO 14040:2006.....	69
Figura 5.2: Etapas en la producción de pavimentos.	70
Figura 5.3: Esquema de los elementos de un Análisis de Ciclo de Vida	72

Figura 5.4: Creación de Proceso en OpenLCA	72
Figura 5.5: Ejemplo Inputs/Outputs de Proceso.....	73
Figura 5.6: Calculo de impactos ambientales en OpenLCA	75
Figura 5.7: Resultado de Análisis de Impacto ambiental para alternativa 2.....	76
Figura 5.8: SCBA. VAC cartilla visual.....	86
Figura 5.9: SCBA. SID 3, RNAV, área de protección.....	87
Figura 5.10: SCBA. SID 3, RNAV, detalle obstáculos naturales.....	88
Figura 5.11: SCBA. SID 3, zona de cambios en publicación	89
Figura 5.12: SCBA. SID 3, REKOD 3D. Comparación trayectorias.....	90
Figura 5.13: SCBA. SID 4, zona de cambios en publicación	91
Figura 5.14: SCBA. IAC 1. VOR RWY09.....	93
Figura 5.15: SCBA. IAC 2. VOR RWY27.....	94
Figura 5.16: SCBA. IAC 3, RNAV GNSS Y RWY09	95
Figura 5.17: SCBA. Estructura RNAV GNSS Y RWY09N	96
Figura 5.18: SCBA. Áreas de protección zona de cambios RNAV GNSS Y RWY09N.....	97
Figura 5.19: SCBA. Acercamiento THR09 vs THR09N	98
Figura 5.20: SCBA. IAC 4, RNAV GNSS Y RWY27	99
Figura 5.21: SCBA. Estructura RNAV GNSS Y RWY27N	100
Figura 5.22: SCBA. Áreas de protección zona de cambios RNAV GNSS Y RWY09N.....	101
Figura 5.23: SCBA. Acercamiento THR27 vs THR27N	102
Figura 5.24: SCBA. IAC 5, RNAV RNP Z RWY09	103
Figura 5.25: SCBA. Estructura RNAV RNP Z RWY09N	104
Figura 5.26: SCBA. Áreas de protección zona de cambios RNAV RNP Z RWY09N.....	105
Figura 5.27: SCBA. Valores RNP, RNAV RNP Z RWY09N	106
Figura 5.28: SCBA. IAC 6, RNAV RNP Z RWY27	107
Figura 5.29: SCBA. Estructura RNAV RNP Z RWY27N	108
Figura 5.30: SCBA. Áreas de protección zona de cambios RNAV RNP Z RWY27N.....	109
Figura 5.31: SCBA. Valores RNP, RNAV RNP Z RWY27N	109
Figura 5.32: SCBA. IAC 7, RNAV RNP X RWY27	110
Figura 5.33: SCBA. Estructura RNAV RNP X RWY27N	111
Figura 5.34: SCBA. Áreas de protección zona de cambios RNAV RNP X RWY27N.....	112
Figura 5.35: SCBA. Valores RNP, RNAV RNP X RWY27N	113
Figura 5.36: SCBA. Estructura ILS.....	114
Figura 5.37: Aeródromo situación actual.....	116
Figura 5.38: Aeródromo situación con proyecto.....	117
Figura 5.39: Ubicación tipos de pavimentos.	123
Figura 5.40: Fórmula valores de separación para radios	134
Figura 5.41: Fórmula de espacios entre balizas.....	135
Figura 5.42: Nuevo emplazamiento curvas rodajes Bravo y Charlie.....	135
Figura 5.43: Planta con identificación de potenciales obstáculos para SA, SAD y ST pista principal	149
Figura 5.44: Planta con identificación de potenciales obstáculos para SA, SAD y ST pista secundaria (Alfa)	150
Figura 5.45: Potenciales obstáculos para SHI, SC y SA, SAD en partes extremas pista principal	151
Figura 5.46: Potenciales obstáculos para SHI, SC y SA, SAD en partes extremas pista secundaria	152
Figura 5.47: Características TW existente.....	153
Figura 5.48: Emplazamiento situación actual.....	154
Figura 5.49: Esquema altura de TW	154
Figura 5.50: Emplazamiento situación con proyecto.....	156
Figura 5-51: Emplazamiento general aeródromo Balmaceda	160
Figura 5-52: Emplazamiento pozo de infiltración	166
Figura 5.53: Terreno propuesto expropiar Lote 1	168
Figura 5.54: Emplazamiento de los terrenos de valores referenciales	169
Figura 6.1: Sectores de alcances del Proyecto y sector de la Situación Base	181

Figura 6.2: Zonas sensibles a la contaminación atmosférica, ruido y vibraciones	184
Figura 6.3: Humedal Río Oscuro y compensación forestal en aeródromo Balmaceda	185
Figura 6.4: Aeródromo Balmaceda y áreas colocadas bajo protección oficial	193
Figura 4.5: Humedal Río Oscuro (no asociado a límite urbano) aledaño al aeródromo Balmaceda	194
Figura 7-1. PIB Promedio 2013 – 2021 por actividad económica Región de Aysén del Gral. C. Ibáñez del Campo (Base=2018)	196
Figura 7-2. VACS por componente (\$ dic 2022)	208

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Roles de avalúos que forman parte del aeródromo de Balmaceda	16
Tabla 3.2: Roles de avalúo en entorno inmediato a aeródromo de Balmaceda	17
Tabla 3.3: Criterios de evaluación de infraestructura de drenajes	18
Tabla 3.4: Resumen diagnóstico sistema aguas lluvia	24
Tabla 3.5: Permisos ambientales sectoriales (RCA N° 89/2019)	26
Tabla 3.6: Compromisos Ambientales Voluntarios (RCA N° 89/2019)	27
Tabla 3.7: Precipitación total mensual (2001-2021)	31
Tabla 3.8: Temperatura media mensual (2001-2021)	31
Tabla 3.9: N° Ocurrencias dirección/velocidad (kt) – Periodo 2001-2021	32
Tabla 3.10: Clasificación aeropuerto – pistas	35
Tabla 3.11: Clasificación aeropuerto - rodajes	36
Tabla 3.12: Pesos según aeronave de diseño y ruta SCBA-SCEL	36
Tabla 3.13: Longitud de campo de referencia LCR	37
Tabla 3.14: Factores de ajuste	37
Tabla 3.15: Longitud de campo compensada en despegue LCC	37
Tabla 3.16: Longitud pista en aterrizaje	38
Tabla 3.17: Longitud pista compensada aterrizaje	38
Tabla 3.18: Pesos según aeronave de diseño y rutas	39
Tabla 3.19: Longitud de campo compensada en despegue LCC ruta Balmaceda-Arica	39
Tabla 3.20: Nomenclatura PCN	40
Tabla 3.21: Operaciones proyectadas	41
Tabla 3.22: Aeronaves de cálculo	41
Tabla 3.23: Características estructurales secciones	42
Tabla 3.24: Resumen estructuras	42
Tabla 3.25: Valores PCN obtenidos	43
Tabla 3.26: Valor PCN en sección mixta	43
Tabla 3.27: Rangos PCI de Pavimentos	44
Tabla 3.28: Ramas, secciones e índice PCI	45
Tabla 3.29: Brechas y/o requerimientos detectados por la Dirección de Aeropuertos.	59
Tabla 3.30: Brechas pista.	59
Tabla 3.31: Brechas rodaje Alfa letra clave D	60
Tabla 3.32: Brechas rodaje Bravo letra clave D	60
Tabla 3.33: Brechas rodaje Charlie letra clave D	61
Tabla 3.34: Brechas rodaje FACH letra clave C	61
Tabla 3.35: Brechas y/o hallazgos sistemas ayudas visuales luminosas	64
Tabla 3.36: Brechas y/o hallazgos hidrología	64
Tabla 3.37: Recomendaciones para brechas y hallazgos	75
Tabla 4.1: Factores de ocupación históricos 2015 – 2020 (%)	88
Tabla 4.2: Composición flota proyectada op. comerciales nacionales (%)	88
Tabla 4.3: Proyección de operaciones comerciales SCBA, 2021 – 2050 (op/año)	1
Tabla 4.4: Proyección de operaciones comerciales por tipo de aeronave escenario base (op/año)	1

Tabla 4.5: Proyección operación total de SCBA escenario base (op/año)	2
Tabla 4.6: Operaciones hora punta (H1), promedio día, totales y factor hora punta (H1) por tipo de aviación y totales históricas SCBA (op/h, op/día, op/año, %)	3
Tabla 4.7: Proyección H1 operaciones por tipo de aviación y totales 2022 – 2050 escenario base (op/h; %)	4
Tabla 4.8: Pasajeros embarcados H1 y H40, totales, promedio día y factor de H1 y H40	4
Tabla 4.9: Proyección H1 y H40 pasajeros embarcados escenario base, (Pax/h)	5
Tabla 4.10: Parámetros Pista principal y Alfa como pista secundaria	6
Tabla 4.11: Distancias y pendientes	7
Tabla 4.12: Resultados asociados a escenarios en evaluación situación con proyecto	11
Tabla 4.13: Precipitaciones máximas en 24 horas	20
Tabla 4.14: Resumen resultados distribución normal	21
Tabla 4.15: Resumen resultados distribución log normal.	21
Tabla 4.16: Resumen resultados distribución Gumbel.	22
Tabla 4.17: Resumen precipitaciones máximas diarias con duración de 24 horas y 10 años de periodo de retorno.	22
Tabla 4.18: Resumen prueba de bondad de ajuste	23
Tabla 4.19: Resultados prueba de bondad de ajuste	23
Tabla 4.20: Precipitación total mensual (2001 – 2021)	29
Tabla 4.21: Temperatura mínima media mensual (2001 – 2021).	30
Tabla 4.22: Temperatura máxima media mensual (2001 – 2021).	31
Tabla 4.23: Temperatura media mensual (2001 – 2021)	32
Tabla 4.24: N° Ocurrencias dirección/velocidad (kt) – Periodo 2001-2021	34
Tabla 4.25: % Ocurrencias dirección/velocidad (kt) – Periodo 2001-2021	35
Tabla 4.26: Resultados Proctor y CBR (al 95%)	42
Tabla 4.27: Resultados Proctor y CBR (al 80%)	42
Tabla 4.28: Granulometría	45
Tabla 4.29: Registro nivelación geométrica con tramos ida y vuelta.	54
Tabla 4.30: Detalle observaciones GNSS.	57
Tabla 4.31: Información PRs.	57
Tabla 4.32: Vectores de la poligonal GNSS	57
Tabla 4.33: Informe de ajuste de la red	58
Tabla 4.34: Parámetros proyección LTM con altura PTL.	60
Tabla 4.35: Parámetros de traslación y rotación coordenadas planas	60
Tabla 4.36: Coordenadas geodésicas de los PRs y estación de referencia.	61
Tabla 4.37: Coordenadas UTM de los PRs y estación de referencia.	61
Tabla 4.38: Coordenadas PTL con elevación respecto al NMM de los PRs	61
Tabla 4.39: Coordenadas DAP de los PRs.	61
Tabla 4.40: Coordenadas puntos topográficos de anclaje	63
Tabla 5.1: Espesores de materiales	69
Tabla 5.2: ACV resultados de impactos para alternativas de pavimentos	76
Tabla 5.3: SCBA. Nuevos Umbrales uso espacio aéreo.	83
Tabla 5.4.: SCBA. Rumbos de Pista.	83
Tabla 5.5.: SCBA. Procedimientos de vuelo. Salidas	83
Tabla 5.6.: SCBA. Procedimientos de vuelo. Llegadas	84
Tabla 5.7.: SCBA. Procedimientos de vuelo. Aproximaciones.	85
Tabla 5.8: SCBA. Nuevas coordenadas RNAV RNP X RWY27N.	111
Tabla 5.9: Obras situación con proyecto – Levantamiento brechas	116
Tabla 5.10: Aeronaves de cálculo	121
Tabla 5.11: Perfil estratigráfico del subsuelo, a partir del nivel superior actual del terreno.	121
Tabla 5.12: Mínimo espesor de estratos para pavimentos rígidos	123
Tabla 5.13: Espesores alternativas hormigón aviación comercial	124
Tabla 5.14: Espesores alternativas hormigón zona FACH	125
Tabla 5.15: Espesores alternativas hormigón zona CONAF	125

Tabla 5.16: Mínimo espesor de estratos para pavimentos flexibles	126
Tabla 5.17: Espesores alternativas asfalto fillets	126
Tabla 5.18: Mínimo espesor de estratos para pavimento de margen	127
Tabla 5.19: Espesores alternativas asfalto margen aviación comercial	127
Tabla 5.20: Espesores alternativas asfalto margen zona FACH	128
Tabla 5.21: Espesores alternativas asfalto margen zona CONAF	128
Tabla 5.22: Cuadro espesores adoptados	129
Tabla 5.23: Nomenclatura PCR	130
Tabla 5.24: Valores obtenidos PCR/ACR	131
Tabla 5.25: Valores obtenidos PCN/ACN	131
Tabla 5.26: Cuadro de separación entre balizas de borde de rodaje	134
Tabla 5.27: Cálculo emplazamiento de antena senda de planeo ILS y sistema PAPI	136
Tabla 5.28: Cálculo alimentador	138
Tabla 5.29: Cálculo Sección alimentador	139
Tabla 5.30: Cálculo de reguladores sistema de luces de aproximación	139
Tabla 5.31: Potencias eléctricas adicionales	140
Tabla 5.32: Cálculo emplazamiento PAPI	142
Tabla 5.33: Parámetros pista principal y Alfa como pista secundaria	145
Tabla 5.34: Resultados asociados a escenarios en evaluación situación con proyecto	147
Tabla 5.35: Datos y resultados situación actual según FAA	155
Tabla 5.36: Datos y resultados situación actual según DAN 14-154	155
Tabla 5.37: Datos y resultados situación con proyecto según FAA	156
Tabla 5.38: Datos y resultados situación con proyecto según DAN 14-154	157
Tabla 5.39: Superficies de áreas aportantes	161
Tabla 5.40: Caudales de sumidero	162
Tabla 5.41: Sumideros proyectados	163
Tabla 5.42: Resumen cálculo drenes proyectados	164
Tabla 5.43: Cámaras de inspección proyectadas	165
Tabla 5.44: Dimensiones pozo de infiltración	165
Tabla 5.45: Base de datos con valores referenciales	168
Tabla 5.46: Base de datos con tasación prepericial y costos administrativos de la normalización área movimiento	171
Tabla 6.1: Cambios que introduce RCA N° 89/2019 a la situación actual del Aeródromo Balmaceda (Situación Base)	174
Tabla 6.2: Cuadro resumen comparativo entere situación actual y futura (Situación Base) de la RCA N° 89/2019	179
Tabla 6.3: Permisos Ambientales Sectoriales (PAS Mixtos) Situación Base (RCA N° 89/2019)	181
Tabla 6.4: Análisis de los literales del Artículo 3 del Reglamento del SEIA	189
Tabla 6.5: Áreas colocadas bajo protección oficial y su distancia al Proyecto	193
Tabla 7-1. Red de pequeños aeródromos región de Aysén del Gral. C. Ibáñez del Campo	197
Tabla 7-2. Costos directo de inversión a precios privados (\$ dic 2022)	201
Tabla 7-3. Costo total de inversión a precio privado (costos directos e indirectos) (\$ dic 2022)	201
Tabla 7-4. Costo directo de inversión a precios sociales (\$ dic 2022)	202
Tabla 7-5. Costo total de inversión a precios sociales (costos directos e indirectos) (\$ dic 2022)	202
Tabla 7-6. Costo de expropiación y gastos administrativos a precios privados (\$ dic 2022)	202
Tabla 7-7. Costo de expropiación y gastos administrativos a precios sociales (\$ dic 2022)	203
Tabla 7-8. Áreas por materialidad (m ²)	203
Tabla 7-9. Superficies a mantener para pavimento de hormigón, según actividad de mantención (m ²)	204
Tabla 7-10. Precios unitarios por actividad de mantención a precios privados (\$dic 2022/m ²)	204
Tabla 7-11. Plan de mantención a precios privados (\$ dic 2022)	205
Tabla 7-12. Precios unitarios por actividad de mantención a precios privados (\$dic 2022/m ²)	205
Tabla 7-13. Plan de mantención a precios sociales (\$ dic 2022)	205
Tabla 7-14. Cuantificación emisiones de CO ₂ fase de inversión	206
Tabla 7-15. Valorización emisiones de CO ₂ fase de inversión a precios sociales (\$ dic 2022)	206
Tabla 7-16. Costos emisiones CO ₂ por Año a precios sociales (\$ dic 2022)	206

Tabla 7-17. Valor residual de la inversión a precios privados (\$ dic 2022).....	207
Tabla 7-18. Valor residual de la inversión a precios sociales (\$ dic 2022).....	207
Tabla 7-19. Flujo de caja a precios sociales (\$ dic 2022).....	208
Tabla 7-20. Comparación cuantitativa presupuesto perfil (EP) vs ingeniería de detalle (ID) (\$ dic 2022).....	210
Tabla 7-21. Comparación cualitativa presupuesto perfil (EP) vs ingeniería de detalle (ID) (\$ dic 2022)	211

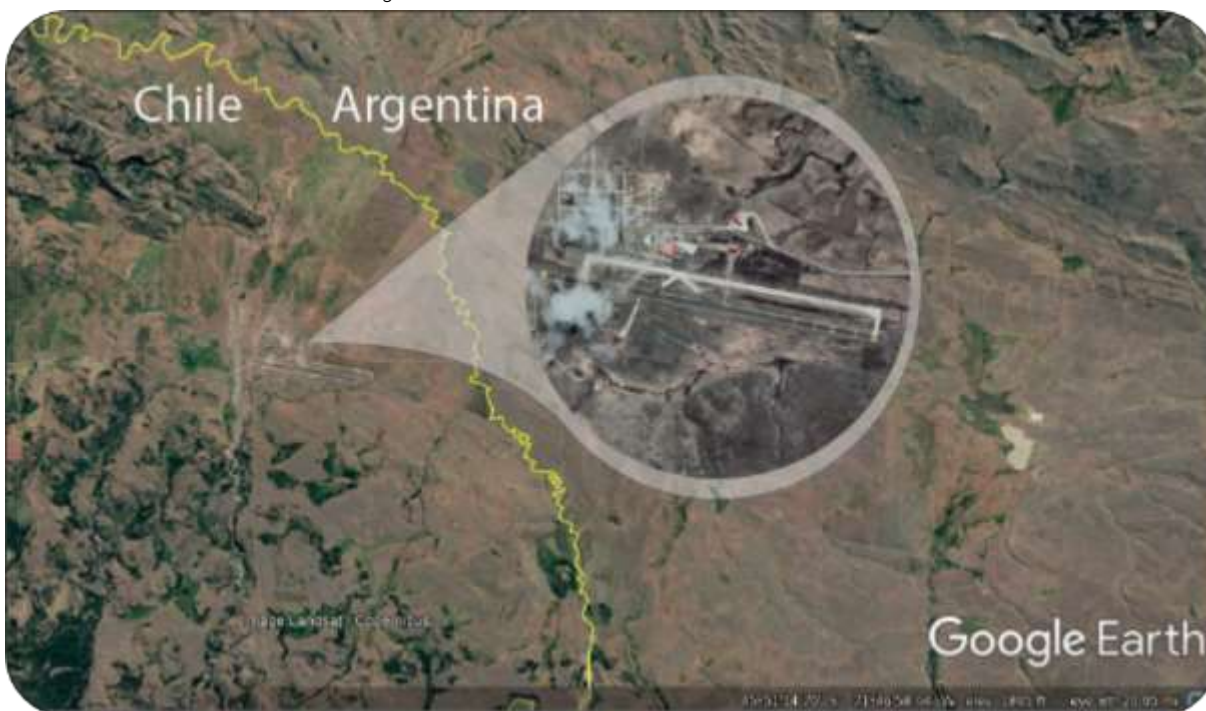
1 INTRODUCCIÓN

El Aeródromo de Balmaceda se encuentra ubicado a 500 metros al sur de la localidad de Balmaceda y pertenece a la comuna de Coyhaique, Región de Aysén, Chile. Su código OACI corresponde al 'SCBA', y se compone en la actualidad de una pista principal DE 2.501 metros de largo y 45 metros de ancho denominada 09/27 de orientación Oriente-Poniente (E-O) y tiene una pendiente promedio de 0,67%. Cuenta con una calle de rodaje Alfa, paralela a la pista, que se conecta por medio de dos rodajes de conexión, una en el umbral 27 y otra a 300 metros aproximadamente del umbral 09, además de rodajes de desahogo de pista denominadas Bravo y Charlie.

El aeródromo cuenta también con una plataforma de estacionamientos de aeronaves comerciales y generales hacia el costado norte, además de un pequeño sector militar con rodaje y plataforma, ubicados en el costado sur. Su clave de referencia es 4D.

Desde el punto de vista climático, el clima de Balmaceda es oceánico frío, con inviernos fríos (de junio a agosto) y veranos frescos (de diciembre a febrero), es ventoso y parcialmente nublado todo el año.

Figura 1.1: Ubicación del aeródromo de Balmaceda



El tipo de aviación que se desarrolla en Balmaceda, corresponde principalmente a:

- Operaciones de aviación general.
- Operaciones de aviación comercial.
- Operaciones de aviación militar.

En el siguiente documento, se presenta la Etapa 6 denominada “Informe Final” del proyecto, documento autosuficiente y autoexplicativo que contiene de manera resumida la totalidad de las etapas y subetapas desarrolladas durante la Consultoría, para todas las etapas aprobadas y sin observaciones pendientes por resolver (REV-0).

2 ETAPAS Y SUBETAPAS

La programación del siguiente estudio se realizó de acuerdo a las siguientes etapas y sub etapas:

- ➔ Etapa 1: Diagnóstico
 - Subetapa 1.A: Diagnostico
- ➔ Etapa 2: Estudios Básicos
 - Subetapa 2.A: Proyecciones de Demanda
 - Subetapa 2.B: Ingeniería Básica
- ➔ Etapa 3: Desarrollo Ingeniería de Detalles
 - Subetapa 3.A: Airside Normalización
 - Subetapa 3.B: Estudio de Expropiaciones
- ➔ Etapa 4: Aspectos Medioambientales
 - Subetapa 4.A: Análisis de Antecedentes Ambientales
 - Subetapa 4.B: Consulta de Pertinencia
 - Subetapa 4.C: Declaración de Impacto Ambiental¹
- ➔ Etapa 5: Evaluación Social
 - Subetapa 5.A: Evaluación Social
- ➔ Etapa 6: Informe Final
 - Subetapa 6.A: Informe Final
 - Subetapa 6.B: Bases para construcción
- ➔ Etapa 7: Seguimiento
 - Subetapa 7.A: Seguimiento Evaluación Social
 - Subetapa 7.B: Seguimiento Ambiental, Adenda N°1
 - Subetapa 7.C: Seguimiento Ambiental, Adenda N°2
 - Subetapa 7.D: Seguimiento Ambiental, Revisión RCA
- ➔ Etapa 8: Plan Maestro

Estas etapas y sub etapas se desarrollarán en profundidad en los siguientes capítulos.

¹ Sub Etapa 4.C únicamente se realiza si la consulta de pertinencia resulta desfavorable. En caso de no desarrollar la DIA, no aplican las subetapas de seguimiento ambiental 7.B a la 7.D

3 ETAPA 1: DIAGNÓSTICO

3.1 DIAGNÓSTICO MULTIDISCIPLINARIO – INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

La Etapa 1 del presente Proyecto, considera evaluar de forma multidisciplinaria las actuales dependencias del Aeródromo, con la finalidad de diagnosticar su funcionalidad y comportamiento operacional.

De acuerdo a lo establecido en los Términos de Referencia del Contrato, se realizó un levantamiento de todas las especialidades involucradas en terreno durante la tercera y cuarta semana de marzo de 2022, en la cual se inspeccionaron y registraron fotográficamente cada uno de los elementos constituyentes de la infraestructura horizontal del Aeródromo que forma parte del estudio, esto excluye a la zona de plataforma y rodajes de conexión a esta por cuanto estas zonas están comprometidas dentro del proyecto de ampliación del aeródromo por parte de la empresa concesionaria.

El Levantamiento consideró revisar visualmente las condiciones de las estructuras y sus equipamientos, comparar la información existente en documentos varios con lo materializado y evaluar en terreno las brechas enunciadas en los antecedentes de licitación, u otra que pudiese advertirse, con el fin de normalizar el área de maniobras.

3.1.1 Diagnóstico – Ingeniería Eléctrica

Este documento contempla el diagnóstico eléctrico de las instalaciones del Aeródromo de Balmaceda. Por lo que, en esta etapa, se evaluaron las instalaciones de Ayudas Visuales en pista.

De acuerdo a lo establecido en los Términos de Referencia, se requiere la elaboración de un Informe que detalle las características principales de las instalaciones correspondiente al equipamiento eléctrico presente en el aeródromo, su actual estado de operatividad e instalaciones asociadas.

Por lo anterior se ha conformado un equipo de inspección, que se ha constituido en terreno para realizar las tareas de Catastro de las instalaciones, reuniendo las principales características de los sistemas.

Todo lo anterior con el propósito de disponer de antecedentes que permitan realizar las evaluaciones y decisiones que correspondan en el marco del Proyecto.

Anexo al presente capítulo se encuentran las Fichas de cada una de las instalaciones que se sometieron a esta inspección y catastro, donde se recogen las características principales de las instalaciones y sistemas y se señalan las observaciones y recomendaciones que se formulan en el marco de esta inspección.

3.1.1.1 AYUDAS VISUALES

Las relaciones de fichas se agrupan como sigue:

- LUCES BORDE PISTA
- SISTEMA PAPI PISTA PRINCIPAL
- SISTEMA APROXIMACION
- SISTEMA REIL
- SISTEMA INDICADORES DE DIRECCION DEL VIENTO
- LETREROS GUIAS
- SISTEMA LUCES DE BORDE DE RODAJE
- LUCES DE BORDE DE PISTA ALTERNATIVA
- SISTEMA PAPI PISTA ALTERNATIVA
- SISTEMA REIL PISTA ALTERNATIVA
- SISTEMA LOCALIZADOR DE PISTA
- REGULADORES DE CORRIENTE CONSTANTE

3.1.1.2 SISTEMAS DE CONTROL

El sistema de control ALCMS marca ADB se encuentra emplazado en las dependencias de la subestación eléctrica DGAC.

El sistema de control de ayudas visuales permite el control, monitoreo y/o supervisión de todos los sistemas de ayudas visuales del aeródromo.

En la torre de control existe una estación de trabajo con una pantalla de touch screen, con teclado y mouse para la operación de control. Esta estación de trabajo tiene una interfaz visual gráfica específica para controlar y monitorear las ayudas luminosas del aeródromo.

En condiciones normales y con el permiso correspondiente, el control del sistema puede ser abandonado por los controladores de la torre, para poder efectuar operaciones de mantenimiento.

La red de comunicaciones está constituida por fibra óptica y está unida con la torre de control y subestación eléctrica.

Para la implementación de los trabajos de extensión de calles de rodaje como normalización de pista principal, existe el espacio disponible en tableros eléctricos y de control, y se deberá considerar la incorporación de la nueva infraestructura horizontal en las pantallas de presentación del sistema en los PC, para lo cual el actual Sistema ALCMS de ADB, permite la intervención del software para realizar estos ajustes.

3.1.1.3 TRANSFORMADOR PRINCIPAL SUBESTACION ELECTRICA (SE) DGAC

La Subestación cuenta con un transformador principal de 1000 KVA y uno secundario de 800 KVA. Adicionalmente cuenta con 7 transformadores de 10KVA para los diferentes sistemas.

3.1.1.4 CANALIZACIONES

El aeródromo cuenta con una red de canalizaciones subterráneas eléctricas en Media y Baja/CCDD, las cuales son independientes entre sí.

Actualmente las canalizaciones eléctricas en baja y media tensión que hacen ingreso a la subestación eléctrica DGAC son nuevas, considerando que las calles de rodaje Alfa, Bravo y Charlie más pista alternativa fueron construidas en el año 2018 aproximadamente. Por lo que se encuentra en buen estado de conservación.

Para las canalizaciones de media tensión existen 22 ductos de 90 mm, en tanto para las canalizaciones de baja tensión son 18 ductos de 90 mm, ambos conjuntos de ductos provienen desde la subestación eléctrica DGAC hasta la calle de rodaje Alfa, y es en este punto donde se derivan a diferentes direcciones.

Respecto a las instalaciones de ayudas visuales para pista principal es antigua y requiere su cambio y/o actualización.

Para la normalización en canalizaciones eléctricas en pista principal se deberá realizar un nuevo trazado, eso dado porque actualmente las canalizaciones borde de pista y PAPI es a través de bases galvanizadas, las cuales no podrían ser utilizadas para la alimentación del nuevo sistema de aproximación entendiendo que lo existente no puede albergar más ductos y cableados, hasta empalmar con cámara existente (instalada en año 2018) para hacer ingreso a subestación eléctrica, por lo que los ductos en ese tramo se reutilizarán.

3.1.1.5 CONCLUSIONES

De acuerdo a la visita de inspección técnica por parte de esta especialidad, y a lo planteado en las Fichas de la Inspección Técnica se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

En general la mayoría de los sistemas de ayudas visuales luminosas son nuevos y se encuentran operando en buenas condiciones técnicas, con excepción de lo que se informa continuación, y donde se propone que sean abordados en la fase de detalles para su mejora:

- Se recomienda cambiar el sistema PAPI de Pista 27 por un sistema con tecnología LED, lo anterior en merito a los años de servicio (21 años) y obsolescencia de repuestos. Se aprovechará el desplazamiento del umbral para su renovación en su nueva ubicación.
- Se propone reemplaza los dos conos de dirección de viento por sistemas nuevos.
- Se recomienda implementación de banderines para nieve indicadores de balizaje para pista alternativa y rodajes. Las instalaciones antiguas lo disponen en el Aeródromo.
- Para el sistema VOR DME se recomienda una actualización de la acometida eléctrica desde el empalme hasta la estación VOR DME con cambio de alimentadores, grupo electrógeno y tablero. En cuanto al cerco de madera de la estación se recomienda un mantenimiento general que involucre piezas faltantes y pintura principalmente. Para el cerco perimetral del terreno donde se emplaza el sistema, se debe considerar un nuevo cerco que no permita el acceso de personas ajenas y de animales que provocan interferencias. Se recomienda también un mantenimiento de la caseta del Grupo Electrónico.
- Se recomienda intervenir el software del actual sistema de control para incorporar en pantalla la nueva configuración de infraestructura horizontal, según proyecto a definir.
- El sistema de luces de borde/umbral/termino de pista de la pista principal fueron recientemente reemplazadas por balizaje Led nuevo, por lo que no requiere de obras asociadas, salvo en el sector de alargue, según proyecto a definir.

3.1.2 Diagnóstico – Expropiaciones

El objetivo del presente capítulo es informar sobre la recopilación e identificación de los terrenos que forman parte del Aeródromo Balmaceda y también de los terrenos, propiedades de terceros en el entorno inmediato del Aeródromo.

3.1.2.1 ANTECEDENTES LEGALES Y PLANIMÉTRICOS DE LA PROPIEDAD DEL AERÓDROMO Y PROPIEDADES VECINAS

Se ha procedido a realizar una recopilación e investigación parcial de antecedentes que identifican la propiedad actual del Aeródromo Balmaceda, tales como roles de avalúos, planos de propiedad de Bienes Nacionales, decretos de destinación, copia de inscripción de la propiedad y vigencia de esta, entre otros antecedentes, recabados en el Servicio de Impuestos Internos, Oficina de catastro de Bienes Nacionales de Coyhaique y Conservador de Bienes Raíces de Coyhaique.

3.1.2.1.1 SERVICIO DE IMPUESTOS INTERNOS (SII)

De la página web del Servicio de Impuestos Internos en adelante SII, se ha obtenido información certificada que permite individualizar el Rol de Avalúo de la propiedad del aeródromo y también de las propiedades en el entorno al Aeródromo.

Los certificados de los Roles de Avalúo Fiscales se obtuvieron directamente desde la página web del Servicio de Impuestos Interno, así también detalles del bien raíz, de dichos antecedentes se obtiene el nombre del propietario aparente según el S.I.I., su dirección o nombre del predio, destino de la propiedad y su avalúo fiscal actualizado al primer semestre 2022.

De la investigación de los roles de avalúo que forman parte de la propiedad del aeródromo y de los roles de avalúo en el entorno inmediato del aeródromo de Balmaceda susceptible de verse afectado por la normalización de este, se tiene los siguientes cuadros con información de interés.

Tabla 3.1: Roles de avalúos que forman parte del aeródromo de Balmaceda

ROL AVALÚO	NOMBRE PROPIETARIO	NOMBRE PROPIEDAD	DESTINO	\$ AVALÚO FISCAL
1044-011	Dirección Gral. de Aeronáutica	Aeropuerto de Balmaceda S/N Balmaceda	Otros No Considerados	8.075.854.499

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2: Roles de avalúo en entorno inmediato a aeródromo de Balmaceda

ROL AVALÚO	NOMBRE PROPIETARIO	NOMBRE PROPIEDAD	DESTINO	\$ AVALÚO FISCAL
1043-012	Echaveguren Navarro Esteban Manu y	Sauce chico	Agrícola	118.071.174
1043-014	Castillo Olguin Miguel Enrique	Fdo Santa Rosa Sector Balmaceda	Agrícola	109.660.701
1043-025	Peede Thomas Federico Eduardo	Balmaceda La Frontera	Agrícola	1.357.934.648
1043-056	Peede Thomas Federico Eduardo	Balmaceda Sta Cecilia	Agrícola	432.274.334
1043-076	Peede Maluenda Dorothy Pamela y otr	Balmaceda LT B	Agrícola	267.086.991
1043-083	Dirección General de Aeronáutica	Balmaceda Lote B1	Agrícola	10.413.061
1043-088	Yolanda Quezada Henríquez y otros	Rio Huemules 0 LT Balmaceda	No registra	
1043-118	Echaveguren Navarro Francisco Anton	Sector Balmaceda LT4	Agrícola	27.872.292

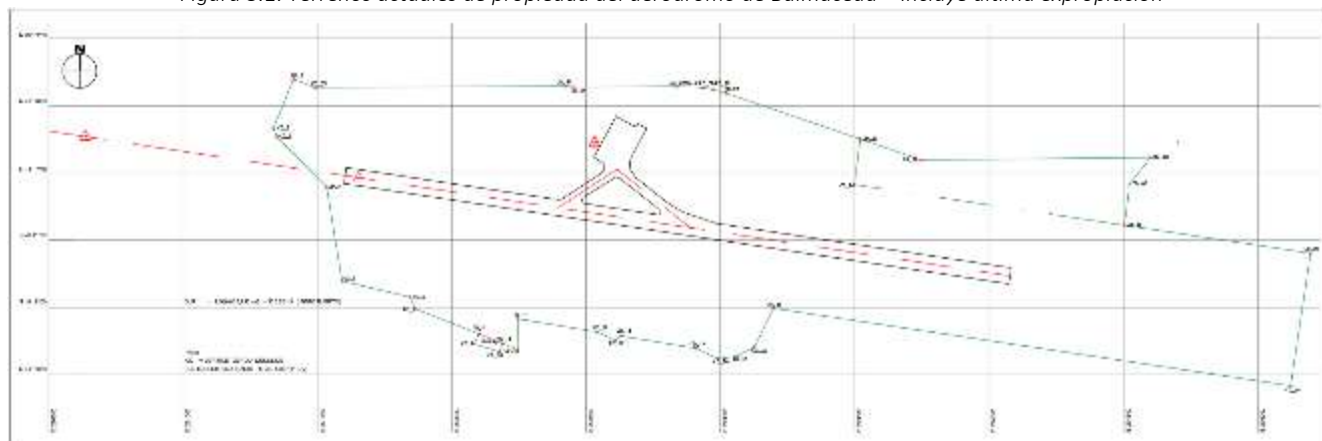
Fuente: Elaboración propia

De la investigación de los roles de avalúo que forman parte de las propiedades del entorno inmediato al aeródromo, se verifica que el emplazamiento del VOR se encuentra en el terreno rol de avalúo 1043-14 que figura según el SII a nombre de Castillo Olguin Miguel Enrique y cuyo título de propiedad vigente rola inscrito a fojas 399 N°239 del año 2006 correspondiente al Conservador de Bienes Raíces de Coyhaique.

3.1.2.1.2 CONSERVADOR DE BIENES RAÍCES DE COYHAIQUE

Se logro ubicar previo estudio e investigación las inscripciones a favor del Fisco desde el año 1982 en adelante, ubicando dichos antecedentes de títulos, en el Conservador de Bienes Raíces de Coyhaique en la visita que se realizó a la zona para verificar la situación legal en que se encuentran los terrenos del Aeródromo Balmaceda y obtener la o las inscripciones de propiedad con vigencia y planos de expropiación o de propiedad de los terrenos.

Figura 3.1: Terrenos actuales de propiedad del aeródromo de Balmaceda – Incluye última expropiación



Fuente: Elaboración propia del consultor

En resumen, la propiedad del Aeródromo está compuesta por 34 títulos dominio vigentes de propiedad, que totalizan una superficie de 275,53Ha de terreno, cuya silueta se ilustra en la figura anterior y en Plano SCBA1-22-GE-EX-PG-001.

3.1.3 Diagnóstico – Hidrología y Drenaje de Aguas Lluvia

En la presente sección, se analiza el drenaje las aguas lluvias para el área de movimiento del Aeródromo, donde se caracterizará obras existentes o la falta de ellas para una correcta captación y disposición de las aguas lluvias. Las instalaciones catastradas en la campaña de terreno llevada a cabo durante la tercera y cuarta semana de marzo de 2022, corresponden a:

- Obras de drenaje del área de movimiento del aeródromo.

La evaluación corresponde a un diagnóstico de las características físicas y normativas de lo actualmente instalado, independiente si a la infraestructura horizontal a la que sirve será reconstruida por temas arquitectónicos, estructurales, normativos, geográficos o de otra índole.

Las instalaciones catastradas en la campaña de terreno del 29 de marzo del presente año corresponden a:

- a) Sector Comercial
 - Pista principal
 - Rodaje Alfa
 - Rodaje Bravo
 - Rodaje Charlie
 - Plataforma comercial
 - Camino y Plataforma SEI
- b) Sector FACH
 - Plataforma FACH
 - Rodaje FACH

3.1.3.1 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL DIAGNÓSTICO CUALITATIVO

Tabla 3.3: Criterios de evaluación de infraestructura de drenajes

Infraestructura	Estado de la Infraestructura	Criterios de Evaluación
Sistema de Aguas Lluvias Instalaciones horizontales	Bueno	- Las obras de aguas lluvias se encuentran en buen estado de conservación y mantención. - Las obras de aguas lluvias disponen de todos sus elementos en buen estado y completos. - No se presentan zonas de encharcamiento en el terreno.
	Regular	- Las obras de aguas lluvias se encuentran en estado deteriorado y falta de mantención, sin afectar su funcionamiento. - Las obras de aguas lluvias tienen algunos elementos en estado deteriorado y/o incompletas. - Se presentan zonas de encharcamiento de agua en el terreno.
	Malo	- Las obras de aguas lluvias se encuentran en estado deteriorado y falta de mantención, afectando su funcionamiento. - No se dispone con obras de drenaje de aguas lluvias. - Las obras de aguas lluvias tienen algunos elementos en estado deteriorado y/o incompletas. - Se presentan zonas de encharcamiento de agua en el terreno.

Fuente: Elaboración propia

3.1.3.2 CARACTERÍSTICAS SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS

En la actualidad las instalaciones del Aeródromo de Balmaceda en su área de movimiento cuentan con una pista principal, calles de rodaje de conexión hacia sector comercial y sector FACH, donde existen plataformas de estacionamientos para aeronaves según su uso. Dispone de un sistema de captación, conducción y evacuación de aguas lluvias compuesto por una red de canales sin revestir, los cuales conducen las aguas en sentido Poniente a Oriente, descargando gravitacionalmente en el Río Humo.

El sistema de drenajes también cuenta con obras de arte materializadas en hormigón y tuberías corrugadas de acero o HDPE estructural, cuya función es permitir el paso del flujo de las aguas pluviales bajo las calles de rodaje captadas por los canales.

Para un mayor entendimiento del sistema, y para representar la forma en que se realiza el diagnóstico, la superficie a diagnosticar se divide en cuatro sectores, lo cual se observa en la figura siguiente

Figura 3.2: Planta general clasificación sistema drenaje existente – SCBA



Fuente: Google Earth

A continuación, se identifican las obras que conforman la red de captación y conducción de aguas lluvias del aeródromo (señalando el sentido de su escurrimiento), compuesta por canales abiertos y tuberías soterradas. Las obras se enumeran de forma correlativa.

3.1.3.2.1 SECTOR NORPONIENTE

En el sector norponiente se encuentran las instalaciones de plataforma comercial, rodaje Alfa, rodaje Charlie, rodaje Bravo, camino aeronáutico, camino acceso a SSEI y plataforma SSEI. En relación con el sistema destinado a la recolección de las aguas lluvias, en forma general, es posible identificar cuatro canales.

- El canal N°1, emplazado al costado norte de la calle de rodaje Alfa, que avanza en sentido poniente-orienté, rodeando en forma soterrada la plataforma comercial para descargar en una laguna, ubicada al norte del edificio SSEI. Los tramos de canal visibles son los denominados C1.1 y C1.3, que corresponden a canales de forma trapecial, sin revestimiento. Presentan una forma irregular en su geometría, asociado a la etapa de construcción, con un importante crecimiento de vegetación, producto de una baja mantención. En cuanto a las obras de arte OA1.1 y OA1.2, estas corresponden a obras prefabricadas de hormigón armado, y dado el tiempo de uso (4 a 5 años), presentan un buen estado de conservación, sin daños estructurales visibles, geometría bien definida y sin acumulación de sedimento en su interior.
- El canal N°2, ubicado entre la calle de rodaje Alfa y la pista, avanza en sentido poniente-orienté. El tramo del canal N°2 analizado se encuentra excavado en tierra, sin revestimiento, y con un leve crecimiento de maleza en la parte baja del canal, no así en sus muros, los cuales se encuentra limpios. En base a lo descrito, se espera un leve aumento en la rugosidad del canal, la cual no debe afectar la capacidad de porteo de este. En general la condición del canal N°2 es buena. Considerando que la pista se clasifica como 4D instrumental, esta presenta una franja de seguridad de 150m a cada lado del eje. Por tanto, el canal N°2 y sus obras de arte se encuentran en una zona que no permite su construcción y deben mantenerse bajo pendientes normativas y, por tanto, deben ser eliminados en el futuro proyecto, siendo sustituidos por un sistema de sumideros con tubería soterrada.
- El canal N°3, emplazado al costado sur del camino aeronáutico hacia el SEI, avanzando poniente-orienté. En relación con el tramo inicial del canal, en donde se encuentra abierto, sin revestimiento, con un crecimiento vegetal importante en la base de canal, lo cual aumenta su rugosidad y disminuye su capacidad de porteo. Luego, su estado es regular. La descarga de la tubería de acero corrugado (T3.1) se realiza directamente a la laguna ubicada al norte del edificio SSEI, sin contar con una estructura de hormigón tipo muro de contención o ala, que impida la caída de

material sobre la tubería. Si bien en la visita no se observan obstrucciones en el punto de descarga, ni desmoronamiento importante del terreno, se recomienda la incorporación de un muro de contención, que ayude a controlar el terreno, y evite la erosión local provocada por la descarga de la tubería. Su condición es regular.

- El canal N°4, emplazado al norte de la calle de rodaje Alfa, avanzando en sentido poniente-oriental. El tramo del canal analizado presenta una cantidad importante de maleza, concentrada en la base del canal, asociado a una baja mantención. Esto implica que la rugosidad del canal aumente, disminuyendo su capacidad de porteo. Luego, el estado del canal es regular.
- El canal N°15, emplazado al norponiente del recinto del aeródromo, avanzando en sentido sur a norte. El canal N°15 presenta crecimiento de vegetación en su base y costados, atribuible a falta de mantención. Esto implica en un incremento en su rugosidad, y disminución en su capacidad de porteo, por tanto, su estado es regular.

El canal N°2 y N°3, descargan en un cuerpo de agua ubicado al final de la pista, el cual descarga en sentido sur-norte hacia la ruta N°260.

Figura 3.3: Planta sistema de drenaje sector norponiente – aguas lluvia



Fuente: Google Earth

3.1.3.2.2 SECTOR NORORIENTE

En el sector nororiental se encuentran las instalaciones de pista, rodaje Alfa y camino aeronáutico. En relación con el sistema destinado a la recolección de las aguas lluvias, en forma general, es posible identificar cinco canales. Se dispone de la continuación del canal C2 proveniente del sector norponiente, emplazado entre la pista y rodaje Alfa, el cual avanza en sentido poniente-oriental atravesando el rodaje Alfa, posteriormente el canal cambia de dirección hacia el norte, descargando hacia cauce natural fuera del recinto del aeródromo. Así mismo se emplaza la continuación del canal C4 proveniente del sector norponiente, ubicado en forma paralela a 76m del rodaje Alfa, el que avanza en sentido poniente-oriental hasta descargar en el canal C2. Paralelo y al costado sur del camino aeronáutico, se encuentra el canal C5, el cual capta las aguas de la laguna (donde descarga C1 y C3), avanzando de sentido poniente-oriental hasta descargar en el canal C2.

En el terreno ubicado al oriente de la pista, se encuentran los canales C6, C7, C8 y C9. El canal C6 emplazado en el mismo sentido de rodaje Alfa; y aprox. en la misma línea del canal C4, avanza en sentido poniente-oriental, descargando en cauce natural del terreno fuera del recinto del aeródromo. El canal C7 se encuentra ubicado al costado oriente del recinto del aeródromo, el cual avanza en sentido sur-norte, descargando en el canal C6 antes mencionado. El canal C8 se dispone en el mismo sentido de la pista, avanzando en sentido poniente-oriental, descargando en cauce natural del terreno fuera del recinto del aeródromo. El canal C9 se ubica paralelo al canal C8 avanzando en sentido poniente-oriental, descargando las aguas en el canal C8, es decir al sur.

- El Canal N°2 del sector oriente, obras de arte OA2.5, tuberías T2.1 y T2.2 se encuentran en un estado regular de conservación, además, desde el punto de vista normativo (DAN 14 154) se encuentran emplazadas dentro de franja de seguridad, y por tanto deben ser retiradas y sustituidas por una solución normada.
- El canal N°4, el tramo del canal analizado presenta una cantidad importante de maleza, concentrada en la base del canal, asociado a una baja mantención. Esto implica que la rugosidad del canal aumente, disminuyendo su capacidad de porteo. Luego, el estado del canal es regular.
- El canal N°5, el tramo del canal analizado presenta una cantidad importante de maleza, concentrada en la base del canal, asociado a una baja mantención. Esto implica que la rugosidad del canal aumente, disminuyendo su capacidad de porteo. Luego, el estado del canal es regular.
- El canal N°6, en el escenario de ampliación de la calle de rodaje Alfa, la que se clasifica como pista alternativa 3C visual, esta presentaría una franja de seguridad de 75m medida desde el eje en su ampliación, tal como ocurre actualmente. El canal N°6 se encuentran a 65m, por lo que de ampliar Alfa tal que el canal quede dentro de la franja, este no cumpliría con los requerimientos normativos, por lo que debería ser modificado en su tramo de vulneración de franja, siendo sustituidos por un sistema de drenajes de acuerdo con las directrices normativas. Si la ampliación del rodaje Alfa con característica de pista no alcanza el entorno del canal, este se mantendría.
- El canal N°7, El tramo del canal analizado presenta maleza, concentrada en la base del canal, asociado a una baja mantención. Esto implica que la rugosidad del canal aumente, disminuyendo su capacidad de porteo. Luego, el estado del canal es regular. Se evaluará brecha normativa cuando se disponga de la información de la proyección de pista y Alfa, considerando los distanciamientos mínimos al umbral de 60m de franjas, más la zona RESA de 90m, de acuerdo a la clasificación de pista 4D instrumental y 3C visual respectivamente.
- El canal N°8, el tramo del canal analizado presenta maleza, concentrada en la base del canal, asociado a una baja mantención. Esto implica que la rugosidad del canal aumente, disminuyendo su capacidad de porteo. Luego, el estado del canal es regular. considerando que la pista se clasifica como 4D instrumental, esta presenta una franja de seguridad de 150m. El canal N°8 se encuentran a 20m de su extensión para el proyecto, no cumpliendo con los requerimientos normativos, por lo que debe ser eliminado en el futuro proyecto, siendo sustituidos por un sistema de drenajes de acuerdo a las directrices normativas.
- El canal N°9, el tramo del canal analizado presenta maleza, concentrada en la base del canal, asociado a una baja mantención. Esto implica que la rugosidad del canal aumente, disminuyendo su capacidad de porteo. Luego, el estado del canal es regular. Considerando que la pista se clasifica como 4D instrumental, esta presenta una franja de seguridad de 150 m. El canal N°9 se encuentran a 20 m de su extensión para el proyecto, no cumpliendo con los requerimientos normativos, por lo que debe ser eliminado en el futuro proyecto, siendo sustituidos por un sistema de drenajes de acuerdo a las directrices normativas.

Figura 3.4: Planta sistema drenajes sector Nororiente – Aguas Lluvia



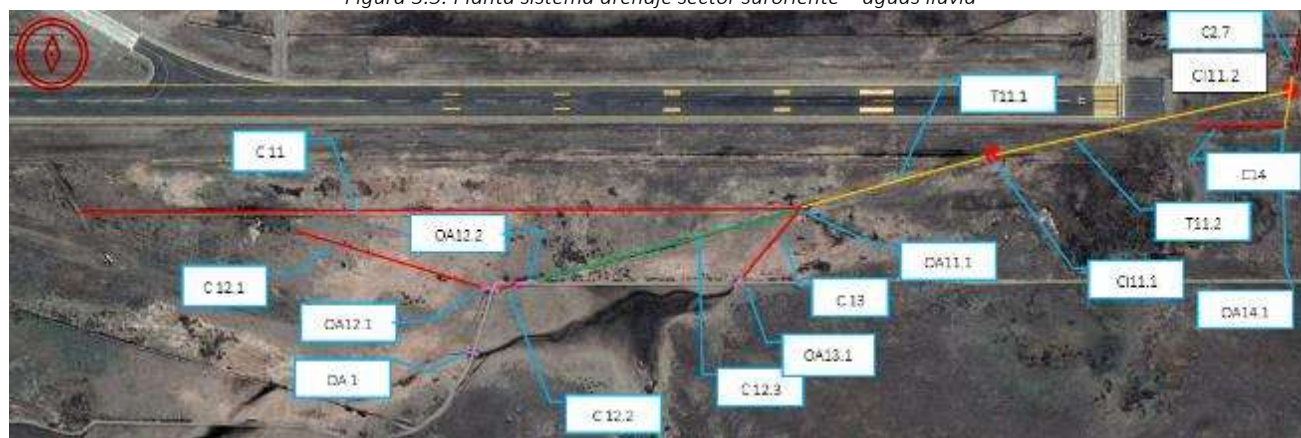
Fuente: Google Earth

3.1.3.2.3 SECTOR SURORIENTE

En el sector sur oriente del aeródromo es posible identificar cuatro canales excavados en terreno natural. Los canales identificados como C11, C12 y C13, confluyen en una obra de arte común (OA11.1). Desde ahí, el escurrimiento es conducido a través de una tubería de HDPE soterrada (T11.1 y T11.2), pasando por dos cámaras de inspección (CI11.1 y CI11.2) hasta descargar en el canal C2.7 (ver sector nororiental). El canal C14 por su parte, se conecta a través de una obra de arte OA14.1, mediante tubería de acero corrugado hasta la CI11.2.

- Canal N°11, es excavado en terreno natural, sin revestir, con forma trapezoidal (ancho inferior 0,6m; ancho superior 2,5m; altura media de 0,8m). Avanza en sentido poniente a oriente en una extensión de 967m, paralelo a la pista, distanciando 147m al eje de esta al sur. Capta las aguas provenientes de la pista y del terreno entre el canal y la misma. Presenta un leve crecimiento de vegetación en su base, atribuible a falta de mantención. Esto implica un incremento en su rugosidad, y disminución en su capacidad de porteo. Indicaciones de parte de funcionarios en terreno, señalan que no existen problemas con la operación de dicho canal, por tanto, su estado es regular. Considerando que la pista se clasifica como 4D instrumental, esta presenta una franja de seguridad de 150m desde el eje y que el canal N°11, en toda su longitud se encuentra a una distancia de 147m del eje de la pista, este se encontraría vulnerando esta zona. Por tanto, con el objetivo de dar cumplimiento con la normativa, el canal debe ser replanteado, cumpliendo con el distanciamiento al eje de pista. Las cámaras de inspección y tuberías soterradas se pueden mantener en su posición actual.
- Canal N°12, El canal N°12 excavado en terreno natural, tiene una longitud total de 702m. Avanza en sentido poniente a oriente, descargando en la obra de arte OA11.1. El tramo C12.1 no presenta revestimiento, con una longitud de 270m hasta la OA12.1. El tramo C12.1 del canal se encuentra con un importante crecimiento de maleza tanto en su base como en los muros, lo cual aumenta su rugosidad, y disminuye su capacidad de porteo. Según información entregada por personal del aeródromo, el canal no presenta problemas en su operación. Luego, el diagnóstico es regular.
- Canal N°13, El canal N°13 es excavado en terreno natural, con forma trapezoidal (ancho base 0,6m; ancho superficial 1,6m; altura media 0,8m) con una longitud total de 120m. Avanza en sentido sur a norte, iniciando en la obra de arte OA13.1 y descargando en la OA11.1. El canal capta aguas de una quebrada natural, ubicada al sur del aeródromo. El canal N°13 se encuentra con un importante crecimiento de maleza en su base no así en los muros, lo cual aumenta su rugosidad, y disminuye su capacidad de porteo. Según información entregada por personal del aeródromo, el canal no presenta problemas en su operación. Luego, el diagnóstico es regular.
- Canal N°14, El canal N°14 es excavado en terreno natural, con forma irregular, tendiendo a trapezoidal (ancho base 2,0m; ancho superior 6,5m; altura media 0,8m) con una longitud total de 120m. Avanza en sentido poniente a oriente, descargando en la OA14.1. Se encuentra fuera de la franja de seguridad de la pista. Sin embargo, al extender la pista, este debe ser eliminado, en conjunto con su obra de arte OA14.

Figura 3.5: Planta sistema drenaje sector suroriente – aguas lluvia



Fuente: Google Earth

3.1.3.2.4 SECTOR SURPONIENTE

En el sector sur poniente del aeródromo es posible identificar la plataforma de la FACH y un canal identificado como Canal N°10.

- Plataforma FACH: La plataforma de la FACH no cuenta con elementos de captación y/o conducción de aguas lluvias. Según información recopilada en terreno, la superficie no presenta problemas asociados a la carencia de este elemento, descargando las aguas hacia el terreno natural, siendo infiltrada sin problemas. La normativa vigente (AC-150-5320-5D-AIR-DRAINAGE-DESIGN-FAA-US-DT) no solicita de forma obligatoria la incorporación de elementos de control de aguas lluvias, y, por tanto, la infraestructura horizontal se encuentra en buen estado. De todas formas, considerando que, a causa del cambio climático, se espera que existan incrementos en las precipitaciones, es recomendable incorporar un sistema de canaletas perimetrales.
- Canal N°10: El canal se encuentra excavado en terreno natural, con una geometría poco definida, con presencia de abundante vegetación tanto en la base como en sus muros. Ambas condiciones afectan la capacidad de porteo de canal, reduciéndola. Sin embargo, indicaciones entregadas por personal del aeródromo en terreno, señalan que el canal funciona de buena manera. Por tanto, la condición del canal es regular.

3.1.3.3 DIAGNÓSTICO DE LA INSTALACIÓN

De acuerdo a lo establecido en los Términos de Referencia del Contrato, en donde se requirió la elaboración de un Informe que detallara las características principales de las instalaciones correspondiente a las obras de drenaje de aguas lluvias presente en el aeródromo, su actual estado de operatividad e instalaciones asociadas, se conformó un equipo de inspección, que se constituyó en terreno para realizar las tareas de Catastro de las instalaciones, reuniendo las principales características de los sistemas.

De acuerdo a normativa DAN 14 154 y manual AC 150/5320-5D, Air Drainage Design; la infraestructura del aeródromo debe contar con sistema de drenajes que permitan de manera controlada captar, conducir y disponer las aguas lluvias de tal manera que no afecte las operaciones del aeródromo.

Como diagnóstico de las aguas lluvias se tiene:

- En general los canales abiertos muestran crecimiento importante de maleza, asociado a una baja mantención.
- En general las obras de arte identificadas corresponden a estructuras de hormigón, en buen estado de conservación, sin fallas estructurales visibles, sin des angulaciones respecto a la vertical y correctamente emplazadas respecto de la cota de entrada de los canales.

- Existe una serie de tuberías bajo caminos que no presentan muros de contención que protejan las tuberías y eviten la caída de material de relleno al canal. Esto se da en sectores alejados de pista y calles de rodaje.
- Los canales N°2, 6, 8, 9, 10, 11 y 14 se encuentran dentro de las franjas de seguridad, ya sea de pista o rodaje alfa, y, por lo tanto, deben ser modificados o sustituidos según el análisis que se realice durante la etapa de ingeniería.
- Las plataformas comercial y FACH no cuentan con sistemas de captación de aguas lluvias. Información obtenida en terreno apunta a un correcto funcionamiento de estas, sin embargo, dado el aumento de precipitaciones, así como de su periodicidad, se recomienda la incorporación de sistemas de captación para esta infraestructura.

A continuación, se identifica el sector de las instalaciones, las instalaciones y el estado según el diagnóstico realizado.

Tabla 3.4: Resumen diagnóstico sistema aguas lluvia

SECTOR INSTALACIONES	CANAL (C)/ OBRA DE ARTE (OA)	ESTADO
SECTOR NORPONIENTE	C1.1	Regular
	C1.3	Regular
	OA1.1	Buena
	OA1.2	Buena
	C2.1	Regular
	C2.2	Buena
	C2.3	Buena
	C2.4	Buena
	OA2.1	Buena
	OA2.2	Buena
	OA2.3	Buena
	OA2.4	Buena
	C3.1	Regular
	OA3.1	Buena
	T3.1	Regular
SECTOR SURPONIENTE	C4.1	Regular
	OA4.1	Buena
	C15	Regular
SECTOR SURORIENTE	C-10.1	Regular
	C10.2	Regular
	OA10.1	Malo
	C-11	Regular
	OA11.1	Buena
	C-12.1	Regular
	C-12.2	Buena
	C-12.3	Buena
	O12.1	Regular
	O12.2	Buena
SECTOR NORORIENTE	C-13	Regular
	OA13.1	Regular
	C-14	Buena
	OA14.1	Buena
	C5.1	Regular
	C5.2	Regular
	T5.1	Regular
	T5.2	Regular
	C4.2	Regular
	T4	Regular
	C2.5	Regular
	OA2.5	Regular
	C2.6	Regular
	C2.7	Regular
	T2.1	Regular
	C2.8	Regular
	T2.2	Malo
	C2.9	Regular

SECTOR INSTALACIONES	CANAL (C)/ OBRA DE ARTE (OA)	ESTADO
	C8.1	Regular
	C8.2	Regular
	C9	Regular
	C7	Regular
	C6.1	Regular
	C6.2	Regular

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4 Diagnóstico – Medio Ambiente

A continuación, se hace análisis a nivel de diagnóstico técnico, normativo y legal de los factores medioambientales que pueden verse afectados en el desarrollo planteado para el aeródromo y a su vez, cuáles serán las medidas de mitigación a proponerse.

En específico, se abordarán los distintos componentes ambientales (reserva territorial; ruido; gases; desechos sólidos; aguas servidas; etc.) en función de determinar cómo podría alguno de éstos afectar en la toma de decisiones o al desarrollo de las obras proyectadas. A partir de dicho análisis se propondrán alternativas para el manejo de basuras y desechos sólidos, tratamiento de las aguas servidas, así como las recomendaciones que sean necesarias.

3.1.4.1 ANTECEDENTES AMBIENTALES

El proyecto “Normalización Área de Movimiento Aeródromo de Balmaceda”, ubicado en la comuna y provincia de Coyhaique de la región de Aysén, sólo corresponde a la modificación del área de movimiento del aeródromo actual, el cual fue inaugurado en el año 1964, previo a la creación del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), sin haber registrado antecedentes de haber sido sometido a evaluación ambiental por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), sino hasta la calificación favorable de la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto “Ampliación y Mejoramiento Aeródromo Balmaceda” (Situación base del proyecto en estudio), correspondiente a la modificación del actual aeródromo y cuya Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 89 del 30 de Diciembre de 2019 en vigencia, figura como el único antecedente de evaluación ambiental del actual aeródromo por el SEA.

Cabe destacar, que, si bien el proyecto en estudio “Normalización Área de Movimiento Aeródromo de Balmaceda” corresponde a una modificación de una parte del actual aeródromo, la cual como su nombre lo indica, contempla exclusivamente obras en un sector del área de movimiento no considerada o incluida en el proyecto correspondiente a la RCA N° 89 del 30 de diciembre de 2019 en vigencia. Aunado a esto, destaca también el hecho de que las modificaciones y nuevas obras de infraestructura horizontal que se contemplan en el área de movimiento sin proyecto, responde sólo a la necesidad de mejorar la calidad de servicio y condiciones de seguridad en la operatividad del aeródromo, y no al cambio en la capacidad de operaciones que tiene el aeródromo actualmente.

Por tal razón, el proyecto en estudio no se superpone con el área correspondiente al proyecto ya evaluado y calificado ambientalmente favorable por el SEA mediante la RCA citada vigente.

En la siguiente figura se representa gráficamente la situación argumentada en el párrafo anterior, donde se pueden apreciar aquellos sectores destinados a los alcances del presente proyecto en estudio, así como el área correspondiente al proyecto evaluado y calificado ambientalmente favorable (RCA N° 89/2019), el cual constituye la situación base, evidenciándose así, que no se prevé superposición alguna entre ambos.

Figura 3.6: Sectores de alcances del proyecto y sector de la situación base



Fuente: Elaboración Propia en base a información de la DAP

Tal como se pudo dilucidar anteriormente, el presente proyecto en estudio no se superpone sobre lo evaluado y calificado ambientalmente favorable (RCA N° 89/2019) en vigencia, sin embargo, dado a que ambos proyectos modifican el mismo aeródromo y por lo tanto se ubican en el mismo predio, de igual manera a continuación se proceden a destacar los Permisos Ambientales Sectoriales (PAS), así como también, los compromisos ambientales voluntarios adquiridos mediante la citada RCA, los cuales, mientras aún no se dé el inicio de la etapa de construcción del proyecto "Ampliación y Mejoramiento Aeródromo Balmaceda", no se podrá observar el cumplimiento de los mismos.

3.1.4.1.1 PERMISOS SECTORIALES (RCA N°89/2019)

Los únicos permisos ambientales sectoriales aplicables a la situación base del proyecto son los siguientes:

Tabla 3.5: Permisos ambientales sectoriales (RCA N° 89/2019)

Artículo 140: Permiso para la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase o para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase.	
Fase del Proyecto a la cual corresponde	Fase de Construcción y Operación.
Parte, obra o acción a la que aplica	Habilitación de un patio de salvataje en la obra "Instalación de Faenas", para el almacenamiento temporal de residuos asimilables a domiciliarios y residuos industriales no peligrosos que resulten de las labores de construcción de las obras
Condiciones o exigencias específicas para su otorgamiento	El requisito para su otorgamiento consiste en que las condiciones de saneamiento y seguridad eviten un riesgo a la salud de la población
Pronunciamiento del órgano competente	La SEREMI de Salud, Región de Aysén, mediante Ord. N°185, de fecha 21 de febrero de 2019, se pronunció favorablemente respecto de los contenidos técnicos y formales, para la acreditación del cumplimiento del permiso, aportados por el titular en la DIA.
6.2.2. Permiso para todo sitio destinado al almacenamiento de residuos peligrosos según se establece en el artículo 142 del Reglamento del SEIA	
Fase del Proyecto a la cual corresponde	Fase de Construcción y Operación.
Parte, obra o acción a la que aplica	Bodega de residuos peligrosos

Condiciones o exigencias específicas para su otorgamiento	El requisito para su otorgamiento consiste en que el almacenamiento de residuos en un sitio no afecte la calidad de las aguas, suelo y aire que pueda poner en riesgo la salud de la población.
Pronunciamiento del órgano competente	La SEREMI de Salud, Región de Aysén, mediante Ord. N°185, de fecha 21 de febrero de 2019, se pronunció favorablemente respecto de los contenidos técnicos y formales, para la acreditación del cumplimiento del permiso, aportados por el titular en la DIA.
6.2.3. Permiso para subdividir y urbanizar terrenos rurales o para construcciones fuera de los límites urbanos según se establece en el artículo 160 del Reglamento del SEIA	
Fase del Proyecto a la cual corresponde	Fase de Construcción
Parte, obra o acción a la que aplica	Construcción de obras en área fuera de los límites urbanos.
Condiciones o exigencias específicas para su otorgamiento	Los requisitos para su otorgamiento consisten en no originar nuevos núcleos urbanos al margen de la planificación urbana y no generar pérdida o degradación del recurso natural suelo.
Pronunciamiento del órgano competente	La SEREMI de Agricultura, Región de Aysén, mediante Ord. N°333, de fecha 21 de agosto de 2019, se pronunció favorablemente respecto de los contenidos técnicos y formales, para la acreditación del cumplimiento del permiso, aportados por el titular en la DIA y Adenda. El Servicio Agrícola y Ganadero, Región de Aysén, mediante Ord. N°56, de fecha 20 de febrero de 2019, se pronunció favorablemente respecto de los contenidos técnicos y formales, para la acreditación del cumplimiento del permiso, aportados por el titular en la DIA.

Fuente: RCA N° 89/2019

3.1.4.1.2 COMPROMISOS AMBIENTALES VOLUNTARIOS (RCA N° 89/2019)

Tabla 3.6: Compromisos Ambientales Voluntarios (RCA N° 89/2019)

COMPROMISOS AMBIENTALES VOLUNTARIOS	RESUMEN
Monitoreo de ruido continuo	Fase: Construcción Objetivo: Medir nivel de presión sonora asociado al descriptor YLDN en [dB(A)] y actualizar anualmente un mapa de ruido de este descriptor durante la fase de construcción del proyecto. Descripción: Mediante la instalación de una estación de medición de nivel de presión sonora continuo, se realizarán mediciones de nivel de presión sonora día-noche diaria y anual y elaboración de mapa de ruido anual del descriptor YLDN, basado en metodología FAA FAR150. Se considera que, con la información de mediciones de niveles de presión sonora, datos meteorológicos, más la data de operaciones diurnas y nocturnas, se elaborará un informe anual que será remitido a la Superintendencia de Medio Ambiente. Justificación: La medida voluntaria se dará por cumplida al haber registrado y analizados los datos de mediciones de nivel de presión sonora para la determinación del descriptor YLDN durante la fase de construcción. Lugar: Localidad de Balmaceda en un lugar representativo y que cuente con las condiciones necesarias de seguridad para los equipos y suministro de energía eléctrica. Forma: La estación de monitoreo considerara los siguientes registros: - Medición continua de nivel de presión sonora diurno (entre las 07 y 22 hrs) y nocturna (entre las 22 y 07 hrs). - Instrumentos de registro de humedad relativa, temperatura y velocidad y dirección del viento. - Transmisión remota de datos acústicos y meteorológicos. Oportunidad: El sistema de monitoreo se instalará de manera previa al inicio de la fase de construcción. Indicador de Cumplimiento: Informe Anual de registros de monitoreo y mapa de ruido YLDN durante la fase de construcción.
Reunión Inicial Comunidad de Balmaceda	Fase: Construcción Objetivo: Dar a conocer a la comunidad de Balmaceda los alcances del proyecto y los principales aspectos relacionados con la fase de construcción; recibir y sistematizar observaciones que genere la comunidad e informar el procedimiento de consultas y reclamos durante la fase de construcción.

	<u>Descripción:</u> Una reunión participación ciudadana ampliada de carácter informativa. <u>Justificación:</u> Se convocará de manera oportuna a la comunidad de Balmaceda y se realizará un registro de asistencia. <u>Lugar:</u> Localidad de Balmaceda. <u>Forma:</u> Presentación ampliada con un moderador, expositor del proyecto y panel de técnicos que den repuesta a las consultas de la comunidad. <u>Oportunidad:</u> Previo al inicio de la fase de construcción <u>Indicador de Cumplimiento:</u> • Registro audiovisual de la actividad; y • Registro de asistencia.

Fuente: RCA N° 89/2019

3.1.4.2 COMPONENTES TERRITORIALES AMBIENTALES

En este tema se evaluó la situación actual de algunos aspectos físicos del entorno y algunos agentes que podrían verse afectados durante la construcción. Los componentes son los siguientes:

- Uso de suelo, planificación y ordenamiento territorial
- Áreas protegidas y otras áreas o sitios de protección oficial
- Calidad del aire
- Ruido
- Medio biótico
- Arqueología
- Vialidad y transporte

3.1.4.3 GENERACIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS

En este sentido se indican los potenciales residuos durante la fase de construcción y el manejo de éstos, según normativa vigente. Estos son:

- Residuos líquidos domésticos
- Residuos líquidos industriales
- Residuos sólidos domiciliarios y asimilables a domésticos (RSAD)
- Residuos sólidos de la construcción (RESCON)
- Residuos sólidos peligrosos
- Sustancias peligrosas

3.1.4.4 PERMISOS SECTORIALES APLICABLES

Dados los alcances de las modificaciones planteadas al aeródromo para lograr con la normalización del área de movimiento, se deberá considerar cumplir con Permisos Sectoriales por lo que a continuación, se identifican los que al menos podrían requerirse solicitar y cumplir para la materialización de las obras y operación del proyecto:

- Permiso para la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase o para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase.
- Permiso para todo sitio destinado al almacenamiento de residuos peligrosos. El permiso para los sitios de almacenamiento de residuos peligrosos será el establecido en el artículo 29 del D.S. N°148/2003 del Ministerio de Salud, Reglamento Sanitario sobre manejo de residuos peligrosos.

- Permiso para subdividir y construir en predios rurales.

3.1.4.5 SENSIBILIDADES AMBIENTALES Y TERRITORIALES

Como principales sensibilidades ambientales se identifican las siguientes:

- Un aspecto relevante de la flora de la Estepa Patagónica característica de la zona donde se emplaza el aeródromo es la presencia del grupo de las cactáceas más australes de Chile, conformado por *Austrocactus patagonicus*, *Maihueniopsis darwinii* var. *darwinii*, *Maihuenia patagonica*, *Pterocactus australis* y *Pterocactus hickenii*. Éstas son las únicas especies de la región que han sido sometidas al proceso de clasificación de especies y asignadas a la categoría de conservación “En Peligro”, por lo que de especial importancia detectar la presencia de estas especies en el área de influencia del proyecto, aunque de acuerdo con el estudio de línea base del Medio Biótico de la RCA N° 89/2019, se descartó la presencia de especies de flora en estados de conservación en todo el predio.
- Una de las formaciones vegetacionales dominantes en el aeródromo es el matorral con dominancia de formaciones arbustivas, como el Neneo (*Mulinium spinosum*), éstos representan sitios son ecosistemas muy frágiles con vocación de protección y vida silvestre.
- La Estepa Patagónica característica de la zona donde se emplaza el aeródromo es un ambiente muy rico en fauna, la mayoría de las especies que visitan el predio del aeródromo especialmente de aves con un peak en primavera, tienen un rango de hogar amplio y se desplazan por el mismo dirigiéndose a cuerpos de agua que están hacia el oeste del predio o a formaciones boscosas de Lenga-Ñirre que están hacia sur del predio, por lo que podrían presentarse potenciales áreas de nidificación, reproducción o alimentación dentro del predio y sus adyacencias, especialmente en las estaciones de primavera y verano.
- Si bien dentro del predio del aeródromo no se identifican áreas de humedal que forman parte del actualizado inventario de humedales del Ministerio del Medioambiente (MMA), distanciado a unos 60-200 metros aproximadamente al oeste del perímetro del aeródromo circunda el Río Oscuro, un curso de agua permanente que junto a su vega de inundación corresponde a un área de humedal que si forma parte del actualizado inventario de humedales del MMA, pero sin declaratoria o tramitación alguna a la fecha para su protección oficial.

De igual forma, el proyecto dentro de sus acciones deberá considerar la no afectación de dicho humedal, dado a que circunda el perímetro oeste del aeródromo, cercano a sectores donde se proyectan los alcances del proyecto en estudio.

- De acuerdo con lo informado por la DGAC, existe un plan de manejo de compensación forestal dentro del predio del aeródromo, el cual se hace necesario considerar su ubicación, en función de que no sea intervenido o afectado por las obras temporales o permanentes del presente proyecto en estudio.
- A la fecha en el área de estudio no se registran incompatibilidades con algún instrumento de planificación o de ordenamiento territorial, por lo que aún no se registran sensibilidades territoriales.

3.1.5 Diagnóstico – Meteorología

El alcance de este capítulo consiste en recopilar y presentar la información meteorológica necesaria del lugar en el cual se encuentra emplazado el aeródromo de Balmaceda, valiéndose de la información de las siguientes variables meteorológicas:

- Pluviometría
- Temperaturas (Máximas, Mínimas y Medias)
- Dirección e Intensidad del Viento

En este análisis se han considerado como base los datos o registros meteorológicos provenientes de la estación meteorológica Balmaceda Ad. código nacional 450005, dispuestos en la sección de climatología de la DGAC.

se recopilaron los datos existentes entregados por la estación meteorológica Balmaceda Ad., de referencia geográfica LAT|LON: 45°55'5.99"S|71°40'40"W (-45.91833°|-71.67778°).

Figura 3.7: Ubicación estación Balmaceda Ad.



Fuente: Google Earth

Los datos recolectados obedecen a un periodo de observación de 20 años (o el total de registros disponible para esta zona en particular). Las tablas que presentan datos con valor "0,0" indican periodos en los que no se ha registrado precipitación alguna. Los datos marcados como " " (vacío) indican periodos en los que no se tiene información respecto a la variable correspondiente.

3.1.5.1 PRECIPITACIONES

Tabla 3.7: Precipitación total mensual (2001-2021)

Estación "Balmaceda Ad." Balmaceda, Región de Aysén												
Lat Lon: 45°55'5,99"S 71°40'40"W												
Precipitación [mm] Total Mensual Periodo 2001-2021												
Año	Mes											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	74,0	33,0	78,9	19,4	70,1	66,6	41,1	68,2	20,2	2,4	10,0	24,8
2002	33,0	25,0	58,4	22,3	62,5	25,8	41,6	54,8	72,1	60,3	55,2	34,0
2003	46,2	5,4	20,4	12,0	62,8	108,0	17,3	97,1	44,5	146,8	38,7	14,3
2004	13,8	0,2	12,3	120,9	17,5	155,7	62,9	11,2	38,0	39,0	39,8	47,0
2005	8,2	27,6	43,6	80,1	109,2	167,3	20,0	21,8	2,2	51,4	50,4	0,0
2006	40,6	11,0	62,5	71,8	70,6	36,6	121,8	18,8	26,4	67,6	29,0	78,2
2007	3,6	8,1	16,2	59,2	9,4	46,4	24,6	14,6	64,0	48,0	8,6	14,8
2008	11,0	9,8	16,2	62,9	65,7	83,2	71,4	47,2	4,2	13,2	56,4	3,2
2009	16,2	76,4	36,6	59,8	77,6	60,0	20,0	82,4	15,4	52,0	35,2	47,3
2010	47,8	38,0	6,4	21,4	42,0	168,4	95,2	55,8	19,6	26,6	24,4	21,2
2011	27,2	27,4	40,8	38,0	34,2	42,2	78,6	32,2	28,8	28,4	24,8	5,8
2012	23,8	20,3	58,9	34,6	200,8	106,0	29,8	40,1	23,0	37,6	37,6	37,3
2013	15,6	31,8	6,2	10,8	97,0	48,2	111,2	152,8	34,7	0,2	21,3	4,6
2014	16,8	4,6	6,4	38,8	114,7	42,8	32,6	78,0	36,0	24,6	37,4	18,8
2015	10,8	2,8	87,0	23,6	138,6	58,6	62,0	42,2	7,2	1,8	16,4	7,8
2016	0,2	14,2	2,2	13,8	12,3	1,4	16,2	74,8	17,6	20,8	88,8	15,0
2017	57,0	28,6	84,3	61,6	82,4	105,2	82,6	83,4	22,5	26,0	5,8	29,4
2018	4,6	3,4	48,6	77,8	28,8	97,8	10,8	36,2	57,0	25,2	45,2	7,6
2019	14,6	3,8	40,6	69,0	54,6	102,6	50,2	29,8	0,0	0,0	0,0	23,6
2020	12,4	32,6	6,0	45,7	67,3	95,2	82,1	24,0	16,0	13,0	6,4	82,6
2021	25,8	7,6	23,6	22,6	26,1	0,4	.	.	.	0,0	1,1	6,3

Fuente: <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/requerimiento/producto/RE2009> (Código 450005)

3.1.5.2 TEMPERATURA

Tabla 3.8: Temperatura media mensual (2001-2021)

Estación "Balmaceda Ad." Balmaceda, Región de Aysén												
Lat Lon: 45°55'5,99"S 71°40'40"W												
Temperatura [°C] Media Mensual Periodo 2001-2021												
Año	Mes											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	10,7	11,1	7,9	6,5	2,5	1,6	-2,9	2,5	5,5	8,4	8,0	12,2
2002	12,2	13,4	7,6	6,9	2,6	-3,4	2,2	2,4	4,7	6,0	7,8	11,1
2003	11,5	11,8	11,2	6,3	4,2	1,2	2,7	3,5	5,3	6,4	8,6	9,6
2004	13,6	14,3	11,5	7,2	4,1	3,6	-1,2	3,4	5,6	7,9	10,4	11,1
2005	11,5	15,1	10,3	7,0	2,6	0,0	0,1	1,8	5,7	7,5	8,6	11,9
2006	11,9	12,7	10,0	6,8	3,6	1,7	-0,5	1,2	6,0	6,8	8,9	9,8
2007	12,3	11,2	10,3	7,2	2,6	1,3	0,4	1,9	5,3	6,8	8,9	11,7
2008	13,7	15,2	10,6	7,0	3,0	2,0	1,2	1,1	5,1	7,8	9,7	13,7
2009	13,5	13,3	11,0	8,6	4,3	2,0	2,4	3,2	5,3	5,9	7,1	10,1
2010	11,4	10,2	11,6	6,8	4,5	1,6	-1,3	0,3	5,3	7,8	9,2	10,7
2011	13,3	13,0	9,8	8,1	4,7	2,7	0,8	1,3	5,4	7,3	9,6	12,9
2012	14,7	12,0	11,4	6,6	4,7	0,8	1,3	3,2	5,8	7,5	10,4	10,4
2013	15,0	12,8	9,5	9,3	5,3	4,7	0,6	1,6	4,0	8,3	9,3	12,6
2014	12,1	12,5	9,3	7,2	4,1	2,8	2,0	5,1	5,4	7,7	9,4	11,3
2015	13,0	13,2	10,9	7,8	5,7	3,2	2,8	3,1	4,8	6,4	9,8	11,6
2016	14,0	12,4	12,2	5,0	4,3	2,9	1,8	4,2	6,3	8,5	10,8	12,6
2017	12,2	14,0	10,8	8,2	4,8	-0,1	2,3	3,3	5,3	6,9	10,4	11,7
2018	13,2	14,1	9,2	6,9	4,9	-0,4	-0,6	3,5	4,9	6,8	9,1	12,5
2019	10,8	12,7	10,3	7,9	4,4	2,0	2,1	3,2	4,7	7,1	9,6	11,7
2020	13,3	12,2	12,0	8,4	5,5	1,8	-0,8	2,8	5,3	7,5	10,8	12,0
2021	12,5	15,0	11,8	10,0	4,4	1,5	3,8	3,8	6,5	7,9	10,3	14,1

Fuente: <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/requerimiento/producto/RE2005> (Código 450005)

3.1.5.3 DIRECCIÓN E INTENSIDAD DEL VIENTO

Se presenta, a continuación, la información obtenida respecto a los registros de medición de vientos horarios, para el periodo de análisis comprendido entre el año 2001 hasta el año 2021.

Preliminarmente se desarrolla una tabla que contiene el número total de ocurrencias para una velocidad concreta del viento y en una dirección determinada.

Esta información; a diferencia de temperatura o precipitación no se encuentra agrupada por meses de cada año sino velocidad y dirección, ya que el enfoque de este análisis es conocer tendencia del viento y no puntualmente su momento de ocurrencia.

Tabla 3.9: N° Ocurrencias dirección/velocidad (kt) – Periodo 2001-2021

Dirección	Intensidad (kt)												TOTAL
	0	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	>50	
CALMA	2.800												2.800
N		289	42	22	9	2	1	0	0	0	0	0	365
NNE		154	24	12	5	6	1	0	0	0	0	0	202
NE		183	29	6	1	0	0	0	0	0	0	0	219
ENE		277	83	13	3	0	0	0	0	0	0	0	376
E		720	528	169	12	2	0	0	0	0	0	0	1.431
ESE		700	867	307	41	1	0	0	0	0	0	0	1.916
SE		457	670	213	14	1	0	0	0	0	0	0	1.355
SSE		233	228	27	5	0	0	0	0	0	0	0	493
S		199	142	25	6	0	0	0	0	0	0	0	372
SSW		78	38	11	9	6	0	1	0	0	0	0	143
SW		198	60	10	5	0	1	1	0	0	0	0	275
WSN		485	345	83	30	4	1	1	0	0	0	0	949
W		1.080	2.433	1.767	992	780	395	119	33	2	0	0	7.601
WNW		687	2.428	5.986	10.245	9.941	4.278	1.032	160	26	2	0	34.785
NW		547	1.203	3.569	5.935	5.618	2.133	382	50	12	1	0	19.450
NNW		319	250	191	158	119	31	5	1	0	0	0	1.074
VRB		6.528	28	3	0	0	0	0	0	0	0	0	6.559
TOTAL	2.800	13.134	9.398	12.414	17.470	16.480	6.841	1.541	244	40	3	0	80.365

Fuente: Elaboración Propia

3.1.6 Diagnóstico – Pavimentos Aeroportuarios

A continuación, se incluyen las características de cada sector del aeródromo respecto a su infraestructura horizontal. Las dimensiones acá indicadas deberán ser confirmadas con el levantamiento topográfico de la Sub Etapa 2.B.

3.1.6.1 INFRAESTRUCTURA HORIZONTAL EXISTENTE

- **Pista:**

El aeródromo posee una pista de orientación magnética 09/27 (E-W), de pavimento asfáltico y pavimento mixto, con una longitud declarada de 2.501 m de los cuales los primeros 2.100 m aprox. ²(desde el umbral 27) corresponden a pavimento mixto de asfalto sobre capa de hormigón y lo restante solo en asfalto. La pista cuenta con un ancho de 45 m y una pendiente promedio de 0.67%. Su resistencia PCN declarada según AIP es de 47/R/B/X/T. Cuenta con márgenes de 7,5 m a ambos lados de la misma, de materialidad asfáltica. Además, hacia ambos umbrales se encuentran zonas de protección a chorro de dimensiones 60 x 60 m de pavimento asfáltico, cubriendo el ancho de la pista y de los márgenes de ambos lados de la misma.

Según Diagnóstico Auscultación de Pavimentos Aeroportuarios de la Red Primaria Zona Sur.

Figura 3.8: Pista 09/27 – Vista Poniente (09)



Fuente: Fotografía visita diagnóstica 21/03/22

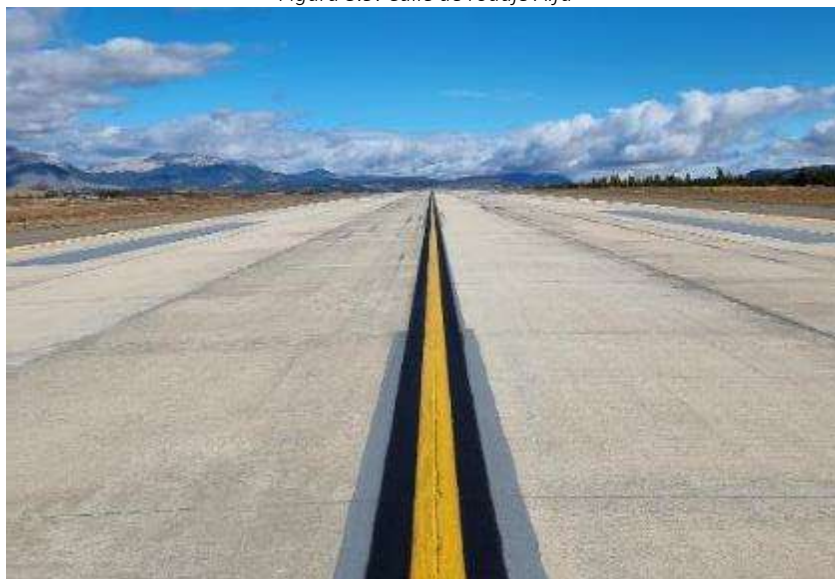
Respecto a la franja de pista para una letra clave 4 de vuelo por instrumentos, se debe considerar longitudinalmente el largo de la pista más la extensión de 60m en ambos extremos y transversalmente se debe considerar un ancho de 150m medidos a cada lado del eje, con 75m de este a cada lado con una nivelación descendente que no supere el 2,5%.

De acuerdo a lo anterior y ratificando antecedentes previos de consulta, la franja se encuentra incompleta hacia el umbral poniente y se estima que las pendientes más allá de los 75m del eje de pista hacia el costado norte pueden estar incumpliendo las pendientes más allá de la zona nivelada, específicamente por el quiebre abrupto a los 90m del eje aprox. donde se emplaza una zanja de drenaje en todo lo largo de pista. Cotas y pendientes se confirmarán una vez se cuente con el levantamiento topográfico. Cabe complementar que actualmente la pista no cuenta con zonas RESAS.

- **Rodajes:**

El aeródromo de Balmaceda cuenta con una calle de rodaje paralela a la pista principal, denominada Alfa ubicada a una distancia de 176 m entre ejes. Esta calle de rodaje tiene una longitud de 2.200 m y un ancho de 30 m, compuesta de hormigón. El tamaño de las losas es de 4 x 4 m. Al igual que la pista 09/27, el rodaje Alfa cuenta con márgenes de 7,5 m a ambos lados. Lo anterior estaría cumpliendo lo requerido para un rodaje letra clave D.

Figura 3.9: Calle de rodaje Alfa



Fuente: Fotografía visita diagnóstica 21/03/22

En ambos extremos de Alfa, ésta se une a pista en forma perpendicular; mediante rodajes de igual material, ubicados en el umbral 27 y a 300 m aprox. del umbral 09. Estos tienen un ancho de 23 m en su parte recta, ampliándose por fillets en las zonas de giro y un largo de 138,5m. En ambos costados se incluyen márgenes de 7,5m a cada lado de materialidad asfáltica.

La calle de salida Charlie, se encuentra a 800m aprox. desde el umbral 09 con un ángulo de salida de 42° aprox. En tanto que la calle de salida rápida Bravo se encuentra a 1.200m aprox. desde el umbral 27 emplazada con un ángulo de 30°. Ambas calles convergen a Alfa en prácticamente el mismo punto, frente a plataforma. Estos desahogos cuentan con un ancho de 23 m en su parte recta y márgenes de 7,5m hacia ambos lados. Los tramos cercanos a rodaje Alfa, la materialidad de los desahogos Bravo y Charlie es de hormigón, con una superficie aproximada de 4.100 m² y 3.260 m², respectivamente y losas de 3,8 x 4,2 m aprox., en tanto que los extremos cercanos a la pista 09/27, la materialidad de los desahogos es de pavimento asfáltico, con superficies aproximadas de 4.700 m² y 2.230 m², respectivamente, en donde Bravo mantiene hormigón en su capa inferior.

Con las dimensiones de anchura, los rodajes cumplirían la normativa, quedando por verificar las zonas de giro. Respecto a las franjas de rodaje, según normativa tendrán un ancho de 37m a ambos lados medido desde el eje y 19 m de estos a ambos lados deberán estar nivelados. Según lo anterior, los rodajes aparentemente estarían cumpliendo la normativa.

En el caso de considerar Alfa como pista alternativa, de clasificación 3C, deberá cumplir igual ancho y largo de franja que la pista principal, con nivelación hasta los 75 m medidos desde el eje y los 75 m restantes con un pendiente de hasta 5%. Esto a priori no se estaría cumpliendo, por cuando la zanja que divide las franjas de pista y rodaje muestran un quiebre pronunciado, visualizando desde el lado de Alfa una diferencia de cota abrupta de más de 1m. Lo anterior será ratificado con el levantamiento topográfico.

Alfa como pista cuenta con zona de protección al chorro y zonas RESA de 90 x 90 m en ambos extremos.

- **Plataformas:**

La plataforma de estacionamiento de aeronaves, es de forma irregular, siendo gran parte de ella de materialidad asfáltica, con una superficie aproximada de 15.870 m² y el resto compuesto de hormigón, con una superficie de 5.770 m².

Cabe indicar que la zona de plataforma está fuera del alcance del estudio, por cuanto se encuentra cubierta por las obras de ampliación del aeródromo según el proyecto de la nueva concesión. Con esto únicamente se incluye la descripción de esta sección como complemento.

- **Rodaje y Plataforma Base FACH:**

Hacia el sur oeste del aeródromo de Balmaceda; aprox. a 750 m del umbral 09, se ubica el rodaje de conexión entre la base de la FACH y la pista principal. Este rodaje tiene 15 m de ancho y 245 m de largo aprox., con una superficie de 3.675 m², compuesto por hormigón.

La plataforma de la base FACH, al igual que el rodaje, está compuesta por hormigón, con dimensiones aproximadas de 38 m x 54 m, equivalente a una superficie de 2.052 m². Ambas secciones se componen de losas de 6 x 3,75m aprox.

Según el ancho del rodaje este estaría asociado a una letra clave C. Luego el empalme con pista es el que cuenta con una escasa zona de giro, factor a considerar según operaciones de aviones FACH.

- **Camino Aeronáutico:**

Adicionalmente se incluye la condición del camino aeronáutico; de doble vía, ubicado especialmente hacia el sector de plataforma e instalaciones DGAC.

Desde plataforma al poniente se materializa en hormigón, en tanto que frente a plataforma posee un sector de asfalto y el resto de hormigón, específicamente en la zona en que dicha plataforma es de este material. Finalmente llega al SSEI en pavimento flexible. En general toda su extensión se encuentra en buenas condiciones, sin deterioros aparentes.

- **Camino Perimetral:**

finalmente se incluye la condición del camino perimetral, que rodea el recinto aeroportuario. Este se compone de un terreno compactado de aprox. 3m de ancho, ubicado al borde del cerco perimetral hacia el interior del aeropuerto. En general posee buen escurrimiento de agua, ya que no se aprecian encharcamientos ni desniveles por pérdida de material a causa de lluvia.

Se entiende que para el uso destinado cumple adecuadamente su función.

Adopta la altura del terreno donde se emplaza, por lo que hacía el costado sur-oriente de pista se aprecia que está más elevado que el eje de pista, pudiendo estar interfiriendo dentro de la SLO de transición, situación que será evaluada en la etapa 3, con la información topográfica y el trazado de la infraestructura horizontal. En el resto del perímetro no se aprecian dificultades de emplazamiento.

3.1.6.2 CUMPLIMIENTO NORMATIVO DAN 14 154

A continuación, se clasifica el Aeropuerto de acuerdo a recomendaciones DAN 14 154 Diseño de Aeródromos, considerando la categoría del aeródromo 4D, y en forma simultánea la categoría de pista número clave 3C para el rodaje Alfa actuando como pista alternativa (no simultánea).

Tabla 3.10: Clasificación aeropuerto – pistas

CARACTERÍSTICAS LETRA Y N° CLAVE	CLAVE 3C VISUAL	ALFA COMO PISTA	Clave 4D INSTRUMENTAL	PISTA 09/27
LONGITUD DE CAMPO	De 1200 a 1.800 m	2.200 m (long total)	Mayor a 1800 m	2.501 m (long. Total)
ANCHO PISTA	30 m	30 m	45 m	45 m
MÁRGENES PISTA	No requiere	7,5 m c/lado	60 m ancho total	7,5 m c/lado
LARGO FRANJA PISTA (*)	60 m	60 m	60 m	< 60 m El largo de 60m en un ancho de 150m desde el eje no se cumple en umbral 09 al sur.
ANCHO FRANJA PISTA (**)	75 m	75m en ambos costados	150 m	< 150 m Ancho total no cumple pendiente más allá de zona nivelada (en línea de zanja norte)
ANCHO FRANJA NIVELADA PISTA (**)	75 m	75 m en ambos costados	75 m	75 m
ANCHO RESA	60 m	90 m ambos umbrales	90 m	No posee zonas RESA
LARGO RESA	90 m	90 m ambos umbrales	90 m	
DISTANCIA ENTRE EJE PISTA Y RODAJE	176 m	No posee rodaje paralelo	168 m	176 m de Alfa
ZONA VIRAJE EN PISTA	Necesario si no cuenta con rodaje de conexión en umbral	No requiere	Necesario si no cuenta con rodaje de conexión en umbral	Se requiere en umbral 09

Fuente: DAN 14 154

(*) Distancia más allá del borde del umbral.

(**) Distancia lateral a cada lado del eje.

Tabla 3.11: Clasificación aeropuerto - rodajes.

CARACTERÍSTICAS LETRA CLAVE	CLAVE D	ALFA	BRAVO	CHARLIE
ANCHO RODAJE (*)	23 m	30 m	23 m	23 m
MÁRGENES RODAJE	37m ancho total	7,5 m c/lado	7,5 m c/lado	7,5 m c/lado
ANCHO FRANJA RODAJE (**)	37 m	SI	SI	SI
ANCHO FRANJA NIVELADA RODAJE (**)	19 m	SI	SI	SI
DISTANCIA EJE RODAJE Y OTRO RODAJE (***)	63 m	-	-	-

Fuente: DAN 14 154

(*) En tramos excluyendo fillets

(**) Distancia lateral a cada lado del eje. Se indica en tabla únicamente si visualmente cumple o no, ya que el ancho exacto se comprobaría una vez se cuente con datos topográficos.

(***) Las únicas calles de rodaje paralelas son los codos de Alfa a más de 2.000m entre ejes. La distancia entre el codo poniente de Alfa y Charlie en su parte más cercana se encuentra a 515m aprox., en tanto que la distancia más cercana entre Bravo y el codo oriente de Alfa se encuentra a 1.200m aprox.

Considerando lo anterior, la pista tiene falencias en cuanto a su ancho de franja para el umbral 09, situación agravada por la falta de espacio para contener dicha área. Así mismo, no se cuenta con zonas RESA y en igual escenario, no se cuenta hacia el umbral 09 con el espacio dentro del recinto aeroportuario para tal área.

3.1.6.3 ANÁLISIS LARGO DE PISTA

A continuación, se realiza un análisis de los requerimientos de largo de pista según *Documento 9157 Manual de Diseño de Aeródromos Parte 1, OACI en el apartado 3.5*, considerando las aeronaves de diseño, siendo en este caso el A320-200, A321-200 y el B767-300ER, mencionadas en los antecedentes de licitación. Esto únicamente para tener una noción de la condición actual, la que se replicaría con el desplazamiento hacia el costado oriente y en ningún caso para aconsejar una extensión o reducción de la misma.

Se analizan dos escenarios:

- Longitud de pista bajo la condición de utilizar el máximo peso de despegue (MTOW) y peso de aterrizaje (MLW) de las 3 aeronaves mencionadas.
- Longitud de pista según una ruta definida, considerando el peso de despegue (TOW) y aterrizaje (LW) con el 100% de ocupación y el combustible necesario para la trayectoria Balmaceda-Santiago.

Los datos de entrada para el desarrollo de los cálculos, se basan principalmente en los requerimientos de combustibles de la aeronave para la ruta en análisis, junto con las especificaciones técnicas de ella. Los valores de pesos de combustible se obtienen del programa dentro de la página virtual fuelplanner.com.

Luego, considerando los datos del programa y los propios de la aeronave obtenido de su catálogo se tiene lo siguiente:

Tabla 3.12: Pesos según aeronave de diseño y ruta SCBA-SCEL

RUTAS Variables	A320-200		A321-200		B767-300ER	
	Peso Máximo		Peso Máximo		Peso Máximo	
	kg	lbs	kg	lbs	kg	lbs
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Zero fuel	61.000	134.482	73.800	162.701	126.099	278.000
Reserve Fuel	3.102	6.838	3.436	7.576	6.391	14.089
Combustible requerido para ruta (en despegue)	5.507	12.140	6.101	13.451	11.346	25.014
Take off Weight (TOW)	69.608	153.460	83.338	183.728	143.836	317.103
Max Take off Weight (MTOW))	78.000	171.961	93.000	205.030	175.540	387.000
Landing Weight (LW)	64.102	141.320	77.236	170.277	132.489	292.089
Max Landing Weight (MLW)	64.500	142.198	77.800	171.520	136.078	300.000

Fuente: Elaboración Propia

3.1.6.3.1 ANÁLISIS DE PISTA PARA EL DESPEGUE

Para el análisis de largo de pista necesario en operación de despegue de la aeronave crítica, se debería considerar el peso máximo de la aeronave en despegue (MTOW), que será un valor independiente de las condiciones de infraestructura e inherente de la aeronave escogida. Este valor considera el peso del avión, la carga de pago (pasajeros y carga) y el combustible.

En general el peso máximo de despegue es superior al peso máximo de aterrizaje por aeronave, lo que es lógico ya que se considera que al despegar la aeronave lleva el combustible necesario para la trayectoria, el que es consumido una vez se aterriza, a excepción que en el aeródromo no se considere cargar combustible.

Para los cálculos de longitud de pista, se considera la longitud de campo compensada (LCC), la cual utiliza la longitud de campo de referencia (LCR) y los parámetros de temperatura, pendiente de pista y altura sobre el nivel del mar.

La Longitud de Campo de Referencia (LCR) corresponde a la longitud de campo mínima necesaria para el despegue con la masa máxima certificada de despegue al nivel del mar, en atmósfera tipo, sin viento y con pendiente de pista cero.

Para estas condiciones mencionadas, los pesos a utilizar son MTOW y TOW dependiente de cada aeronave. Esto arroja valores de LCR expresados en la siguiente tabla según los gráficos de cada aeronave:

Tabla 3.13: Longitud de campo de referencia LCR

A320-200				A321-200				B767-300ER			
LCR	MTOW	LCR	TOW	LCR	MTOW	LCR	TOW	LCR	MTOW	LCR	TOW
(m)	(kg)	(m)	(kg)	(m)	(kg)	(m)	(kg)	(m)	(kg)	(m)	(kg)
2.080	78.000	1.524	69.608	2.530	93.000	1.768	83.338	2.600	175.540	1.650	143.836

Fuente: Elaboración Propia

Luego, para determinar la longitud de campo compensada del aeródromo, se considerarán los siguientes factores de ajuste:

Tabla 3.14: Factores de ajuste

Factores	Descripción	Datos aeródromo
ALTITUD	7% adicional por cada 300 msnm.	525 msnm (según AIP)
TEMPERATURA	1% adicional por cada grado que la temperatura de referencia del aeródromo tenga por sobre la temperatura estándar del aeródromo.	19,75°C (según estudio IDOM)
PENDIENTE	10% por cada 1% de pendiente longitudinal de pista.	0,67% (según AIP)
CONDICIÓN ISA	Nivel del Mar, 15°C, sin viento ni pendiente	

Fuente: Elaboración Propia

Con lo que se tienen los siguientes resultados:

Tabla 3.15: Longitud de campo compensada en despegue LCC

Aeronave	A320-200				A321-200				B767-300ER			
	MTOW		TOW		MTOW		TOW		MTOW		TOW	
Peso Despegue	27	09	27	09	27	09	27	09	27	09	27	09
Umbral	2088,0	2088,0	1524,1	1524,1	2530,0	2530,0	1768,0	1768,0	2600,0	2600,0	1650,0	1650,0
Distancia despegue (ISA)	2088,0	2088,0	1524,1	1524,1	2530,0	2530,0	1768,0	1768,0	2600,0	2600,0	1650,0	1650,0
Elevación de Aeródromo: 525m												
Corrección por elevación	2343,7	2343,8	1710,7	1710,7	2839,93	2839,93	1984,57	1984,58	2918,5	2918,50	1852,1	1852,1
Temp referencia Ad. 19,75°C												
Temp. según atmof. tipo 11,58°C												
Corrección por temperatura	2535,1	2535,1	1850,3	1850,37	3071,73	3071,73	2146,57	2146,57	3156,7	3156,7	2003,3	2003,3
Pend. pista 0,67%												
Corrección por pendiente	2704,9	2365,2	1974,3	1726,4	3277,54	2865,93	2290,39	2002,75	3368,2	2945,2	2137,5	1869,1
Longitud pista compensada	2705	2366	1975	1727	3278	2866	2291	2003	3369	2946	2138	1870

Fuente: Elaboración Propia

De lo anterior se tiene que.

- En el caso de máximo peso de despegue (considerando MTOW) para todas las aeronaves, la longitud de pista necesaria para despegue es superior al actual largo de pista.
- En tanto que con el peso necesario (combustible y 100% carga) para la ruta Santiago-Balmaceda (considerando TOW), que es la ruta más larga que generalmente se hace en el aeródromo, se tiene que la longitud de pista necesaria para despegue es suficiente para todas las aeronaves y para ambos umbrales.

3.1.6.3.2 ANÁLISIS DE PISTA PARA EL ATERRIZAJE

Para el análisis de largo de pista necesario en operación de aterrizaje de la aeronave crítica, se consideran; como en despegue, el peso máximo de la aeronave en aterrizaje (MLW), que será un valor independiente de las condiciones de infraestructura inherente de la aeronave escogida, en tanto que respecto al combustible, únicamente se considerará el de reserva, asumiendo que en el trayecto consumió el combustible requerido según la ruta y que en el aeródromo cargará para el trayecto de retorno.

Como puede verse en la tabla de *Datos Pesos según aeronave de diseño y ruta SCBA-SCEL*, los pesos de aterrizajes de cada aeronave (LW) son inferiores a los pesos máximos permitidos en aterrizaje para cada aeronave (MLW). En caso que la pista tenga la distancia suficiente para el aterrizaje con el máximo peso, no será necesario el análisis para un peso de aterrizaje inferior, donde evidentemente el largo de pista tendrá un largo suficiente. Luego con los gráficos propios de cada aeronave se tiene:

Tabla 3.16: Longitud pista en aterrizaje

A320-200		A321-200		B767-300ER	
LRL	MLW	LRL	MLW	LRL	MLW
(m)	(kg)	(m)	(kg)	(m)	(kg)
1.433	64.500	1.700	77.800	1.640	5.381

Fuente: Elaboración Propia

Para este caso la normativa indica que se debe ajustar por altitud, según la tabla de *Factores de ajuste*. Adicionalmente, debido a su ubicación geográfica, según *FAA AC 150 5325-4B* se recomienda incrementar en un 15% en pistas mojadas en operación de aterrizaje. Con ambas correcciones se obtienen los siguientes largos de pista para las 3 aeronaves en estudio:

Tabla 3.17: Longitud pista compensada aterrizaje

Aeronaves	A320-200	A321-200	B767-300er
Distancia despegue (ISA)	1433	1700	1640
Elevación de aeródromo: 525m			
Corrección por elevación	1609,0	1909,0	1841,0
Corrección por pista mojada 15%	1850,4	2195,4	2117,2
Longitud efectiva de pista compensada	1850	2195	2117

Fuente: Elaboración Propia

De lo anterior se desprende que, para el aterrizaje de las 3 aeronaves, con un 100% de carga y excluyendo el peso de combustible de la ruta de retorno, la longitud de pista actual es suficiente.

3.1.6.3.3 ANÁLISIS DE PISTA EN FUNCIÓN DE TERRENOS DISPONIBLES, TRAYECTORIAS Y SLO

De acuerdo a los análisis antes indicados, cabe razonar en la factibilidad de materializar en algún momento; no siendo necesariamente bajo este estudio, el alargue de pista tal que pueda despegar la mayor aeronave de diseño; que en este caso es el B767-300ER, con MTOW. Y así mismo, identificar una posible ruta tal que se requiera llevar un peso de combustible que compense la diferencia entre TOW y MTOW, ya que en el análisis de largo de pista en despegue se considera toda la carga de pago.

Inicialmente, se debe conocer cuál es el terreno disponible previo a la frontera con Argentina, sin que necesariamente este sea actualmente terrenos aeroportuarios. Dentro del alargue se debe considerar tanto el pavimento requerido, como el espacio para la ubicación de las luces de aproximación de 900m de largo.

Luego, según máximo largo de pista con MTOW este alcanza una distancia de 3.370m aprox., esto es 869m más de la actual longitud de pista de 2.501m. Considerando que existirá una reducción en 300m del extremo poniente de pista para albergar franja, zona RESA y localizador de pista, la ampliación al oriente deberá ser de 1.170m aprox., más la distancia de luces de aproximación, deberá existir terreno de a lo menos 2.070m entre el actual umbral 27 y la frontera de Argentina.

Según información del google earth, la distancia disponible es cercana a los 2.400m, como se puede ver en la imagen siguiente, por lo que no existiría inconveniente en cuanto a disponibilidad de terreno para la materialización de la máxima longitud de pista calculada.

En base a lo anterior, el análisis siguiente será buscar una ruta tal que requiera el combustible suficiente que equipare el MTOW a TOW según programa fuelplanner. Con éstos y los propios de la aeronave obtenido de su catálogo se tiene lo siguiente:

Tabla 3.18: Pesos según aeronave de diseño y rutas

Variables	RUTA SCBA-SCAR		RUTA SCBA-SPJC		RUTA SCBA-SBGR		RUTA SCBA-SEQM		RUTA SCBA-SKBO	
	ARICA		LIMA		SAO PAULO		QUITO		BOGOTÁ	
	kg	lbs	kg	lbs	kg	lb	kg	lb	kg	lb
Zero fuel	126.099	278.000	126.099	278.000	126.099	278.000	126.099	278.000	126.099	278.000
Reserve Fuel	6.391	14.089	9.150	20.172	8.859	19.531	10.047	22.150	10.385	22.894
Combustible requerido para ruta	22.633	49.898	27.595	60.837	24.687	54.426	36.565	80.612	39.940	88.053
Take off Weight (TOW)	155.123	341.987	162.844	359.009	159.645	351.957	172.711	380.762	176.424	388.947
Max Take off Weight (MTOW)	175.540	387.000	175.540	387.000	175.540	387.000	175.540	387.000	175.541	387.001

Fuente: Elaboración Propia

Con ello, se podría llegar hasta Quito con la cantidad de combustible tal que TOW sea similar a MTOW. Una ruta más lejana requeriría una mayor carga de combustible, y en dicho caso TOW supera el MTOW, debiendo reducir la carga de pago.

Una segunda derivada, es determinar el largo de pista necesario para completar la máxima ruta nacional; siendo esta Balmaceda-Arica, considerando que ya se determinó el TOW correspondiente.

Analizando el gráfico de despegue el B767-300ER y luego compensando según elevación, temperatura y pendiente, se tiene que el largo actual es suficiente para la máxima ruta nacional desde Balmaceda, como se puede ver en la tabla siguiente:

Tabla 3.19: Longitud de campo compensada en despegue LCC ruta Balmaceda-Arica

Aeronave	B767-300ER	
Peso Despegue	TOW	
Umbral	27	09
Distancia despegue (ISA)	1850,0	1850,0
Elevación de Aeródromo: 525m		
Corrección por elevación	2076,63	2076,63
Temp referencia Ad. 19,75°C		
Temp. Según atmosf. Tipo 11,58°C		
Corrección por temperatura	2246,13	2246,13
Pend. pista 0,67%		
Corrección por pendiente	2396,62	2095,64
Longitud pista compensada	2397	2096

Fuente: Elaboración Propia

Ahora respecto a las potenciales obstrucciones del espacio aéreo, se tiene que; según estudios anteriores, hacia el extremo oriente no existen accidentes orográficos que superen las SLO de aterrizaje, despegue, cónica u horizontal interna en el escenario actual y muy por el contrario, hacia este extremo el terreno es plano, a diferencia del extremo poniente o el costado

sur. Luego según ello, se esperaría que en el escenario de ampliación tampoco existirán elevaciones que interfieran las operaciones.

3.1.6.4 ANÁLISIS PCN

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) estableció un método único para notificar la resistencia de los pavimentos para aeronaves de masa superior a 5.700 kg, relacionando Número de Clasificación de Aeronaves/Número de Clasificación de pavimentos ACN/PCN.

El ACN, Aircraft Classification Number (Número de Clasificación de Aeronaves), es un número que expresa el efecto relativo de una aeronave de peso dado sobre un pavimento con una categoría del terreno de cimentación especificada.

El PCN, Pavement Classification Number (Número de Clasificación de Pavimentos) es el número que expresa la capacidad de carga de un pavimento para un número ilimitado de operaciones.

El número de clasificación de pavimentos (PCN) notificado indicará que una aeronave con número de clasificación de aeronave (ACN) igual o inferior al PCN notificado puede operar sobre ese pavimento, a reserva de cualquier limitación con respecto a la presión de los neumáticos, o a la masa total de la aeronave para un tipo determinado de aeronave.

El código de notificación del PCN da información sobre las siguientes características:

Tabla 3.20: Nomenclatura PCN

NOMENCLATURA			
LETRA	AGRUPACIÓN	ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN
1RA	TIPO PAVIMENTO	F	FLEXIBLE
		R	RÍGIDO
2DA	RESISTENCIA AL SUELO DE SOPORTE	A	ASFALTO CBR>13, VALOR TIPO CBR=15% HORMIGÓN K>120, VALOR TIPO K=150MN/m3
		B	ASFALTO 13>CBR>8, VALOR TIPO CBR=10% HORMIGÓN 120>K>60, VALOR TIPO K=80MN/m3
		C	ASFALTO 8>CBR>4, VALOR TIPO CBR=6% HORMIGÓN 60>K>25, VALOR TIPO K=40MN/m3
		D	ASFALTO 4>CBR, VALOR TIPO CBR=3% HORMIGÓN 25>K, VALOR TIPO K=20MN/m3
3RA	PRESIÓN MÁXIMA ADMISIBLE DE NEUMÁTICOS	W	SIN LÍMITE DE PRESIÓN
		X	PRESIÓN LIMITADA A 1,50MPa
		Y	PRESIÓN LIMITADA A 1,00MPa
		Z	PRESIÓN LIMITADA A 0,50MPa
4TA	MÉTODO DE EVALUACIÓN	T	TÉCNICA
		U	EXPERIENCIA DE AERONAVES

Fuente: OACI

La determinación del PCN se realiza utilizando el programa COMFAA 3.0, y en base a lo establecido en la circular AC 150/5335-5C³ "Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength-PCN".

A partir de lo anterior, se determina el PCN para los pavimentos del aeródromo. No obstante, se estima conveniente indicar las siguientes consideraciones:

- Los valores de PCN obtenidos y presentados en este capítulo no tienen como objetivo final su publicación, sino proveer información para uso interno de la DAP.
- Únicamente se determina PCN para pavimentos de pista y rodajes, tema de este estudio.
- Se calculará el PCN para las áreas antes mencionadas, considerando igual número de coberturas en todas las secciones, independiente su utilización y año de construcción.

³ Se trabaja con versión AC 150/5335-5C, que según Anexo 14 estará vigente hasta el 27/11/2024

- Las estructuras actuales y proyección de demanda se extraen del estudio *Diagnóstico Auscultación de Pavimentos Aeroportuarios de la Red Primaria Zona Sur*.
- El valor de CBR se adopta según análisis de estudios anteriores de mecánica de suelos.

Según ello, los datos de entrada y resultados se indican a continuación:

a) *Demanda:*

Del informe antes mencionado, se trabaja con los datos de proyección por tipo de operación, conjugándola con los datos de porcentaje de participación de aeronaves comerciales. Con lo anterior, se llega al siguiente compilado. El horizonte utilizado es entre los años 2027 al 2046, aunque para el caso de pavimentos existente y no nuevas estructuras a diseñar, se puede tomar cualquier horizonte que contemple 20 años.

En este caso, no existe participación de aeronaves del tipo B767-300ER como se menciona en el informe de Preinversión. Así mismo, en este último se incluye una proyección del año 2010 al 2050, entendiéndose que entre los años 2010 y 2021 serán datos reales y no proyectados. Comparando las operaciones comerciales entre los años 2027 y 2046 de ambos informes, el de Preinversión considera un 49% del total de las operaciones respecto del estudio IDOM, es decir se encuentra un 51% por debajo de la proyección del informe del año 2021, del que se toman los datos.

Tabla 3.21: Operaciones proyectadas

Periodo	% PARTICIPACIÓN OP. COMERCIAL				OP COM	N° DE OPERACIONES COMERCIALES				OP GRAL.	OP TOTAL
	A320	A320N	A321	A321N		A320	A320N	A321	A321N		
2022	76%	8%	16%	0%	7.076	5.378	566	1.132	0	2.109	9.185
2023	74%	10%	16%	0%	7.303	5.404	730	1.168	0	2.172	9.475
2024	73%	12%	15%	1%	7.518	5.488	902	1.128	75	2.231	9.749
2025	71%	13%	15%	1%	7.725	5.485	1.004	1.159	77	2.288	10.013
2026	69%	15%	15%	1%	7.921	5.465	1.188	1.188	79	2.341	10.262
2027	68%	16%	15%	1%	8.107	5.513	1.297	1.216	81	2.390	10.497
2028	66%	18%	15%	1%	8.315	5.488	1.497	1.247	83	2.446	10.761
2029	65%	19%	14%	1%	8.510	5.532	1.617	1.191	85	2.498	11.008
2030	63%	21%	14%	2%	8.693	5.477	1.826	1.217	174	2.546	11.239
2031	61%	23%	14%	2%	8.851	5.399	2.036	1.239	177	2.587	11.438
2032	59%	25%	14%	2%	8.995	5.307	2.249	1.259	180	2.623	11.618
2033	57%	27%	14%	2%	9.123	5.200	2.463	1.277	182	2.655	11.778
2034	55%	29%	14%	2%	9.237	5.080	2.679	1.293	185	2.688	11.925
2035	53%	32%	13%	2%	9.335	4.948	2.987	1.214	187	2.710	12.045
2036	50%	34%	13%	3%	9.417	4.709	3.202	1.224	283	2.741	12.158
2037	48%	36%	13%	3%	9.491	4.556	3.417	1.234	285	2.770	12.261
2038	46%	38%	13%	3%	9.549	4.393	3.629	1.241	286	2.794	12.343
2039	44%	40%	13%	3%	9.592	4.220	3.837	1.247	288	2.814	12.406
2040	42%	42%	13%	3%	9.620	4.040	4.040	1.251	289	2.829	12.449
2041	42%	42%	13%	3%	9.700	4.074	4.074	1.261	291	2.860	12.560
2042	42%	42%	13%	3%	9.766	4.102	4.102	1.270	293	2.887	12.653
2043	42%	42%	13%	3%	9.819	4.124	4.124	1.276	295	2.910	12.729
2044	42%	42%	13%	3%	9.859	4.141	4.141	1.282	296	2.930	12.789
2045	42%	42%	13%	3%	9.886	4.152	4.152	1.285	297	2.945	12.831
2046	42%	42%	13%	3%	9.901	4.158	4.158	1.287	297	2.957	12.858
PROMEDIO						4.731	3.076	1.251	227	2.729	
DESPEGUE						2.365	1.538	625	113	1.365	

Fuente: Demanda tránsito aéreo RP221-GE-DE-IN-06, IDOM-2021

De lo anterior, para facilitar los cálculos, se agrupan en familias, quedando como sigue:

Tabla 3.22: Aeronaves de cálculo

Aeronave	MTOW (ton)	MTOW (lb)	Despegues
A320-200 (N)	78,0	171.960,0	3.903
A321-200 (N)	93,0	205.030,0	738

D-15 (genérica)	6,5	14.330,0	1.365

Fuente: Elaboración propia

b) Capacidad terreno de fundación

Considerando la variabilidad de valores emanados de los diferentes estudios se adopta un valor mínimo promedio tendiendo al lado más conservador, sin tomar específicamente el inferior que se acerca a 3%, valor recurrente en el estudio de 2013 de la ingeniería definitiva del rodaje Alfa. Esto, a pesar que dentro de los registros se cuenta con registros de CBR por sobre los 50% de CBR. Se incluye un anexo con la recopilación de estos antecedentes.

Además, es necesario tomar en cuenta el valor de PCN publicado en el AIP con el fin de identificar el rango de la resistencia al suelo de soporte, que en este caso corresponde a 47/R/B/X/T, donde la B implica un K entre 120 – 60 MN/m³ para pavimentos de hormigón, lo que se traduce; según conversión de CBR a K en valores de subrasante entre 13 y 33, por lo que valores muy distantes a este tramo pueden ser solo zonas puntuales que no representan las características de soporte del aeródromo.

Tomando en cuenta lo anterior se asume un suelo homogéneo, donde la obtención de un valor superior o inferior estará dentro de las probabilidades, quedando la cifra adoptada como un promedio de estas posibilidades. El valor final será CBR de 13%, resultando un k de 57 MN/m³, prácticamente mismo valor utilizado en informe de Preinversión.

c) Estructuras:

Según estudio *Diagnóstico Auscultación de Pavimentos Aeroportuarios de la Red Primaria Zona Sur*, se tienen las siguientes estructuras para las zonas consideradas en este proyecto:

Tabla 3.23: Características estructurales secciones

Rama	Sección	Pavimento	Espesor (cm)				E MPa	Rf MPa
			A	H	B	SB		
PISTA	U-09	Flexible	10		25	20	1.378	
	PI-1	Flexible	10		25	20	1.378	
	PI-2	Flexible	10		25	20	1.378	
	PI-3	Mixto	15	25		20		4,48
	PI-4	Mixto	15	25		20		4,48
	U-27	Mixto	15	25		20		4,48
RODAJES	RA	Rígido		39	25			4,83
	RB-2	Rígido		39	25			4,83
	RC-2	Rígido		39	25			4,83
	RB-1	Mixto	15	25		20		4,48
	RC-1	Flexible	10		25	20	1.378	

Fuente: Elaboración propia en base a estudio IDOM

Lo que se traduce en 3 únicas estructuras de pavimentos: flexible, mixta y rígida. Se asume para el asfalto el módulo que da por defecto el programa, en tanto que para el hormigón se asume un valor de 4,83 MPa (49kg/cm²) para el hormigón nuevo y 4,48 MPa (45 kg/cm²) para hormigón antiguo (que en este caso se encuentra como capa inferior), siendo estas estimaciones ya que no se tiene información al respecto.

Finalmente, lo anterior se puede resumir en lo siguiente, (indicado en unidad internacional, para ingreso al programa):

Tabla 3.24: Resumen estructuras

Pavimento	ESPESOR (in)				E psi	Rf psi
	A	H	B	SB		
Flexible	4,0	0,0	10,0	8,0	200.000	0
Mixto	6,0	10,0	0,0	8,0	0	650
Rígido	0,0	15,6	10,0	0,0	0	700

Fuente: Elaboración propia

d) Resultados:

En base a lo antes descrito se tendrá, de acuerdo a los cálculos computacionales:

Tabla 3.25: Valores PCN obtenidos

Tipo de Pavimento	Espesor Total in	Espesor Equivalente in	K/CBR Pci/%	K/CBR equivalente Pci/%	N° PCN	N° ACN	PCN
Flexible	22,0	23,6	13	13	70,2	51,6	70 F/B/X/T
Mixto	24,0	12,4	211	264	40,1	62,2	40 R/B/X/T
Rígido	15,6	15,6	211	303	75,1	62,2	75 R/B/W/T

Fuente: Elaboración propia

Según ello el PCN es superior al ACN en el caso de pavimento rígido y flexible, en tanto que para el caso del pavimento mixto la estructura sería insuficiente e inferior al PCN publicado, sin embargo esta situación es recurrente para pavimentos de este tipo. Según experiencia de este consultor, existe una incongruencia entre el cálculo de estructuras mediante FAARFIELD y el cálculo de PCN mediante el COMFAA, situación que ha sido advertida en convenciones de pavimentos a nivel internacional.

Posiblemente esta condición sea solucionada con la nueva normativa AC 150/5335-5D, aun en borrador. Esta se encuentra estrechamente ligada con la normativa AC 150/5320-6G y tanto estructura como número de clasificación de pavimento (PCR), se determinan con un único programa FAARFIELD en su nueva versión.

Aún así y a modo de análisis académico, se incluye la determinación del PCN asumiendo al hormigón como una base de alta resistencia sobre el que se tiene una capa asfáltica. El valor, de cualquier forma, no podrá ser comparable con el PCN publicado, por cuanto este quedará definido como PCN de pavimento flexible, versus el publicado que considera pavimento rígido.

Tabla 3.26: Valor PCN en sección mixta

Tipo de Pavimento	Espesor Total in	Espesor Equivalente in	K/CBR Pci/%	K/CBR equivalente Pci/%	N° PCN	N° ACN	PCN
Asfalto sobre base rígida	24,0	34,0	13	13	149,9	51,6	150 F/B/W/T

Fuente: Elaboración propia

Según lo anterior, el PCN está muy por sobre el ACN, que en este caso corresponde al de la aeronave A321.

3.1.6.5 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTOS

3.1.6.5.1 SITUACIÓN BASE – JUNIO 2021

Con respecto a la evaluación de la condición actual de los pavimentos existentes dentro del área de movimiento del aeródromo de Balmaceda, se considera como base, el informe de evaluación del estado de los pavimentos por método PCI en Aeródromo de Balmaceda⁴, estudio desarrollado por la empresa IDOM.

Complementando lo anterior y, según indica el mismo informe, la inspección fue realizada en el mes de junio del año 2021 y se ejecutó aplicando el método PCI. (Pavement Condition Index), el que se utiliza normalmente en todos los aeródromos y aeropuertos, tanto nacionales como internacionales, de acuerdo a ASTM Standard Practice D5340 “Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Survey”, registrando los deterioros encontrados a pie en el 100% de los pavimentos que componen el área de movimiento del aeródromo.

⁴ Según estudio Diagnóstico Auscultación de Pavimentos Aeroportuarios de la Red Primaria Zona Sur. Informe IDOM RPZ21-AS-PV-IN-019-REV 0

La inspección fue realizada con ayuda de un computador portátil y la información fue ingresada directamente al software PAVER v7.1.0.

A continuación, se presenta la tabla con los rangos de PCI y su correspondiente estado:

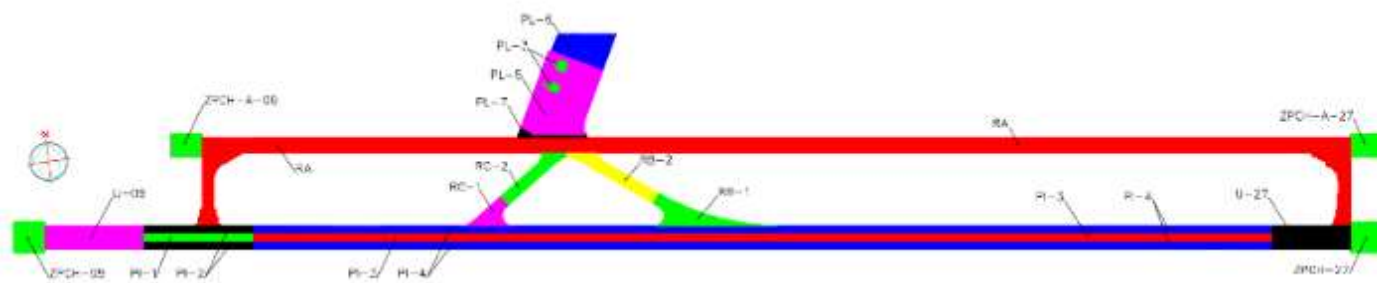
Tabla 3.27: Rangos PCI de Pavimentos

Rango PCI	Clasificación ASTM 5340	Cod	Clasificación DAP	Cod
86-100	EXCELENTE	E	ADECUADO	A
71-85	MUY BIEN	MB		
56-70	BIEN	B	EN DEGRADACIÓN	ED
41-55	REGULAR	R	INSATISFACTORIO	I
26-40	POBRE	M		
11-25	MUY POBRE	MM		
0-10	FALLA	F		

Fuente: Elaboración Propia

Así mismo, se entregan los resultados obtenidos de la evaluación de la condición de los pavimentos existentes del área de movimiento del aeródromo de Balmaceda, realizada en junio del 2021.

Figura 3.10: Secciones y unidades de muestra air side



Fuente: Elaboración propia en base a estudio diagnóstico auscultación de pavimentos aeroportuarios de la red primaria zona sur

Tabla 3.28: Ramas, secciones e índice PCI

Rama	Sección	Descripción Sección	Pavimento	PCI	Calificac.	UM	Superficie [m ²]	Año Constr.	ESPESOR (cm)			
									A	H	B	SB
Pista	ZPCH-09	Zona de Protección al Chorro Umbral 09	Asfalto	93	Excelente	4	3.602	2019	7		S/I	S/I
	ZPCH-27	Zona de Protección al Chorro Umbral 27	Asfalto	94	Excelente	4	3.600	2019	7		S/I	S/I
	U-09	Umbral 09	Asfalto	100	Excelente	19	8.550	2019	10		25	20
	PI-1	Pista lado Izquierdo Zona Central	Asfalto	100	Excelente	7	3.150	2019	10		25	20
	PI-2	Pista lado Izquierdo Zona Exterior	Asfalto	100	Excelente	14	6.300	2019	10		25	20
	PI-3	Pista lado derecho Zona Central	Asfalto	100	Excelente	65	29.250	2019	15	25		20
	PI-4	Pista lado derecho Zona Exterior	Asfalto	100	Excelente	130	58.500	2019	15	25		20
	U-27	Umbral 27	Asfalto	100	Excelente	15	6.750	2019	15	25		20
	MU-09	Margen Umbral 09	Asfalto	86	Excelente	6	2.855	1997	7		S/I	S/I
Plataforma	M-PI	Margen de Pista	Asfalto	82	Muy Bueno	65	29.162	1997	7		S/I	S/I
	MU-27	Margen Umbral 27	Asfalto	83	Muy Bueno	5	1.983	1997	7		S/I	S/I
	PL-3	Plataforma de Hormigón Zona Central	Hormigón	81	Muy Bueno	6	741	2013		45		20
	PL-6	Plataforma de Hormigón Zona Norte	Hormigón	98	Excelente	15	5.771	2018		39		25
	PL-7	Plataforma de Hormigón Zona Sur	Hormigón	95	Excelente	3	1.028	2018		39		25
Rodaje	PL-5	Plataforma de Asfalto	Asfalto	100	Excelente	37	15.872	2018	15	30		20
	MPL-1	Margen Plataforma Zona Sur	Asfalto	78	Muy Bueno	2	927	1997	7		S/I	S/I
	MPL-2	Margen Plataforma Zona Norte	Asfalto	100	Excelente	1	551	2018	8		15	15
	RA	Rodaje Alfa	Hormigón	98	Excelente	210	75.219	2018		39		25
	MA-1	Margen Rodaje Alfa Hormigón	Hormigón	98	Excelente	15	4.442	2018		39		25
	RB-2	Rodaje Bravo Hormigón	Hormigón	97	Excelente	11	4.099	2018		39		25
	RC-2	Rodaje Charlie Hormigón	Hormigón	96	Excelente	9	3.257	2018		39		25
	RB-1	Rodaje Bravo Asfalto	Asfalto	100	Excelente	10	4.695	2018	15	25		20
	RC-1	Rodaje Charlie Asfalto	Asfalto	100	Excelente	6	2.228	2018	S/I		S/I	S/I
	ZPCH-A-09	Zona de Protección al Chorro 09 Rodaje Alfa	Asfalto	95	Excelente	4	2.702	2018	8		15	15
	ZPCH-A-27	Zona de Protección al Chorro 27 Rodaje Alfa	Asfalto	97	Excelente	4	2.695	2018	8		15	15
	MA-2	Margen Rodaje Alfa Asfalto	Asfalto	99	Excelente	65	29.429	2018	8		15	16
	MB-1	Margen Rodaje Bravo Zona Sur	Asfalto	90	Excelente	4	2.183	1997	S/I		S/I	S/I
	MB-2	Margen Rodaje Bravo Zona Norte	Asfalto	100	Excelente	5	2.399	2018	8		15	16
	MC-1	Margen Rodaje Charlie Zona Sur	Asfalto	88	Excelente	3	1.210	1997	S/I		S/I	S/I
	MC-2	Margen Rodaje Charlie Zona Norte	Asfalto	100	Excelente	4	1.903	2018	8		15	16

Fuente: Informe IDOM

A continuación, se incluye una figura esquemática del área de movimiento con sus correspondientes secciones identificadas por color (que en ningún caso corresponden a los colores según índice PCI sino únicamente identificación)

Además de ello se incluyen figuras ampliadas por sector, identificando secciones y unidades de muestra según estudio del año 2021.

3.1.6.5.2 VERIFICACIÓN CONDICION PAVIMENTOS MARZO 2022

Durante los días 21 y 22 de marzo del presente, se realiza una inspección visual de los pavimentos que componen las áreas de manobras del aeródromo de Balmaceda; excluyendo plataformas. Lo anterior, tal como se solicita en los antecedentes de licitación, con el fin de validar la información recopilada.

Considerando el poco tiempo transcurrido desde que se realizó la inspección mediante método PCI dentro del marco del estudio *Diagnóstico Auscultación de Pavimentos Aeroportuarios de la Red Primaria Zona Sur*; con los resultados anteriormente expuestos, se estima poco probable un cambio significativo en la condición del pavimento y los deterioros asociados, en especial por la buena condición del pavimento debido a que se trata de pavimentos relativamente nuevos o de corta data.

En efecto, mediante la inspección visual realizada, recorriendo tanto pista como rodajes y desahogos, se corroboran los deterioros por unidad de muestra presentados tanto en su severidad como cantidad. Lo anterior facilitado por la baja densidad de deterioros, agilizando la inspección.

Entre los deterioros en hormigón más recurrentes se encuentran astillamientos de borde y/o esquina (código 74 y 75) y parches menores (código 66), fruto de reparaciones de astillamientos. Cabe comentar los astillamientos presentes en las juntas de dilatación transversales, dispuestas cada cierto tramo, donde al parecer la terminación de dichas juntas no fue el más apropiado, generando este tipo de defecto, en varios casos ya reparado. En forma porcentual en Alfa se encuentra un

7% de losas afectadas con algún tipo de deterioro (aunque este se encuentre reparado y en general en nivel de severidad bajo), un 6% para Bravo y un 12% para Charlie.

En cuanto a las zonas de asfalto en pista y rodajes, se tienen escasos hallazgos, confirmando la evaluación base, donde casi los únicos deterioros son los del tipo bacheos (código 50) detectados en forma localizada en PI-4, excluyendo las zonas de margen.

Respecto a la zona FACH no evaluada en el estudio del año 2021, se puede indicar que ésta se compone de losas de antigua data, de 3,75 x 6 m aprox., algunas de ellas reconstruidas, con dimensión 3,75 x 3 m, es decir dos losas en el lugar de 1, ya que por sobrepasar el factor de forma tienden a partirse. Los deterioros más recurrentes tanto en el rodaje como en plataforma FACH se encuentran las grietas longitudinales / transversales y escamaduras (código 63 y 70 respectivamente) en diferentes niveles de severidad, además de daño al sello de juntas (código 65). Si bien no se cuenta con diagnóstico del tipo PCI en ambas secciones, se estima conveniente en el escenario de ampliación del rodaje y ampliación de plataforma, reconstruir el pavimento existente, con el fin de homogeneizar la condición funcional y estructural de los pavimentos.

Finalmente, de acuerdo a la inspección realizada se pudo constatar que existen actualmente los mismos deterioros del estudio *Diagnóstico Auscultación de Pavimentos Aeroportuarios de la Red Primaria Zona Sur* en los pavimentos del área de maniobras del aeródromo de Balmaceda, por lo que desde la última inspección realizada no ha habido variaciones, lo cual valida el estudio, cuyos resultados fueron presentados en el presente informe y que se encuentran desarrollados con mayor detalle en sus respectivos documentos y planos.

Cabe mencionar; según lo anterior, que, según los deterioros encontrados, no se puede confirmar lo indicado en el *Estudio Preinversional Normalización Área de Movimiento Aeródromo de Balmaceda*, capítulo 5.- Diagnóstico de la situación actual pista y brechas, en donde se comenta que las zonas asfálticas de pista y desahogos Bravo y Charlie construidas el año 2019, sufrirán un deterioro acelerado en los próximos 5 años, momento en el cual se deberá realizar una nueva conservación mayor. Es; de todas maneras, una situación real, que los pavimentos de este tipo no tienen un buen comportamiento en climas extremos sumado a las labores de retiro de nieve o remoción de hielo mediante solventes, sin embargo, no se puede indicar a ciencia cierta que esto ocurra dentro de los próximos 5 años.

Lo anterior, sumado a que, debido a la escasa cantidad de deterioros, su baja severidad y que estos; en general, no afectan la capacidad estructural del pavimento, la proyección del índice PCI se mantiene casi invariable; tal como se muestra en tablas anteriores, no vislumbrando un deterioro nocivo en los próximos 5 años.

Según la experiencia de esta consultora, se recomienda, una vez se contemple la reconstrucción de pista y rodajes, estos se materialicen en pavimento rígido, por cuanto tienen mejor respuesta a las condiciones climáticas adversas. Se debe cuidar de manejar las juntas de manera efectiva con tal de evitar astillamientos que a la larga inciden en bacheos.

3.1.7 Diagnóstico – Espacio Aéreo

3.1.7.1 CONTEXTO OPERACIONAL ESPACIO AEREO

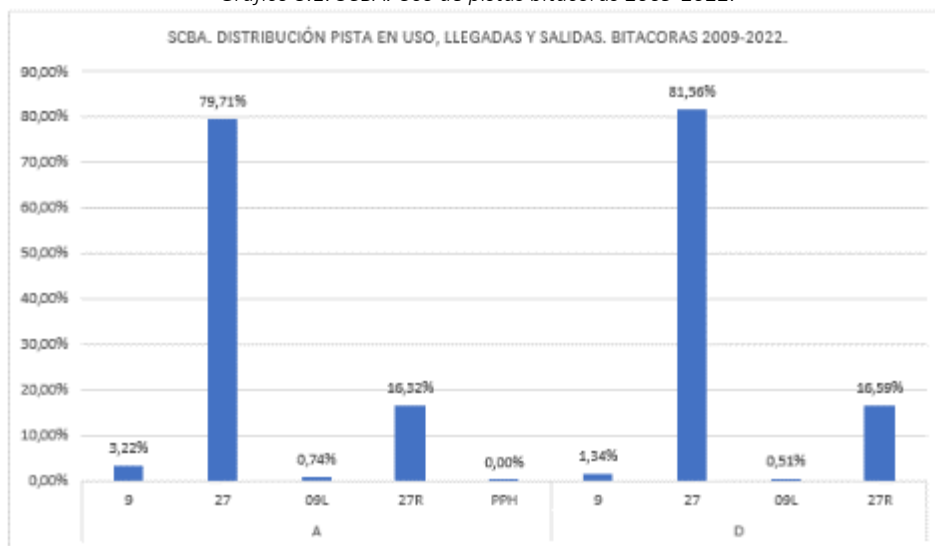
Desde el punto de vista de espacio aéreo, se puede constatar que cuenta con un variado tipo de procedimientos instrumentales, una conectividad a aerovías a través de procedimientos de llegadas y salidas la cual; entre otros elementos, será descrita en este informe.

A continuación, dentro de este contexto operacional se muestran 2 aspectos importantes como lo son el uso de pista predominante y el origen / destino de los tráficos que operan en Balmaceda lo cual es un elemento de entrada para análisis posteriores.

3.1.7.1.1 USO DE PISTAS

Se muestra distribución de operaciones en términos de llegadas y salidas; destacándose las operaciones en su pista u orientación predominante, en periodo 2017 a 2022.

Gráfico 3.1: SCBA. Uso de pistas bitácoras 2009-2022.



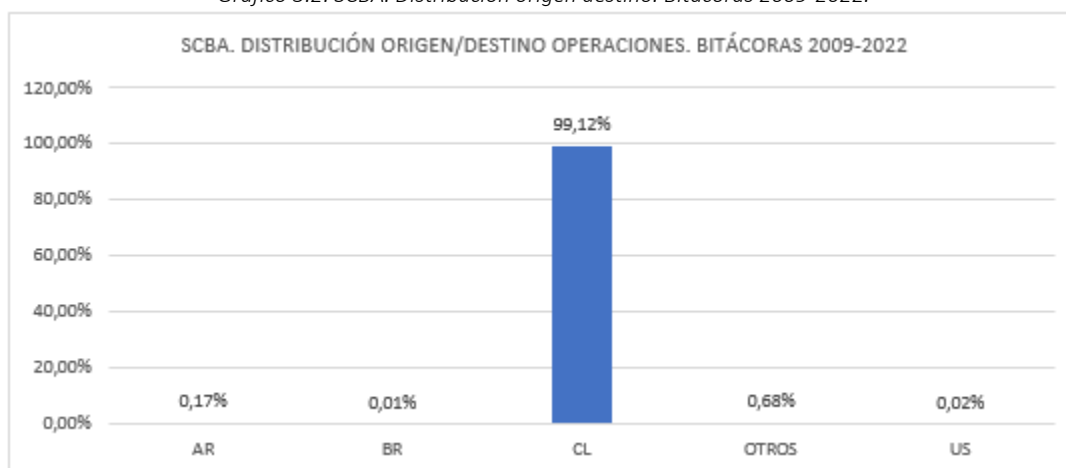
Fuente: Elaboración propia, Datos Bitácoras 2009-2022.

Donde las operaciones por pista 27 tanto para llegadas como salidas son predominantes, con un 96% de las llegadas y un 98% de las salidas. Lo anterior se correlaciona con la dirección de viento estadístico de 5 años predominante en la zona.

3.1.7.1.2 ORIGEN/DESTINO

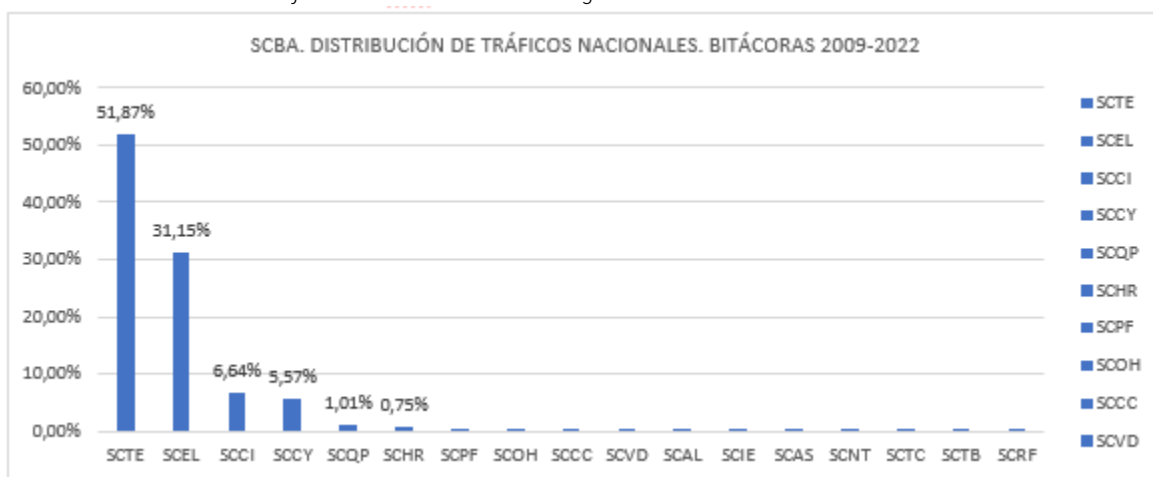
Como muestra general se evidencia que en mayor parte las operaciones en Balmaceda son nacionales, de acuerdo con lo siguiente:

Gráfico 3.2: SCBA. Distribución origen destino. Bitácoras 2009-2022.



Fuente: Elaboración propia, Datos Bitácoras 2009-2022.

Gráfico 3.3: SCBA. Distribución origen destino. Bitácoras 2009-2022.



Fuente: Elaboración propia, Datos Bitácoras 2009-2022.

Donde un 95,25% de las operaciones son hacia o desde SCTE (Ap. El Tepual-Puerto Montt, 51,87%), SCEL (Ap. Arturo Merino Benítez-Santiago, 31,15%), SCCI (Ap. Pdte. Carlos Ibáñez del Campo-Punta Arenas, 6,64%) y SCCY (Ad. Tte. Vidal-Coyhaique, 5,57%).

Donde un 95,25% de las operaciones son hacia o desde SCTE (Ap. El Tepual-Puerto Montt, 51,87%), SCEL (Ap. Arturo Merino Benítez-Santiago, 31,15%), SCCI (Ap. Pdte. Carlos Ibáñez del Campo-Punta Arenas, 6,64%) y SCCY (Ad. Tte. Vidal-Coyhaique, 5,57%).

3.1.7.2 ANÁLISIS ESPACIO AÉREO

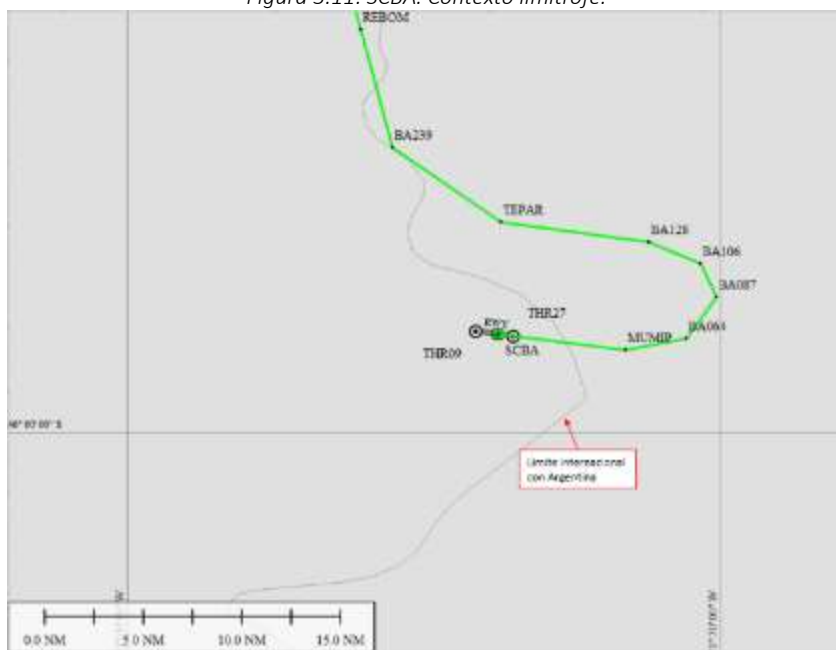
El siguiente diagnóstico de espacio aéreo, contempla variables con las Zonas PRD, cuantificación de CTR ATZ, interacción con aeródromos cercanos, conectividad de Aerovías, procedimientos de llegadas, de aproximación, de salidas y flujos de ATC con contexto de operaciones reales.

Se evidencia en un radio de 25 NM (sector de referencia MSA -Minimum Safe Altitude- publicado en las aproximaciones instrumentales de 11300' o superior), sectores montañosos de hasta 8500 ft al OOS (Oeste Oeste Sur) del Aeródromo.

Por otra parte, la ubicación del aeródromo y su entorno orográfico lo clasifica como situado en una "área montañosa" (ICAO PANS-OPS 8168 VOL II, I-1-1-7) ya que en un radio de 10NM existen diferencias de elevación de más de 3000 ft.

Desde el punto de vista limítrofe se tiene lo siguiente:

Figura 3.11: SCBA. Contexto limítrofe.



Fuente: Elaboración propia, Global Mapper Country DB.

La interacción de las operaciones entre ambos FIR se establece por medio de cartas de acuerdo entre los estados involucrados. Dichas cartas de acuerdo se encuentran en poder la Autoridad Aeronáutica. En particular se consulta carta de acuerdo vigente por medio de DGAC Chile, donde se señala en Apéndice 1E: Tabla de referencia para la transferencia de responsabilidades COMODORO RIVADAVIA – Puerto MONTT, que “durante las operaciones de aproximación o salida por instrumentos al aeródromo de Balmaceda, La autoridad Aeronáutica Argentina presta acuerdo para la ejecución de los procedimientos publicados por la Dirección General de Aeronáutica Civil de Chile en relación al sobrevuelo del espacio aéreo de jurisdicción de la FIR Comodoro Rivadavia”. De lo anterior se desprende que mientras estén publicados los procedimientos en la fuente oficial (AIP) el sobrevuelo por espacio aéreo argentino no tiene inconvenientes, incluso si hay cambios en esas publicaciones ya que no los limita a ciertas versiones o publicaciones.

La carta de acuerdo entre ambos estados declara: “Si Argentina y Chile acuerdan delegarse mutuamente la responsabilidad del suministro de los servicios de Tránsito Aéreo en áreas de control (TMA y AWY), zonas de Control CTR o corredores visuales, lo hacen sin ceder soberanía nacional y limitándose a consideraciones técnicas y operativas...”. Cabe destacar que la carta de acuerdo no tiene detalles de las extensiones de zonas de control o procedimientos instrumentales y solo hace referencia a las publicaciones hechas por la Dirección General de Aeronáutica Civil.

3.1.7.2.1 ZONAS PROHIBIDAS, RESTRINGIDAS O PELIGROSAS (PRD)

No se constatan zonas prohibidas, restringidas o peligrosas que afecten las operaciones del Aeródromo.

3.1.7.2.2 CTR ATZ TMA

A continuación, se muestran gráficamente las áreas de control ATZ, CTR y TMA con sus respectivos atributos de control y clasificación de tipo de espacio aéreo.

Página 50 de 302

De pequeños aeródromos, en el límite MSA (25 NM) destaca SCII (Ad. Puerto Ingeniero Ibáñez), ya más lejanos dentro de TMA, se tienen SCCC (Ad. Chile Chico-Chile Chico), SCFC (Ad. Fachinal-fachinal), SCRÚ (Ad. Río Murta-Puerto Murta), SCSZ (Ad. Puerto Sánchez-Puerto Sánchez) y SCAS (Ad. Cabo 1ro Juan Román-Puerto Aysén).

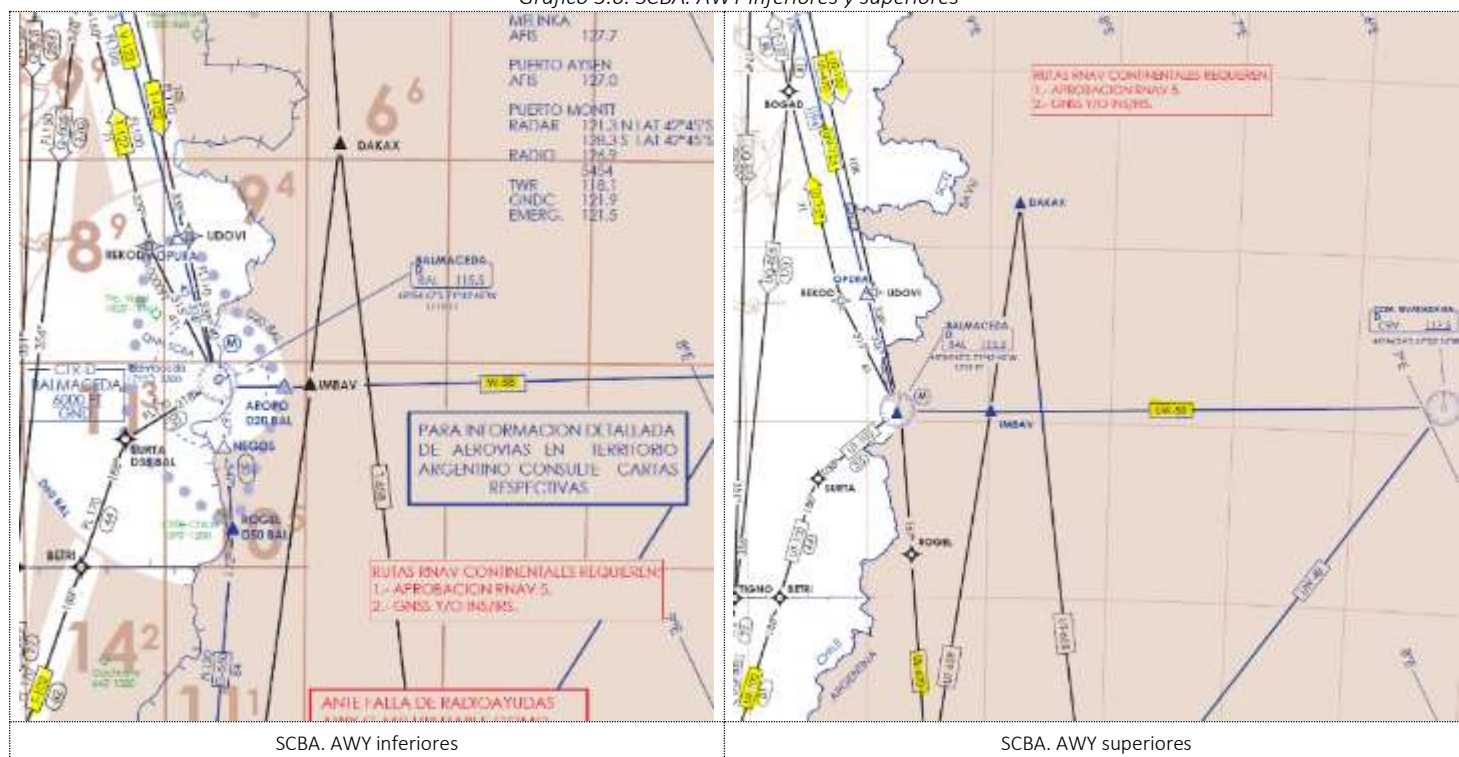
Todos los aeródromos indicados son no controlados. Como referencia para comparar los flujos en SCBA, se tiene que a las aeronaves que despegan de SCBA cruzan a 7000' o superior a la cuadra de SCCY (en la práctica a más de 12000'), lo que demuestra que no existen problemas con los tráficos operando en el Ad. Teniente Vidal. Algo equivalente ocurre al evaluar SCII (Ad. Puerto Ingeniero Ibáñez-Puerto Ibáñez).

3.1.7.2.4 AEROVÍAS (AWY)

Se muestran aerovías basadas en publicación AIP VOL II

- **Aerovías Inferiores** Carta I4, Puerto Montt – Punta Arenas, acercamiento de acuerdo con necesidad de visualización
- **Aerovías Superiores** Carta S3, Castro – Cabo de Hornos, acercamiento de acuerdo con necesidad de visualización

Gráfico 3.6: SCBA. AWY inferiores y superiores



Fuente: Elaboración propia, fondo I-4 AIP.

Para las aerovías inferiores se tienen Aerovías RNAV 5: T102 desde el norte sentido norte sur. Hacia el sur sentido bidireccional. T127 hacia el norte unidireccional. Estas 2 AWY están separadas lateralmente a partir de los puntos REKOD y UDOVI para generar flujos independientes desde y hacia SCBA en operaciones desde o hacia el norte. Aerovías convencionales, Nacional V123, bidireccional hacia o desde el norte. Lado argentino W-58 bidireccional al Este. G550 bidireccional al Sur.

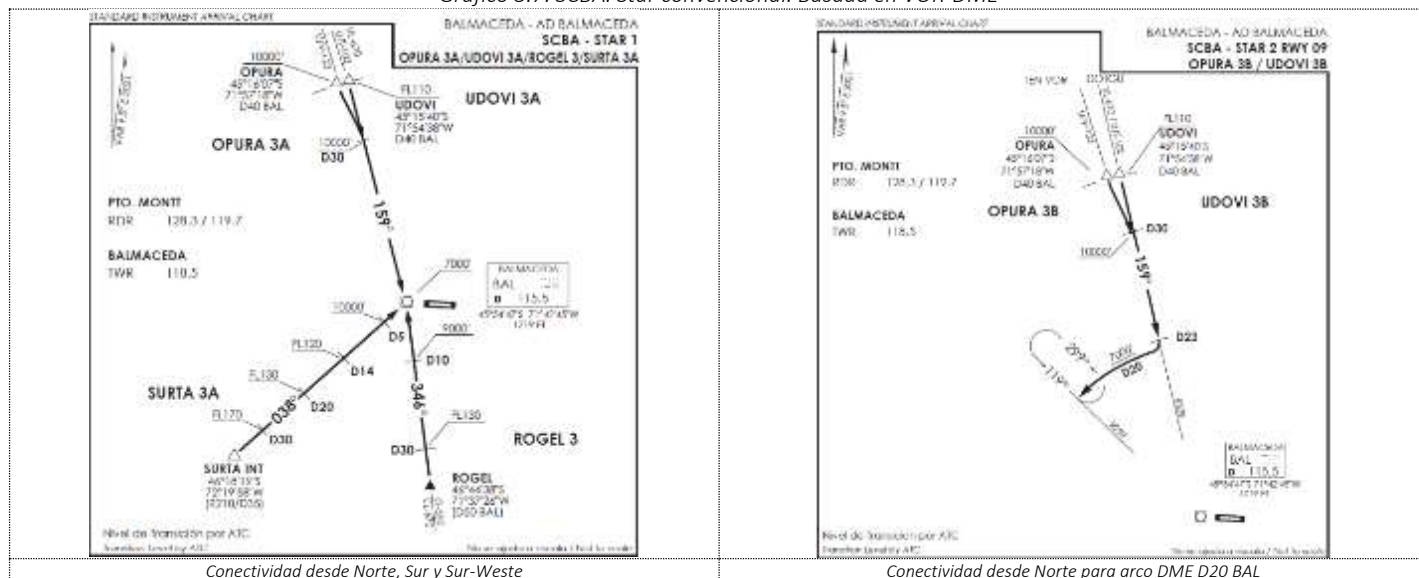
Para aerovías superiores, el análisis es equivalente ya que sus equivalentes superiores tienen la misma estructura. Única diferencia se suma UL-670, RNAV Regional sentido sur hasta BAL, posterior al sur bidireccional.

3.1.7.2.5 LLEGADAS (STAR)

Muestra basada en publicaciones AIP VOL II, solo se muestra vista de planta para reducir extensión de imagen.

3.1.7.2.5.1 Llegadas convencionales

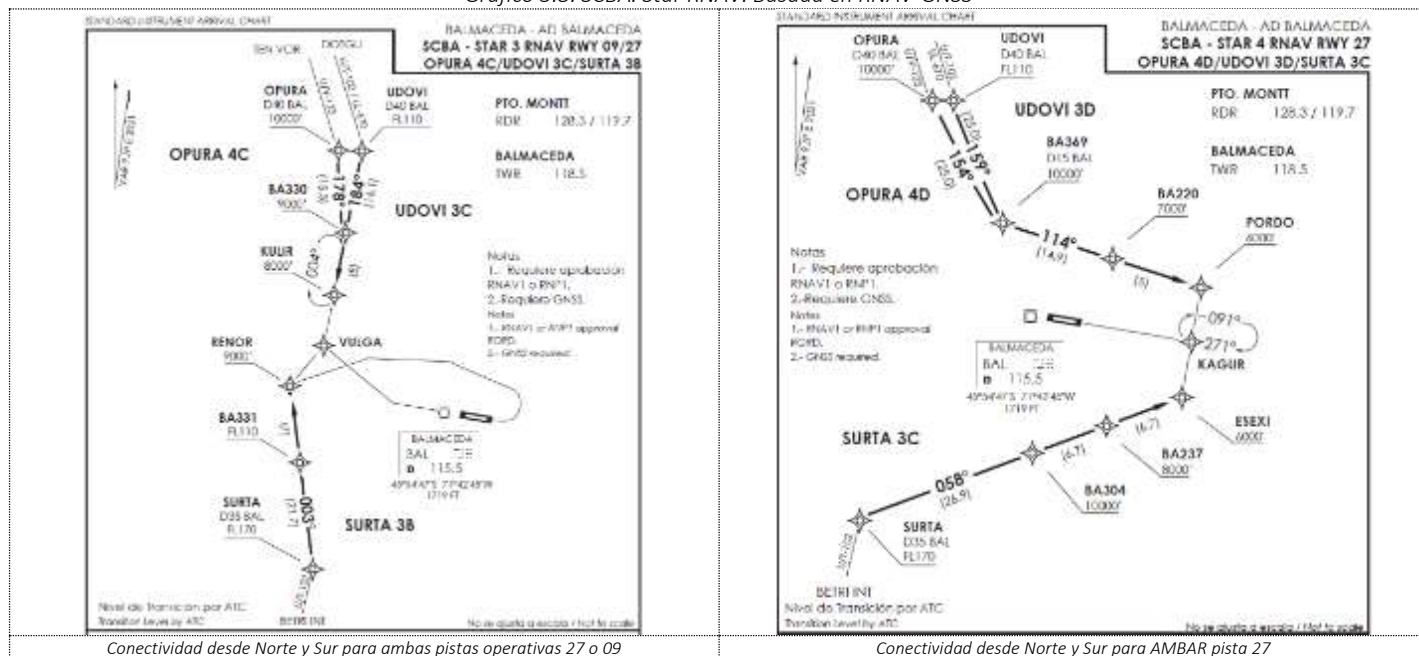
Gráfico 3.7: SCBA. Star convencional. Basada en VOR-DME



Fuente: AIP VOL II.

3.1.7.2.5.2 Llegadas RNAV

Gráfico 3.8: SCBA. Star RNAV. Basada en RNAV-GNSS



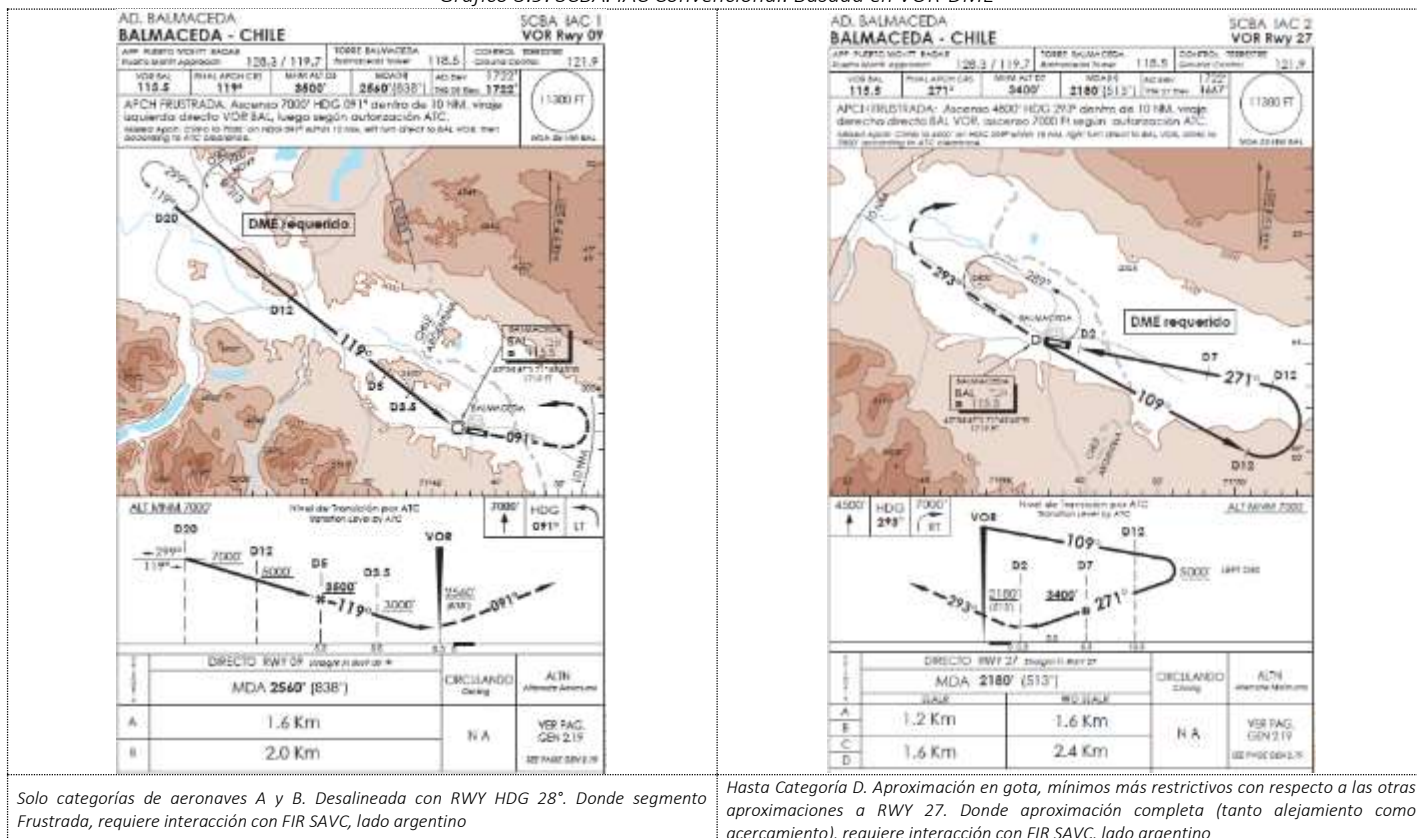
Fuente: AIP VOL II.

3.1.7.2.6 APROXIMACIONES

Muestra basada en publicaciones AIP VOL II.

3.1.7.2.6.1 Aproximaciones convencionales

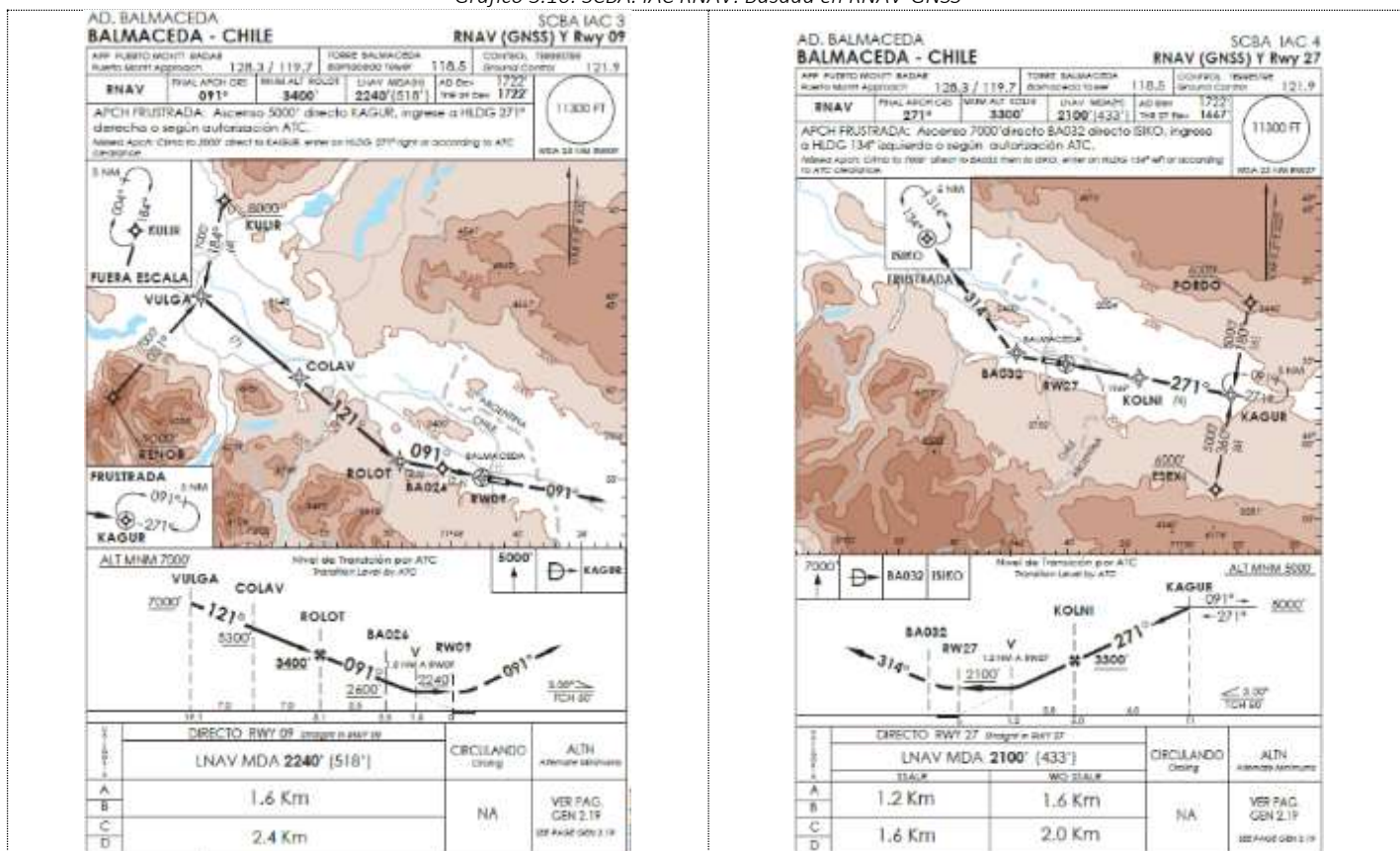
Gráfico 3.9: SCBA. IAC Convencional. Basada en VOR-DME



Fuente: AIP VOL II.

3.1.7.2.6.2 Aproximaciones RNAV

Gráfico 3.10: SCBA. IAC RNAV. Basada en RNAV-GNSS



Hasta Categoría D. Aproximación alineada con la pista en final, mínimos mejores respecto a APP convencional a RWY09.

Procedimiento sin guía vertical (VNAV). Donde segmento Frustrada, requiere interacción con FIR SAVC, lado argentino

Hasta Categoría D. Aproximación alineada con la pista en final, mínimos mejores respecto a APP convencional a RWY27.

Procedimiento sin guía vertical (VNAV). Donde aproximación completa, requiere interacción con FIR SAVC, lado argentino

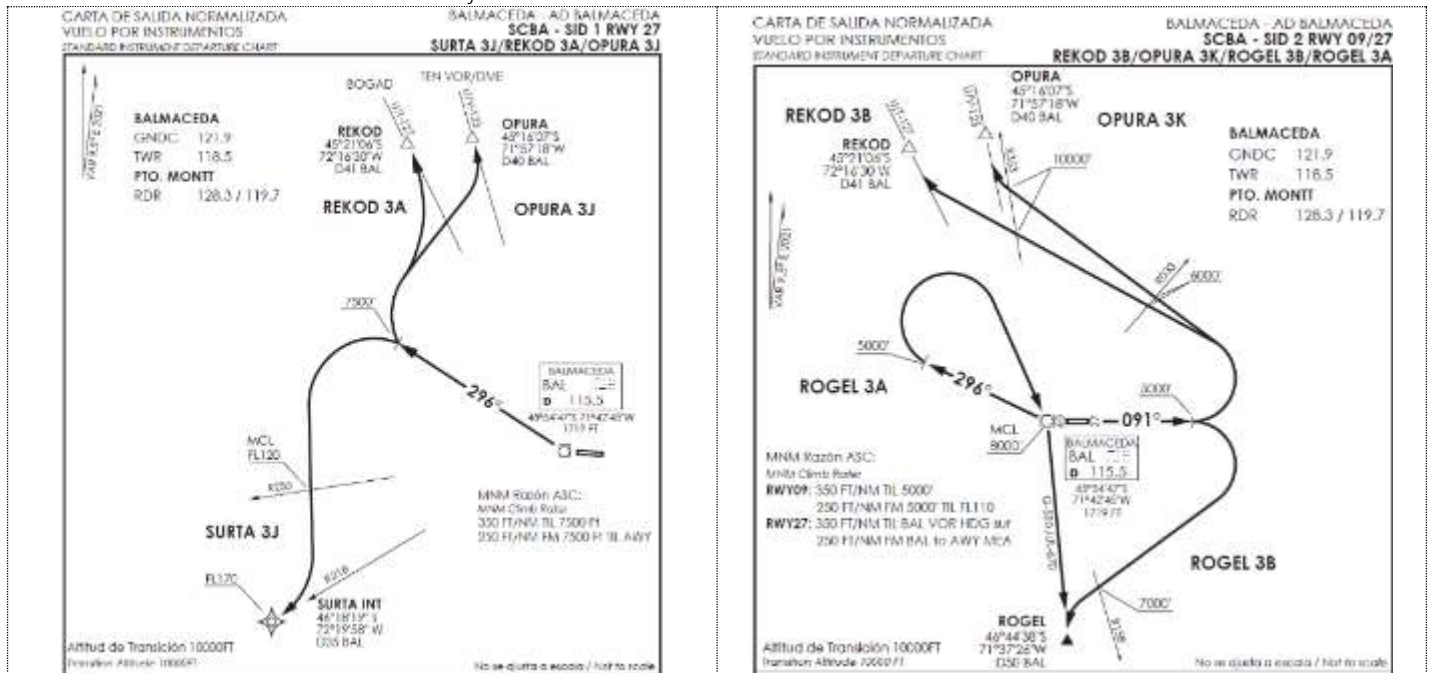
Fuente: AIP VOL II.

3.1.7.2.7 SALIDAS (SID)

Muestra basada en publicaciones AIP VOL II, solo se muestra vista de planta para reducir extensión de imagen.

3.1.7.2.7.1 Salidas convencionales

Gráfico 3.11: SCBA. SID convencional. Basada en VOR-DME



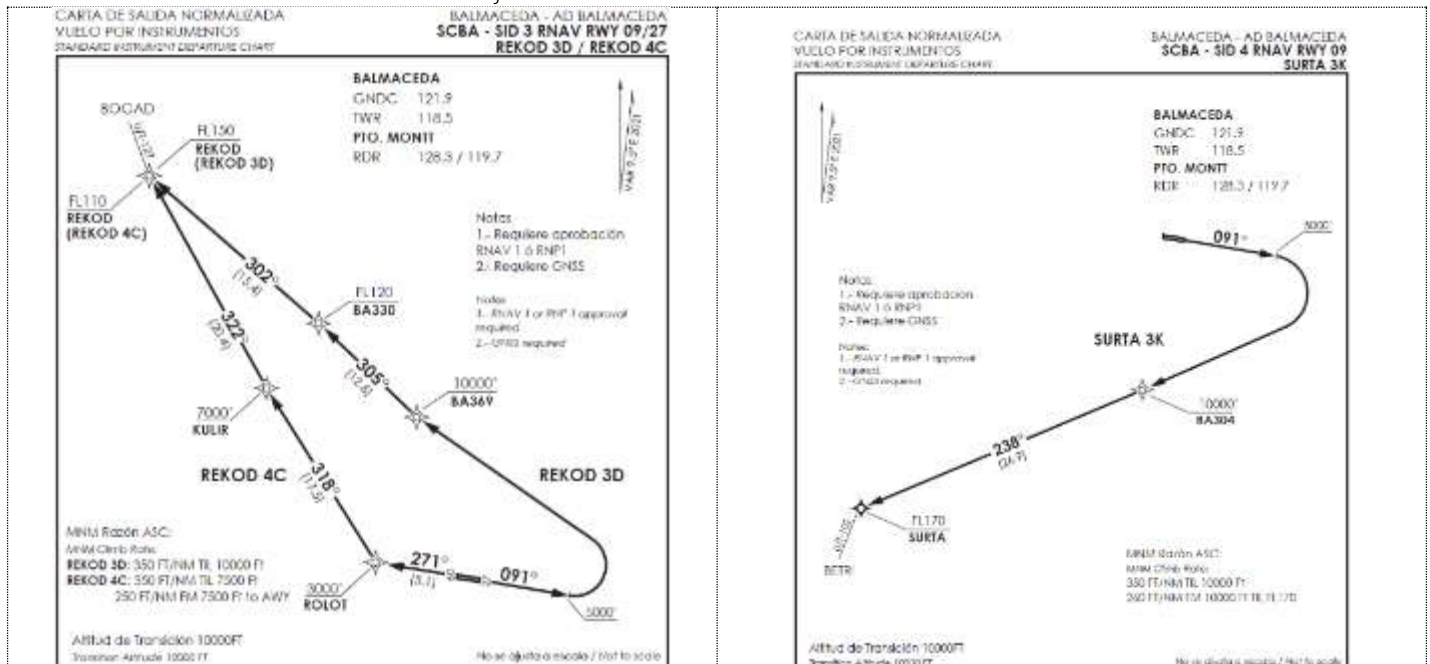
RWY 27 Demuestra conectividad hacia Norte y Sur. Requisitos de gradientes de ascenso permiten una amplia operatividad o uso de estos procedimientos

RWY 27 y 09 Demuestra conectividad hacia Norte y Sur lado argentino. Requisitos de gradientes de ascenso permiten amplia operatividad o uso de estos procedimientos. Opciones para ambas pistas. Salida requiere interacción con lado argentino FIR SAVF.

Fuente: AIP VOL II.

3.1.7.2.7.2 Salidas RNAV

Gráfico 3.12: SCBA. SID RNAV. Basada en RNAV-GNSS



Demuestra conectividad hacia el Norte. Requisitos de gradientes de ascenso normales. Ambas pistas. Salida pista 09 requiere interacción con lado argentino FIR SAVF

Demuestra conectividad hacia el Norte. Requisitos de gradientes de ascenso normales. Solo pista 09. Oportunidad para pista 27 SID RNAV flujo al sur. Salida requiere interacción con lado argentino FIR SAVF

3.1.7.2.8 CONCLUSIONES DIAGNOSTICO ESPACIO AEREO

Desde el punto de vista de los elementos que conforman el espacio aéreo se tiene para el aeródromo de Balmaceda lo siguiente:

- Zonas PRD: no afectan la operación del aeródromo
- CTR ATZ y TMA: principalmente requieren una porción en territorio argentino, sin mayores limitaciones, según lo establecido en carta de acuerdo entre Chile y Argentina.
- Otros Aeródromos: constata otros aeródromos en las cercanías sin impacto operacional.
- Aerovías: cuenta con variada conectividad de aerovías convencionales y RNAV, contando al norte con una estructura que permite flujos independientes.
- STAR (llegadas): existen varias de navegación convencional y RNAV.
- Aproximaciones: No cuenta con aproximaciones de precisión ILS. Dotado de aproximaciones RNAV GNSS y RNAV RNP que mejoran en gran medida los mínimos de aproximación de los procedimientos convencionales VOR-DME vigentes.
- SID (salidas): variadas de navegación convencional y RNAV. Existe oportunidad de desarrollo en pista 27 salidas RNAV (posible RNP-AR) al sur.
- Flujos ATC y operacionales: Se evidencia una estructura que permite en su flujo predominante al norte con pista 27 operativa, ordenar los flujos de manera independiente. Para flujos al sur existen oportunidades de mejora. Muestra de vuelos reales evidencia alta adherencia a la estructura de espacio aéreo publicada.

Desde el punto de vista de cuantificación de procedimientos instrumentales, se tienen:

- Aproximaciones: 7 aproximaciones, todas requiere interacción con lado argentino.
- Salidas: 10 Salidas, de las cuales 5 requieren interacción con lado argentino.
- Llegadas (STAR): 12 Llegadas, de las cuales 7 requieren interacción con lado argentino

En consecuencia, los elementos de espacio aéreo ya señalados, tienen un diagnóstico positivo dado la tecnología de navegación y la estructura de espacio aéreo vigente.

En cuanto a la posibilidad de implementación de aproximación de precisión ILS CAT I a pista 27, desde el punto de vista de espacio aéreo se aprecia factibilidad positiva, en términos de estructura y su interacción con espacio aéreo argentino (impacto equivalente a actual aproximación RNAV GNSS Y RWY27), siendo la evaluación de frustrada crucial para la determinación de los mínimos de operación. En cuanto a extensión al este por dicho procedimiento no se evidencia que requiera modificación de zonas de control.

La obtención de mínimos tradicionales de ILS CAT I (200 ft), implicarían reducción en el requisito de visibilidad mínima (800 m) para el aeródromo aumentando su operatividad para un espectro más grande de aeronaves, esto dado que las posibilidades que hoy en día entrega la aproximación RNAV (RNP) X RWY27 es una visibilidad de 800 mts (Igual al ILS, pero requiere de certificación RNP-AR con nivel de confinamiento RNP 0.1), no obstante lo anterior el resto de aproximaciones del aeródromo cuenta con requisito de visibilidad superior a 1.2Km. En consecuencia, para aeronaves no certificadas RNP-AR la mejora que implica un ILS CAT I en SCBA genera un potencial de operatividad que va de un 98.72% de las mediciones con visibilidad de 1.6 Km a un 99.09% de las mediciones con visibilidad de 800 mts.

Es importante señalar también, que el análisis de datos meteorológicos en SCBA, muestra que el 0.91% de las mediciones METAR entrega niveles de visibilidad inferior a 800 m.

3.1.7.3 ANALISIS DE ANTECEDENTES DE SLO

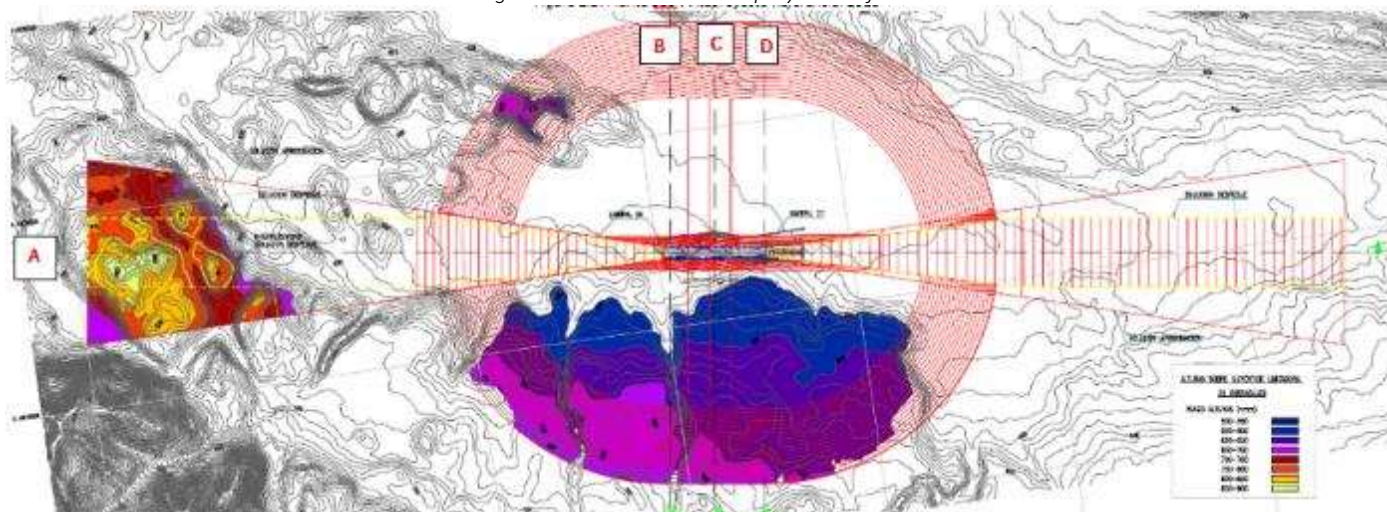
Como premisa se indica que actualmente el aeródromo no cuenta con un plano de protección ni decreto que establezca restricciones de alturas cada zona protegida asociada a las superficies limitadoras de obstáculos.

De acuerdo a los antecedentes disponibles respecto a las Superficies Limitadoras de Obstáculos (SLO), se tiene el análisis del Anteproyecto Referencial del año 2016, desarrollado por la consultora AMEC-Foster-Wheeler. En dicho estudio; además de proyectar las obras para el desarrollo de nueva infraestructura vertical que lleva asociado a crecimiento de plataformas y rodajes, se plantea la necesidad de proveer a la pista de zonas RESAs en ambos extremos, requiriendo para ello el desplazamiento de la pista hacia el extremo oriente; tal como se plantea en el estudio actual.

Sin embargo, en dicha ocasión no se consideraba la normalización de otras zonas y al no existir en ese entonces el rodaje Alfa, tampoco contemplaba obras asociadas a esta calle paralela. El análisis respecto a la SLO se centró en el desplazamiento de pista en 92m hacia el Este, dejando el extremo Oeste alejado del camino, del que de cualquier forma no se mencionaba como obstáculo en la operación de despegue o aterrizaje.

En base a ello, en el Anteproyecto se presenta un plano con el análisis de SLO con la ampliación de pista, que, si bien no representa los 300m aprox. contemplados en el estudio actual, es un acercamiento al análisis a desarrollar en la etapa de Ingeniería de Detalle, una vez se cuente con datos topográficos y se definan las cotas de ambos umbrales.

Figura 3.12: Planta SLO-Anteproyecto Referencial 2016



Fuente: Plano SLO Anteproyecto Referencial-AMEC-FOSTER-WHEELER

Según lo anterior, se identifican las zonas orográficas de mayor altitud, las cuales están actualmente interfiriendo; en general, la Superficie Horizontal Interna (SHI) y la Superficie Cónica (SC) en especial hacia el extremo Oeste y el costado Sur, en tanto que estos mismos puntos altos están interfiriendo el espacio en las Superficies de Aproximación (SA) y Superficie de Ascenso en el Despegue (SD) en el extremo Oeste (umbral 09).

Hacia el extremo Este (umbral 27), no se visualizan obstáculos ni en el entorno cercano, como hacia el final de las SD o SA, con un terreno que baja considerablemente hacia este sector, estando en general estas superficies en el lado de Argentina. Con ello, no se vislumbran dificultades respecto a potenciales interferencias al desplazar el umbral 300m aprox. hacia el lado Este.

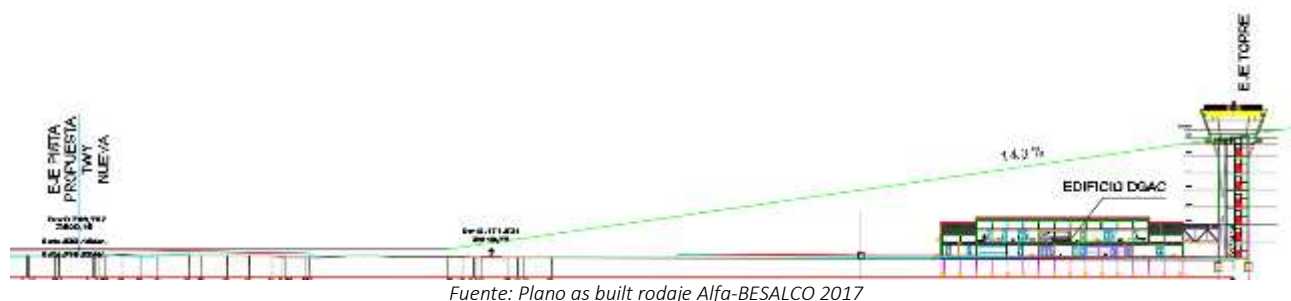
Será únicamente una porción de la ST la que aparentemente se ve vulnerada por la altura del terreno, en donde, además se emplaza el camino perimetral hacia el costado sur-oriente. Sin embargo, a lo anterior, esta se encuentra en una parte ya construida y será tema del estudio verificar si esta situación se repite en la zona de ampliación.

Cualquier interferencia orográfica en las inmediaciones del aeródromo será analizada durante el desarrollo del proyecto, presentando las implicancias de levantar dicha obstrucción.

Adicionalmente, según los planos as built del proyecto de construcción de la calle de rodaje Alfa, desarrollado por BESALCO el año 2017, se analiza la altura de la torre como interferencia de la Superficie de Transición (ST) de Alfa como Pista número clave 3 aproximación visual, con una franja de 75m medidos desde el eje. Según las cotas de dicho proyecto, el análisis da cuenta que la torre vulnera la ST, sin embargo, no se incluyen antecedentes de altura de referencia, para conocer la altura de SHI con el fin de conocer la amplitud de la ST.

La figura siguiente da cuenta de la situación antes descrita:

Figura 3.13: Corte transversal Alfa como pista. Análisis ST



El estudio actual analizará la potencial interferencia de este edificio cuando se cuente con los datos topográficos actualizados y en mayor medida si se requiere una modificación para visualizar ambos umbrales en las nuevas posiciones.

3.2 BRECHAS ÁREA DE MOVIMIENTO

La Etapa 1 del presente proyecto, considera dentro de las actividades a realizar, la determinación de brechas del área de movimiento de las actuales dependencias del aeródromo de Balmaceda, con la finalidad de determinar incumplimiento a la normativa nacional e internacional respecto de su funcionalidad y comportamiento operacional actual.

Conforme a lo señalado en los Términos de Referencia, el trabajo de esta Consultoría consiste en definir a nivel de detalle las obras de normalización requeridas para el área de movimiento del aeródromo, las que deberán dar cumplimiento a la normativa nacional y/o internacional que corresponda contribuyendo adicionalmente con ello a mejorar la calidad de servicio y las condiciones de seguridad de las operaciones y programadas de tal manera de mantener la condición de operatividad del aeródromo en todo momento y coordinadas con el resto de las obras o iniciativas que se tienen previstas para él.

Para esta evaluación se realizó un levantamiento en terreno de todas las especialidades involucradas en la cual se inspeccionaron y registraron fotográficamente cada uno de los elementos constituyentes de la Infraestructura Horizontal del Aeródromo.

El levantamiento consideró revisar visualmente las condiciones de las estructuras y sus equipamientos, comparar la información existente en documentos varios con lo materializado en terreno, y tomar registro fotográfico de las estas estructuras y sus equipamientos y de los posibles problemas que se pudieron constatar dentro de la visita, las cuales pudieran, eventualmente, considerarse como brechas de normalización.

3.2.1 Análisis de Brechas

Dentro del Estudio de Perfil, se consideraron los siguientes parámetros para la posterior ejecución de la Consultoría:

- ✓ Aeronave crítica de diseño: Boeing 767-300ERW

- ✓ Clave de referencia: 4D
- ✓ Pendiente media pista: 0.67% (AIP)
- ✓ Altura aeródromo: 509 m.s.n.m. (AIP)

De manera preliminar las brechas que se levantaron y observaron a nivel de perfil de proyecto (estudio realizado por la Dirección de Aeropuertos) para el cumplimiento de los parámetros, variables y factores se describen a continuación:

Tabla 3.29: Brechas y/o requerimientos detectados por la Dirección de Aeropuertos.

N°	SECCIÓN	ÍTEM	DETALLE/UBICACIÓN	OBSERVACIÓN
1	Pista	Vulneración	Franja Umbral 09	Identificado como INCUMPLIMIENTO NORMATIVO 1 (IN1) Por la forma del terreno y límites existentes se presenta vulneración, tanto por el cerco que limita terreno del aeródromo como el camino exterior existente, incumpliendo longitud y ancho de la franja.
2	Pista	Existencia	RESA Umbrales 09 y 27	INCUMPLIMIENTO NORMATIVO 2 (IN2) No se cuenta con áreas de seguridad en extremo de pista (RESAS)
3	Pista	Existencia	Umbral 09	Identificado como INCUMPLIMIENTO NORMATIVO 3 (IN3) Se observa que los aspectos geométricos y de circulación de las aeronaves, en el umbral 09 no permite conectar directamente con el rodaje paralelo a Alfa, ya que su conexión se ubica aproximadamente a 300m hacia el este y teniendo esto en consideración tampoco cuenta con un área de viraje que permita realizar un giro en 180° para las aeronaves que se posicionan en este umbral, para hacer una operación de despegue o bien para devolverse tras haber aterrizado y utilizado todo el largo de la pista en el frenado.
4	Pista	Nivelación	Franja pista 09/27	Franja presenta desniveles que incumplen normativa
5	Calles de rodaje	Curvas	Empalme pista y Alfa con Rodajes Bravo y Charlie Conexión oriente de Alfa con pista	Incumplimiento de distancia entre cara externa del tren de aterrizaje principal de la aeronave crítica y borde de los rodajes en empalmes de pista 09/27 con calles de rodaje Bravo, Charlie y conexión oriente de Alfa con pista y de calle de rodaje Alfa con calles de rodaje Bravo y Charlie.
6	Calle de rodaje	Dimensión	Conexión con plataforma FACH	Se deberá normalizar rodaje, plataforma FACH y su conexión con pista de acuerdo a la aeronave crítica.
7	Seguridad-Cerco	Existencia	Proyección umbral 09	Identificado como INCUMPLIMIENTO NORMATIVO 4 (IN4) No impide apropiadamente el acceso inadvertido de animales y/o personas al área de movimiento del aeródromo dada su baja altura.
8	SLO	Vulneración	SLO despegue y ascenso	Identificado como INCUMPLIMIENTO NORMATIVO 5 (IN5) La altura de la SLO de ascenso y despegue que se eleva con una pendiente del 2% a partir del borde franja en umbral 09 se ve vulnerada por cualquier vehículo que circule por camino exterior ubicado a 70m de distancia desde el borde de franja de pista en el eje de ésta.
9	Ayuda a la navegación aérea	Ubicación	Localizador de pista	Actualmente se encuentra ubicado en extremo oeste de la calle de rodaje Alfa, no sirviendo para la pista 09/27 como tal.

Fuente: Términos de Referencia Consultoría, en complemento con estudio preinversional "Normalización área de movimiento aeródromo de Balmaceda".

3.2.1.1 BRECHAS ASOCIADAS A PISTA (N°1 A N°4)

Tabla 3.30: Brechas pista.

ZONA	SITUACIÓN ACTUAL (4D)	CUMPLE
ANCHO PISTA	Actualmente cuenta con un ancho de 45m.	SI
LONGITUD DE CAMPO DE REFERENCIA DE LA AERONAVE	La LCR para aeronaves del tipo A320-200, A321-200 y B767-300ER con un peso de despegue MTOW está entre los 2.100 a 2.600m (según análisis pista para despegue de Informe Diagnóstico) De esto, luego para obtener el largo de despegue se debe compensar con las condiciones de pendiente, altura y temperatura. De análisis se determina que podrá despegar con un peso suficiente para las rutas típicas de este aeródromo. Actualmente la pista tiene un largo total de 2.501m	SI
PENDIENTE LONGITUDINAL PISTA	Actualmente pendiente longitudinal tiene tramos de pendientes leves hacia el oriente con una pendiente media de 0.67 (AIP).	SI
PENDIENTE TRANSVERSAL PISTA	Aparentemente presenta pendientes acordes a la normativa, esto será verificado en la etapa siguiente mediante topografía.	SI
MÁRGENES DE PISTA	Actualmente cuenta con márgenes de pista.	SI
ANCHO MÁRGENES DE PISTA	Se cuenta con márgenes de ancho 7.5m totalizando un ancho total de 60m	SI

ZONA	SITUACIÓN ACTUAL (4D)	CUMPLE
PENDIENTES MÁRGENES DE PISTA	Aparentemente presenta pendientes acordes a la normativa, esto será verificado en la etapa siguiente mediante topografía.	SI
PLATAFORMA VIRAJE DE PISTA	Si bien cuenta con una calle de rodaje paralelo en el umbral 27, esta se encuentra desplazada aproximadamente 300m respecto al umbral 09 por lo que no dispone de infraestructura para realizar un viraje en 180°.	NO
LONGITUD FRANJA DE PISTA	La franja de seguridad asociada al umbral 09 presenta vulneración en el lado sur, tanto por el cerco existente y el camino exterior, no completando los 150m desde el eje en la extensión de 60m desde el umbral.	NO
ANCHO FRANJA DE PISTA	Vuelo Por Instrumentos: La distancia actual hacia el umbral 09 lado sur se encuentra vulnerada por el cerco existente y el camino exterior.	NO
NIVELACIÓN FRANJA DE PISTA	Vuelo Por Instrumentos: La zona que ha de nivelarse aparentemente se ajusta a normativa. Los desniveles se encuentran más allá de los 75m desde el eje hacia el costado norte entre pista y rodaje Alfa a lo largo de toda la pista.	SI
PENDIENTES FRANJA DE PISTA ZONA NIVELADA	A simple vista no existen problemas de nivelación dentro de los 75m desde el eje. Se verificará con topografía	SI
PENDIENTE FRANJA DE PISTA ZONA NO NIVELADA	Producto de desniveles evidenciados más allá de los 75m, especialmente en la ubicación de la zanja de drenaje en el costado norte de pista, las pendientes no están acorde a la normativa, lo cual será verificado en la etapa de topografía.	NO
ZPCH	En ambos umbrales existen zonas pavimentadas como prolongación de la pista de dimensiones 60x60m.	SI
RESA	Actualmente no cuenta con RESA en ninguno de sus extremos.	NO

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.2 BRECHAS ASOCIADAS A RODAJE (N°5 A N°6)

Tabla 3.31: Brechas rodaje Alfa letra clave D

ZONA	SITUACIÓN ACTUAL ALFA	CUMPLE
ANCHO RODAJE	El ancho actual de 30m en su parte recta.	SI
CURVAS RODAJE	Actualmente no se cumple con lo requerido en conexión de alfa con pista costado oriente	NO
PENDIENTE LONGITUDINAL	Según antecedentes de planos as built e inspección visual, presenta pendientes acordes a la normativa, esto será verificado en la etapa siguiente mediante topografía.	SI
PENDIENTE TRANSVERSAL	Según antecedentes de planos as built e inspección visual, presenta pendientes acordes a la normativa, esto será verificado en la etapa siguiente mediante topografía.	SI
MÁRGENES RODAJE	Actualmente existen márgenes de rodaje de 7.5m.	SI
FRANJAS RODAJE	La franja de rodaje se encuentra despejada y no se observa obstrucción de objetos no frangibles.	SI
NIVELACIÓN FRANJA RODAJE	Actualmente la franja se encuentra nivelada ya que queda comprendida dentro del área limitada por los márgenes.	SI
FRANJA RODAJE ZONA NO NIVELADA	Se confirmará con topografía	-
DISTANCIA ENTRE EJES DE CALLES DE RODAJE	No aplica	-
DISTANCIA ENTRE EJE CALLE DE RODAJE Y EJE DE PISTA	La distancia entre Alfa y pista tiene una distancia de 176m entre ejes según planos as built.	SI

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.32: Brechas rodaje Bravo letra clave D

ZONA	SITUACIÓN ACTUAL BRAVO	CUMPLE
ANCHO RODAJE	El ancho actual de 23m en su parte recta.	SI
CURVAS RODAJE	El rodaje Bravo presenta una vulneración a la norma en su conexión con rodaje alfa (giro al oriente) y también en su conexión a pista (giro al poniente).	NO
PENDIENTE LONGITUDINAL	Aparentemente presenta pendientes acordes a la normativa, esto será verificado en la etapa siguiente mediante topografía.	-
PENDIENTE TRANSVERSAL	Aparentemente presenta pendientes acordes a la normativa, esto será verificado en la etapa siguiente mediante topografía.	-
MÁRGENES RODAJE	Actualmente existen márgenes de rodaje de 7.5m.	SI
FRANJAS RODAJE	La franja de rodaje se encuentra despejada y no se observa obstrucción de objetos no frangibles.	SI
NIVELACIÓN FRANJA RODAJE	Actualmente la franja se encuentra nivelada ya que queda comprendida dentro del área limitada por los márgenes.	SI
FRANJA RODAJE ZONA NO NIVELADA	Se confirmará con topografía	-

ZONA	SITUACIÓN ACTUAL BRAVO	CUMPLE
DISTANCIA ENTRE EJE CALLE DE RODAJE Y EJE DE PISTA	Actualmente los rodajes Bravo y Charlie conectan Alfa y pista en forma diagonal y asimétrica, encontrándose la distancia menor bajo el mínimo requerido según categoría, sin embargo se entiende que la normativa se relaciona con calles paralelas.	-
DISTANCIA ENTRE EJE CALLE DE RODAJE Y EJE DE PISTA	No aplica	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.33: Brechas rodaje Charlie letra clave D

ZONA	SITUACIÓN ACTUAL CHARLIE	CUMPLE
ANCHO RODAJE	El ancho actual de 23m en su parte recta, da cumplimiento a las exigencias según la clave de referencia.	SI
CURVAS RODAJE	Según el esquema FAA para un giro en 42° aprox. requiere ensanche en la intersección con pista. No se considera sobreancho desde Charlie hacia Alfa al poniente, por ser una trayectoria improbable	NO
PENDIENTE LONGITUDINAL	Aparentemente presenta pendientes acordes a la normativa, esto será verificado en la etapa siguiente mediante topografía.	-
PENDIENTE TRANSVERSAL	Aparentemente presenta pendientes acordes a la normativa, esto será verificado en la etapa siguiente mediante topografía.	-
MÁRGENES RODAJE	Actualmente existen márgenes de rodaje de 7.5m.	SI
FRANJAS RODAJE	La franja de rodaje se encuentra despejada y no se observa obstrucción de objetos no frangibles.	SI
NIVELACIÓN FRANJA RODAJE	Actualmente la franja se encuentra nivelada ya que queda comprendida dentro del área limitada por los márgenes.	SI
FRANJA RODAJE ZONA NO NIVELADA	Se confirmará con topografía	-
DISTANCIA ENTRE EJE CALLE DE RODAJE Y EJE DE PISTA	Actualmente los rodajes Bravo y Charlie conectan Alfa y pista en forma diagonal y asimétrica, encontrándose la distancia menor bajo el mínimo requerido según categoría, sin embargo se entiende que la normativa se relaciona con calles paralelas.	-
DISTANCIA ENTRE EJE CALLE DE RODAJE Y EJE DE PISTA	No aplica	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.34: Brechas rodaje FACH letra clave C

ZONA	SITUACIÓN ACTUAL	CUMPLE
ANCHO RODAJE	El ancho actual de 15m en su parte recta, da cumplimiento a las exigencias según la clave de referencia.	SI
CURVAS RODAJE	Actualmente cumple con lo requerido en todos movimientos posibles, considerando que la pista es letra D, por ende el giro lo absorbe la diferencia de ancho de una pista C (30m) a D (45m)	SI
PENDIENTE LONGITUDINAL	Aparentemente presenta pendientes acordes a la normativa, esto será verificado en la etapa siguiente mediante topografía.	-
PENDIENTE TRANSVERSAL	Aparentemente presenta pendientes acordes a la normativa, esto será verificado en la etapa siguiente mediante topografía.	-
MÁRGENES RODAJE	Actualmente no cuenta con márgenes pavimentados	NO
FRANJAS RODAJE	La franja de rodaje se encuentra despejada y no se observa obstrucción de objetos no frangibles.	SI
NIVELACIÓN FRANJA RODAJE	Visualmente se encuentra nivelada, lo que será confirmado con topografía.	-
FRANJA RODAJE ZONA NO NIVELADA	Visualmente se ajusta a normativa, lo que será confirmado con topografía.	-
DISTANCIA ENTRE EJES DE CALLES DE RODAJE	No existe una calle paralela	-
DISTANCIA ENTRE EJE CALLE DE RODAJE Y EJE DE PISTA	No aplica	-

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.3 BRECHAS ASOCIADAS A SEGURIDAD (N°7)

De acuerdo a lo señalado en el punto 2.2.4 del “Manual de diseño e infraestructura para la protección de instalaciones aeroportuarias-MTA-17 03/Ed 2 agosto 2018” de la Dirección General de Aeronáutica Civil. El cerco perimetral para un aeródromo de la red primaria contendrá las siguientes características:

- Altura mínima de 2,5 m en toda su extensión, incluyendo el voladizo.
- Postes metálicos galvanizados o similares de 60 x 60 mm con un espesor de 1,5 mm y 2,5 m. de longitud con marcos del mismo material, empotrados en una base de hormigón de 60 cm. de profundidad.

- c) Voladizo hacia el exterior, en ángulo de 45°, de base metálica, de 40 cm. de extensión, con un mínimo de 3 hebras de alambre de púas, cuando sea factible, concertina de alambre de navajas dobles, rectas o inclinadas.
- d) Malla de alambre doble galvanizado o similar calibre 10 o mayor, con separación de no mayor a 5 cm entre alambres, soldado completamente al marco y a los postes.
- e) El cerco, preferentemente, se prolongará a nivel del terreno.

3.2.1.3.1 CERCO UMBRAL 09

De acuerdo a lo evidenciado en terreno, el cerco actual presente en la proyección del umbral 09 exhibe características que difieren de lo normado a un cerco OACI; especialmente en lo referente a la altura, ya que cuenta con los postes, voladizo con alambre de púas, malla de alambre doble. La disminución de altura tiene como objetivo de no ingresar en la SLO de ascenso al despegue.

3.2.1.3.2 CERCO PERIMETRAL

Según la inspección, se visualizan diferentes tramos de cercos, ya sea por ajuste del terreno o por edad, sin embargo todos ellos estarían cumpliendo con la normativa.

3.2.1.4 BRECHA ASOCIADA A VULNERACIÓN DE SUPERFICIE LIMITADORA DE OBSTÁCULO SLO (N°8)

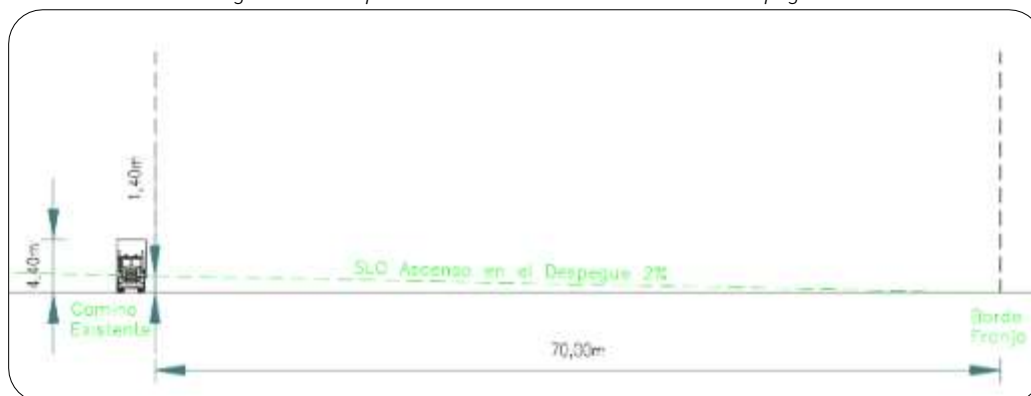
3.2.1.4.1 SLO DE ASCENSO EN EL DESPEGUE Y APROXIMACIÓN

Actualmente el área de movimiento del aeródromo de Balmaceda presenta un incumplimiento normativo en la superficie limitadora de obstáculos correspondiente a la superficie de ascenso en el despegue y superficie de aproximación. Ya que, si bien el cerco perimetral actual en la proyección del umbral 09 cumple con lo solicitado por la SLO, esta es irrumpida por vehículos que circulan por el camino existente pasado el cerco situado a 70m de distancia desde el borde de la franja de pista medida por el eje de la misma.

La Dan 14-154 en el apéndice 4, Tabla 0-0-5 Dimensiones de Superficies Limitadoras de Obstáculos - Plano de Zona de Protección de Aeródromos en el ítem “DESPEGUE” para una pista de clave 4 que no sea de precisión considera para la SLO una pendiente del 2%, y de acuerdo a lo menciona en el párrafo anterior, la distancia desde el borde de la franja de pista hasta el camino existente fuera del aeródromo es de 70m (medido desde el eje), generando una obstrucción a la SLO de ascenso en el despegue, lo que es esquematizado en la siguiente figura.

Cabe indicar que esta situación, tal como es esquematizada, únicamente se cumple si la cota del umbral, homologada al borde de franja, posee igual cota que el camino existente. A menor cota de este camino, menor es la vulneración, y viceversa. Esto será confirmado posterior al levantamiento topográfico.

Figura 3.14: Esquema obstáculo SLO de ascenso en el despegue⁵

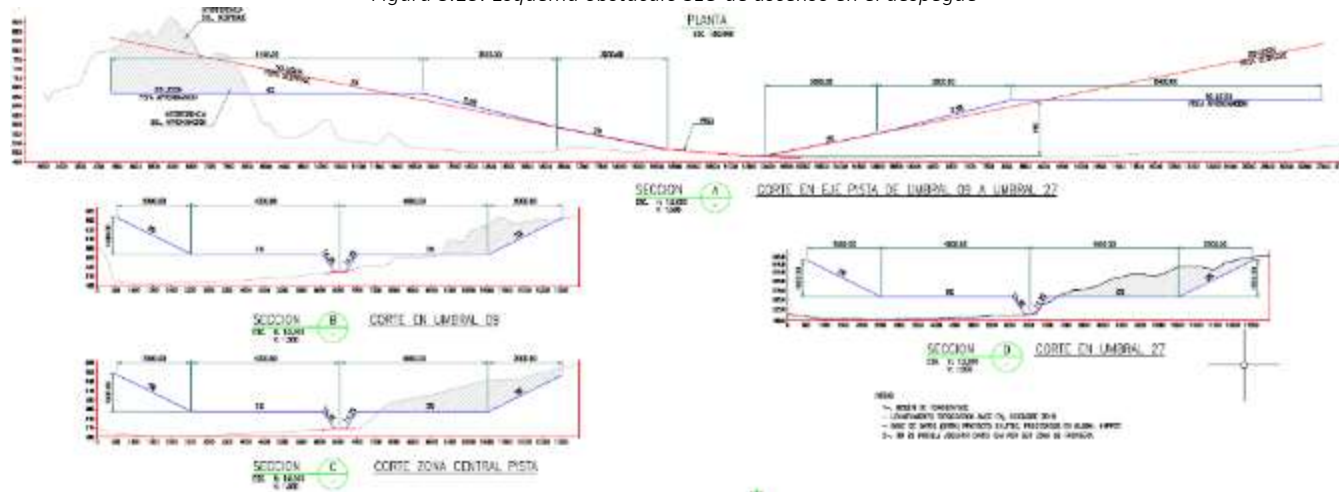


Fuente: Elaboración propia

3.2.1.4.2 VULNERACIÓN DE OTRAS SLO.

De acuerdo a los antecedentes disponibles respecto a las Superficies Limitadoras de Obstáculos (SLO), se tiene el análisis del Anteproyecto Referencial del año 2016, desarrollado por la consultora AMEC-Foster-Wheeler. A continuación, se incluyen imágenes desarrolladas en el contexto del Anteproyecto

Figura 3.15: Esquema obstáculo SLO de ascenso en el despegue



Fuente: Plano SLO Anteproyecto Referencial-AMEC-FOSTER-WHEELER

Según lo anterior, se identifican las zonas orográficas de mayor altitud, las cuales están actualmente interfiriendo; en general, la Superficie Horizontal Interna (SHI), la Superficie Cónica (SC), la Superficie de Aproximación (SA) y la Superficie de Ascenso en el Despegue (SD).

Las mayores interferencias se aprecian en los cortes transversales, donde el terreno queda por sobre la SHI, SC y en caso puntual sobre la ST hacia el umbral 27.

Cualquier interferencia orográfica en las inmediaciones del aeródromo será analizada durante el desarrollo del proyecto, presentando las implicancias de levantar dicha obstrucción.

⁵ La superficie de aproximación tiene igual pendiente en su 1ra sección por lo que el esquema es idéntico al de despegue en las cercanías del umbral.

3.2.1.5 BRECHA ASOCIADA A LA UBICACIÓN DEL LOCALIZADOR DE PISTA (N°9) Y HALLAZGOS AYUDAS VISUALES

Actualmente el sistema localizador de pista se ubica a 300m del umbral 09 de Alfa. Considerando que actualmente no evidencia deterioro, en su diagnóstico no se incluye como brecha propiamente tal ni recomendación de mejora. Será en la ingeniería definitiva donde se analice su traslado a requerimiento del estudio propiamente tal.

Dentro de los hallazgos en el ámbito de ayudas visuales y radioayudas se cuenta:

Tabla 3.35: Brechas y/o hallazgos sistemas ayudas visuales luminosas

SISTEMA	SITUACIÓN ACTUAL	CUMPLE
SISTEMA PAPI PISTA 27	Estado regular por obsolescencia de luces halógenas	SI
SISTEMA APROXIMACIÓN PISTA PPAL.	Estado regular por obsolescencia de luces halógenas. Se compone de un sistema corto	SI
SISTEMA REIL PISTA PPAL.	Estado regular por obsolescencia de luces halógenas	SI
CONOS DE DIRECCIÓN DEL VIENTO	Fuera de normativa por no ser frangibles y no contar con demarcación en superficie	NO
SISTEMA VOR DME	La acometida desde el empalme hacia la antena es en forma subterránea y su estado es regular debido al tiempo de instalación. EL cerco perimetral de la zona donde se ubica el sistema está en mal estado permitiendo que ingresen animales al recinto provocando interferencias. Así mismo, la caseta del grupo generador se encuentra en regular estado de mantenimiento	SI
SISTEMA DE CONTROL	Para la implementación de los trabajos de extensión de calles de rodaje como normalización de pista principal, existe el espacio disponible en tableros eléctricos y de control, sin embargo, se deberá considerar la actualización del sistema de control marca ADB para las nuevas balizas por el alargue de calles de rodaje	SI
CANALIZACIONES PISTA PPAL.	Estas instalaciones son antiguas y requieren actualización	SI

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que en general las instalaciones antes mencionadas cumplen la normativa y se encuentran operativas, sin embargo, existen reparos por obsolescencia.

3.2.1.6 BRECHAS/HALLAZGOS ESPECIALIDAD HIDRAULICA

Dentro de los hallazgos en el ámbito de hidrología se cuenta:

Tabla 3.36: Brechas y/o hallazgos hidrología

CANAL	SITUACIÓN ACTUAL	CUMPLE
CANALES ABIERTOS	Se aprecia crecimiento importante de maleza	SI
CANALES ABIERTOS EN ZONAS DE FRANJA	Existen canales abiertos que se encuentran en zonas de franja de pista y/o rodaje, donde se supone se debe cumplir con una pendiente normativa que actualmente no se evidencia	NO
CANALES DE AGUAS LLUVIA ZONA PLATAFORMA FACH	Actualmente este sector no cuenta con un sistema de encauce de aguas lluvias.	SI

Fuente: Elaboración propia

En el caso anterior, si bien no existe incumplimiento normativo en dos de los casos, se recomiendan trabajos para su mejoramiento.

3.2.2 Cálculo Aproximado del Tiempo de Respuesta del SSEI

A continuación, se abordará el análisis del tiempo de respuesta de los camiones del SSEI a fin de atender emergencias que pudieran gestarse en cualquiera de los dos umbrales de la actual pista 09-27 (se asume que para los umbrales de Alfa como pista los tiempos serán inferiores a los de pista, por estar más cerca de las instalaciones SSEI). Para ejecutar este análisis se considera la utilización del manual de procedimientos de funcionamiento del SSEI (PRO SEI-01).

Los datos con los que se consideran para realizar el análisis son los siguientes:

- El tiempo de respuesta desde recibida la alarma en Cuartel SSEI corresponde a 02 minutos para el área de respuesta rápida.
- Tiempo de reacción 20 segundos
- La aceleración aproximada de los carros del SSEI entre 0 a 90 km/h se realiza en 20s.
- Velocidad media de 90 km/h hasta el lugar del accidente
- Tiempo de preparación para descarga 10s

3.2.2.1 SITUACIÓN ACTUAL:

Las rutas consideradas para este análisis se determinan acorde a la siguiente figura:

Figura 3.16: Cálculo de distancias geográficas a los dos umbrales, situación actual



Fuente: Elaboración propia

De la imagen anterior, se concluye que las distancias aprox. a recorrer por los carros del SSEI a los umbrales 09 y 27 actuales son las siguientes:

i.	Distancia al Umbral 09 por codo poniente rodaje Alfa:	1.756m
ii.	Distancia al Umbral 09 por desahogo Charlie:	1.647m
iii.	Distancia al Umbral 27 por codo oriente rodaje Alfa:	1.531m
iv.	Distancia al Umbral 27 por calle SSEI a Pista:	1.531m

A partir de los datos con los que se cuentan, es posible determinar los siguientes tiempos de respuesta:

- Durante los primeros 20s, los carros del SSEI acelerarán de 0 a 90 km/h, por lo tanto, asumiendo una velocidad promedio dentro de esos 20s de 45km/h, se determina que en esta fracción de minuto los carros SSEI logran recorrer 250m.
 - i. Para el umbral 09 por Alfa:
 - El carro desplazándose a 90 km/h tardará 60 s en llegar al umbral.
 - En total, los carros SSEI demorarán 20s+60s+10s=90s (1 min, 30 s) en iniciar la descarga.
 - ii. Para el umbral 09 por Charlie:
 - El carro desplazándose a 90 km/h tardará 56 s en llegar al umbral.
 - En total, los carros SSEI demorarán 20s+56s+10s=86s (1 min, 26 s) en iniciar la descarga
 - iii. Para el umbral 27 por Alfa o por calle SSEI a pista, considerando que tiene igual distancia:
 - El carro desplazándose a 90 km/h tardará 51 s en llegar al umbral.
 - En total, los carros SSEI demorarán 20s+51s+10s=81s (1 min, 21 s) en iniciar la descarga

Por consiguiente, la zona crítica a la hora de atender una emergencia corresponderá, en las condiciones actuales en el umbral 09 con un recorrido por Alfa, accediendo a pista por el codo poniente, aun cuando la respuesta queda comprendida dentro de los 2 minutos. De acercarse el umbral al oriente la respuesta será en menor tiempo, disminuyendo la distancia entre las instalaciones SSEI y el extremo de pista.

Respecto a la respuesta en el umbral contrario, existe una holgura levemente mayor, por lo que es factible una ampliación de la pista hacia el extremo oriente sin la necesidad de desplazar la ubicación del SSEI. Es necesario mencionar que si bien las distancias al umbral 27 son las mismas, ya sea por el codo de Alfa oriente o por la calle SSEI a pista, en la 1ra existen dos giros, versus la 2da que solo requiere el giro en pista, que además cuenta con una extensa zona, por tener 45m de ancho el pavimento donde realiza la maniobra, sin embargo, por simplificación se asume igual tiempo en ambos recorridos.

Finalmente, y en virtud de los cálculos anteriormente expuestos, es posible afirmar que los carros del SSEI (bajo las condiciones de respuesta estipuladas), alcanzarían a llegar a ambos umbrales en la situación actual.

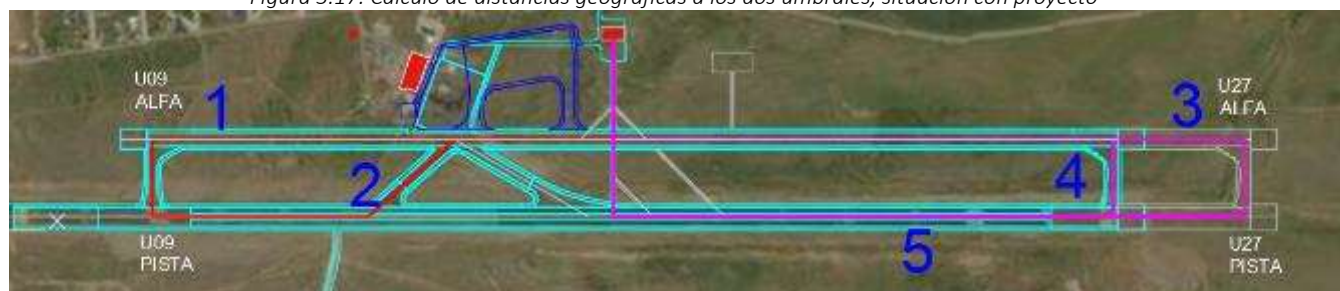
Cabe mencionar que el valor anterior puede verse incrementado al considerar el tiempo en girar en 90° desde la calle SSEI hacia el rodaje Alfa en ambos sentidos y desde esta última hacia los umbrales, considerando que el camión se encuentra cargado con agua. Según esto podría considerarse que el giro en 90° pudiese retrasar en algunos segundos el desplazamiento, sin embargo, al contar con un amplio espacio para girar (zonas de fillets o anchos de pavimentos de más de 30m), donde no necesariamente la trayectoria sea como la trazada en la imagen anterior y en las esquinas el giro se acerque a 45°, se disminuye el largo de recorrido y la velocidad pueda seguir constante.

3.2.2.2 SITUACIÓN PROYECTO:

a) Sin utilización de calles SSEI

Se incluye el análisis de la situación con proyecto, con un desplazamiento de a lo menos 300m al oriente (umbral 27), y dejando el umbral poniente (oriente) en la intersección con el codo poniente de Alfa. En este caso no se utilizan las calles oblicuas proyectadas. Adicional se incluye el contorno de la nueva plataforma y rodaje asociado (aun no materializadas), para identificar la influencia o cercanía sobre el sector SSEI. Las rutas serán las siguientes:

Figura 3.17: Cálculo de distancias geográficas a los dos umbrales, situación con proyecto



Fuente: Elaboración propia

Las recomendaciones generadas a partir de la visita diagnóstica realizada por el equipo de consultoría multidisciplinario durante septiembre de 2021, fueron las siguientes:

Luego, las distancias aprox. a recorrer por los carros del SSEI a los umbrales 09 y 27 en situación con proyecto son las siguientes:

i.	Distancia al Umbral 09 por codo poniente rodaje Alfa:	1.443m
ii.	Distancia al Umbral 09 por desahogo Charlie:	1.334m
iii.	Distancia al Umbral 27 por nuevo codo oriente rodaje Alfa:	1.831m
iv.	Distancia al Umbral 27 por existente codo oriente rodaje Alfa y Pista:	1.831m
v.	Distancia al Umbral 27 por calle SSEI a Pista:	1.831m

A partir de los datos con los que se cuentan, es posible determinar los siguientes tiempos de respuesta:

Durante los primeros 20s, los carros del SSEI acelerarán de 0 a 90 km/h, por lo tanto, asumiendo una velocidad promedio dentro de esos 20s de 45km/h, se determina que en esta fracción de minuto los carros SSEI logran recorrer 250m. esto es invariable en todos los análisis.

- i. Para el umbral 09 por Alfa:
 - o El carro desplazándose a 90 km/h tardará 48 s en llegar al umbral.
 - o En total, los carros SSEI demorarán $20s+48s+10s=78s$ (1 min, 18 s) en iniciar la descarga.
- ii. Para el umbral 09 por Charlie:
 - o El carro desplazándose a 90 km/h tardará 43 s en llegar al umbral.
 - o En total, los carros SSEI demorarán $20s+43s+10s=73s$ (1 min, 13 s) en iniciar la descarga.
- iii. Para el umbral 27 por codo Alfa existente, por codo Alfa proyectado y por calle SSEI a Pista, considerando que los 3 recorridos tienen igual distancia:
 - o El carro desplazándose a 90 km/h tardará 63 s en llegar al umbral.
 - o En total, los carros SSEI demorarán $20s+63s+10s=93s$ (1 min, 33 s) en iniciar la descarga.

En este escenario la zona crítica a la hora de atender una emergencia corresponderá, en las condiciones con proyecto en el umbral 27. En los análisis se obtiene igual distancia si se llega por medio del existente codo de Alfa, por el codo proyectado o por la calle SSEI a pista, sin embargo el 1ro posee tres giros en 90° (desde SSEI a Alfa, de Alfa a actual codo oriente Alfa y de este a Pista) versus la trayectoria del nuevo codo, que solo tendría dos, pudiendo ganar algunos segundos por este motivo, en tanto que por calle SSEI a pista únicamente posee un giro, pudiendo ser aún más eficiente. Ello aunque; como ya fue indicado, no necesariamente las curvas deberán ser tan cerradas, por la holgura de los fillets, por lo que los recorridos son algo inferiores.

Siguiendo la lógica del análisis de tiempo, la pista podría ampliarse aprox. 1.000m y aun estar dentro del tiempo límite de respuesta.

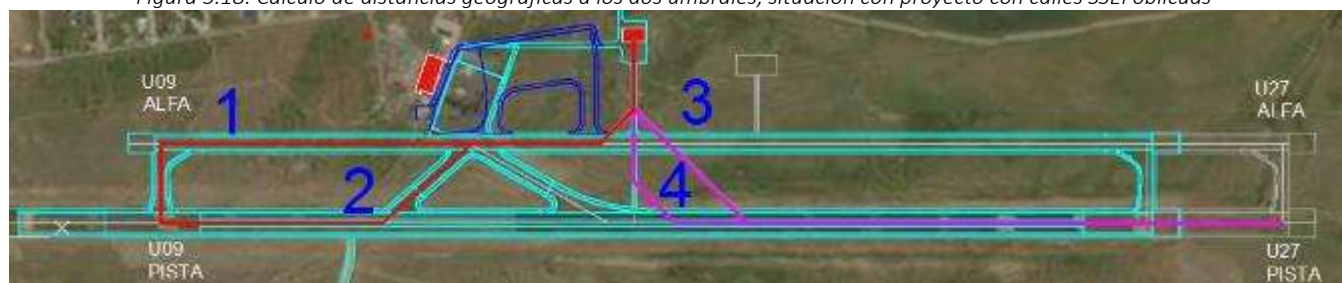
Respecto al umbral 09, tal como se indicó, disminuye el tiempo de respuesta al disminuir el recorrido desde el SSEI. Luego, desde el codo poniente de Alfa el tiempo disminuye en 12 segundos y accediendo por Charlie, el tiempo disminuye en 13 segundos.

b) Con utilización de calles SSEI oblicuas proyectadas:

Adicionalmente, y a pesar que los tiempos de respuesta anteriores quedan dentro de los límites esperados, se incluye una alternativa, incluyendo y utilizando calles de salidas oblicuas que disminuirían el recorrido y descartarían los giros en 90° , contribuyendo a mejorar los tiempos hacia ambos umbrales.

Al igual que en el caso anterior la situación con proyecto, considera un desplazamiento de a lo menos 300m al oriente (umbral 27), y dejando el umbral poniente (oriente) en la intersección con el codo poniente de Alfa. Las rutas serán las siguientes:

Figura 3.18: Cálculo de distancias geográficas a los dos umbrales, situación con proyecto con calles SSEI oblicuas



Fuente: Elaboración propia

Luego, las distancias aprox. a recorrer por los carros del SSEI a los umbrales 09 y 27 en situación con proyecto son las siguientes:

i.	Distancia al Umbral 09 por codo poniente rodaje Alfa:	1.399m
ii.	Distancia al Umbral 09 por desahogo Charlie:	1.290m
iii.	Distancia al Umbral 27 por calle SSEI oblicua mayor:	1.684m
iv.	Distancia al Umbral 27 por calle SSEI oblicua menor:	1.778m

Luego, en forma idéntica a los análisis antes expuestos, se tienen los siguientes tiempos de respuesta:

- Durante los primeros 20s, los carros del SSEI acelerarán de 0 a 90 km/h, por lo tanto, asumiendo una velocidad promedio dentro de esos 20s de 45km/h, se determina que en esta fracción de minuto los carros SSEI logran recorrer 250m. esto es invariable en todos los análisis.
 - i. Para el umbral 09 por Alfa:
 - El carro desplazándose a 90 km/h tardará 46 s en llegar al umbral.
 - En total, los carros SSEI demorarán $20s+46s+10s=76s$ (1 min, 16 s) en iniciar la descarga.
 - ii. Para el umbral 09 por Charlie:
 - El carro desplazándose a 90 km/h tardará 42 s en llegar al umbral.
 - En total, los carros SSEI demorarán $20s+42s+10s=72s$ (1 min, 12 s) en iniciar la descarga
 - iii. Para el umbral 27 por calle SEI oblicua mayor:
 - El carro desplazándose a 90 km/h tardará 57 s en llegar al umbral.
 - En total, los carros SSEI demorarán $20s+57s+10s=87s$ (1 min, 27 s) en iniciar la descarga
 - iv. Para el umbral 27 por calle SEI oblicua menor:
 - El carro desplazándose a 90 km/h tardará 61 s en llegar al umbral.
 - En total, los carros SSEI demorarán $20s+61s+10s=91s$ (1 min, 31 s) en iniciar la descarga

En este caso, la zona crítica sigue siendo el umbral 27, sin embargo se visualiza que las calles oblicuas disminuyen efectivamente los tiempos de respuesta, es así como con la alternativa de calle oblicua mayor el tiempo se reduce en 6 segundos, en tanto que con la calle oblicua menor, es decir, que el giro hacia pista sea posterior al rodaje Alfa, el tiempo disminuye en 2 segundos. En base a ello, se recomienda la calle oblicua con inicio previo al rodaje Alfa.

En cuanto al umbral 09, los tiempos se reducen en 2 segundos con el recorrido por el codo poniente de Alfa y en 1 segundo por el desahogo Charlie. Será este último el que presenta menor distancia y tiempo de respuesta de la pista. No se contempla un recorrido oblicuo largo (previo a Alfa hasta pista) como en el lado oriente, por cuanto se considera innecesario ya que las distancias son inferiores y Charlie contribuye al acceso en pista.

3.2.3 Verificación Altura Torre de Control

A continuación, se analizarán las condiciones de visibilidad de la torre de control hacia los umbrales 09/27 en la situación actual y en la situación de desplazamiento hacia el oriente, determinando cual será la altura máxima con la cual se cumpla con la normativa vigente.

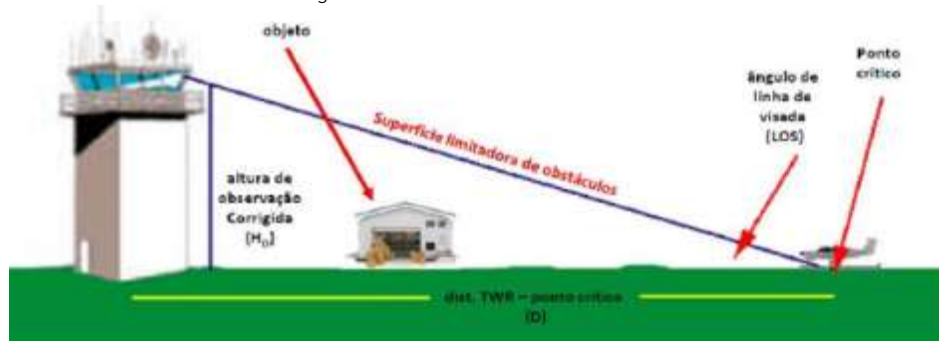
Las verificaciones y análisis se han desarrollado en base a:

- i. *DAN 11-11 Criterios para el Diseño de Dependencias de los Servicios de Tránsito Aéreo y Equipamiento Asociado de la Dirección General de Aeronáutica Civil*
 - ii. *DAN 14-154 Diseño de Aeródromos de la Dirección General de Aeronáutica Civil*
 - iii. *Air Traffic Control Visibility Analysis Tool de la FAA*
-
- i. En primera instancia, según lo indicado en el documento DAN 11-11, ítem 3.2.2.1 se desprende que: "*En relación a las pistas, la Torre de Control deberá estar orientada del mejor modo que sea posible para ver sin obstáculos el área de movimiento y las pistas en toda su extensión hasta sus umbrales y los circuitos de tránsito de aeródromo*", además considera: "*La altura de la Torre de Control deberá ser tal que, al nivel normal de los ojos (alrededor de 1,5m por encima del piso de cabina), el controlador pueda conseguir el campo de visión previamente descrito. Cuando más alta sea la Torre, mucho más fácil será conseguir eso..*"

De acuerdo a lo anterior, bastaría con que el personal de cabina tenga una visión despejada de ambos umbrales para que el edificio cumpla los requerimientos de altura, sin imponer un ángulo de visibilidad y solo recalcando que a mayor altura mejor visibilidad.

- ii. Luego, según al apéndice 4 del capítulo 4 del DAN 14 154 se tiene:

Figura 3.19: Línea de visión de la TWR



$$H_O = H_C - (P_E - T_E),$$

donde:

H_O es la altura de observación en el interior de la TWR;
 H_C es el valor de 1,5m referente a altura de los ojos del ATCO en relación a la base de la cabina de la TWR;
 P_E es la elevación del suelo en el punto crítico en relación al nivel medio del mar; e T_E es la elevación del suelo en la TWR en relación al nivel medio del mar.

$$LOS = \text{Arc Tang} (H_O / D), \text{ donde:}$$

LOS es el ángulo de línea de visión;
 H_O es la altura de observación en el interior de la TWR; y
 D es la distancia de la TWR hasta el punto crítico.

Fuente: DAN 14-154

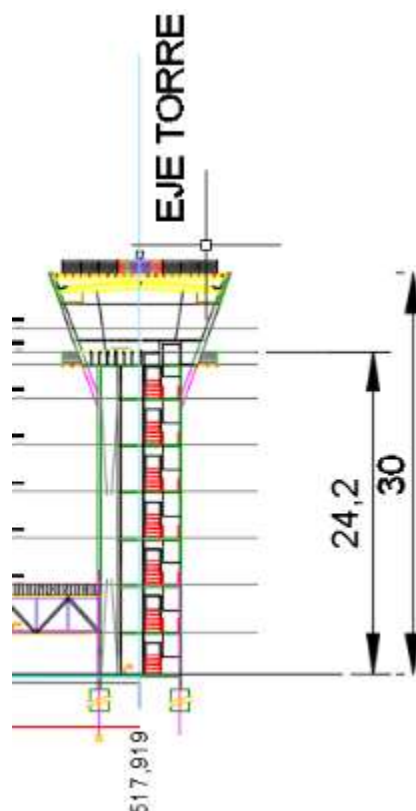
Con ello, se determinará la altura de observación en el interior de la torre y el ángulo de la línea de visión, sin ser esta última un valor estricto, requiriendo únicamente que en todo momento personal en cabina tenga visibilidad de ambos umbrales.

- iii. Ahora, considerando lo especificado por la FAA en su archivo "Air Traffic Control Visibility Analysis Tool", se verificará la altura necesaria para la correcta visual de ambos umbrales de pista con un ángulo de inclinación estándar de 0.8° o en forma inversa, considerando que la torre se encuentra materializada, se determinará la altura máxima del umbral tal que se cumpla con el ángulo mínimo de incidencia de la línea de visión (LOS) en la situación con proyecto.

Cabe indicar que en esta etapa de diagnóstico, aún no se cuenta con levantamiento topográfico propio, por ello se rescatan los antecedentes existentes, entre estos, los planos As Built del proyecto "Ampliación área de movimiento aeródromo Balmaceda" (BESALCO-2017), donde se construye la calle de rodaje Alfa y dentro de los análisis de la Superficie Limitadora de Obstáculos de esta calle actuando como pista, se tienen los antecedentes de ubicación de la torre de control, su altura y cota de terreno. Esta es la misma información que se encuentra contenida en el "Estudio Ampliación Área de Movimiento y Terminal de Pasajeros del Aeródromo de Balmaceda, Región de Aysén" (GUISOLFO-2014), que proyecta Alfa, Torre de control y SSEI.

Lo anterior se incluye en la siguiente figura:

Figura 3.20: Características TW existente



Fuente: Plano As Built SLO-GENE-PL-03-AB

Donde:

- 517,92m Nivel piso terminado real (NPT_R)
- 24,2m Altura piso de cabina real (HPC_R)
- 25,7m Altura de visualización real en cabina de torre de control (HT_R)
- 30,0m Altura total TW

A continuación, se incluyen los análisis de altura de umbrales.

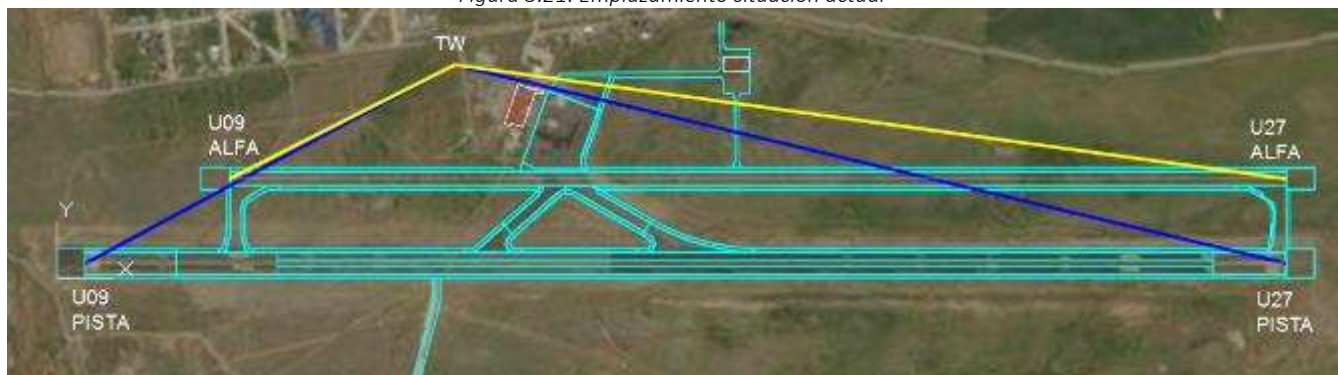
3.2.3.1 SITUACIÓN ACTUAL

En base al mismo proyecto “Ampliación área de movimiento aeródromo Balmaceda” (BESALCO-2017), se tienen las cotas de umbrales de la calle Alfa en igual nivel de referencia que la torre. Será de esperar que estas cotas estén referidas a la altura sobre el nivel del mar, pudiendo extrapolarse a cualquier otra cota del aeropuerto medida en alguna ocasión diferente.

Luego, considerando que los planos as built no incluyeron la zona de pista, esta si se encuentra dentro del “Anteproyecto Referencial Ampliación y Mejoramiento Ad. Balmaceda” (AMEC-FOSTER-WHEELER-2016), donde en el levantamiento topográfico se identifica el perfil longitudinal de pista, previa a su conservación mayor el año 2018, por lo que cabe la posibilidad que la cota de los umbrales pueda tener alguna variación, sin embargo ante la falta de información propia, se trabaja en esta etapa con las cotas de ambos estudios.

La situación actual queda reflejada en la siguiente figura:

Figura 3.21: Emplazamiento situación actual

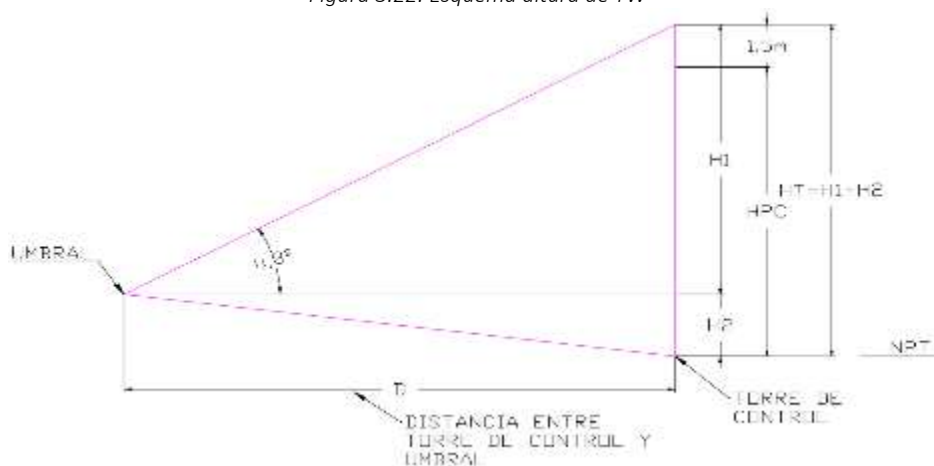


Fuente: Elaboración Propia

a) **Análisis FAA:**

Considerando como 1ra instancia que se prima no modificar la altura de la torre, se determinará si su altura es suficiente para visualizar ambos umbrales según el ángulo mínimo de incidencia igual a $0,8^\circ$.

Figura 3.22: Esquema altura de TW



Fuente: Elaboración Propia

Donde:

- H1: Altura con ángulo de $0,8^\circ$ desde umbral a elevación de cabina de torre de control
- H2: Diferencia de altura de umbral a base de torre de control (en nivel de terreno) Si TW más arriba H2 es negativo (-)
- HT: Altura de visualización en cabina de torre de control
- HPC: Altura piso de cabina de torre de control (HT-1,5m)

Con todo lo anterior se tienen las siguientes medidas:

		ALTURA TW		COTA TW	
		m	ft	m	ft
TORRE: ALTURA PISO CABINA REAL	HPC_R	24,20	79,40	542,12	1.778,61
TORRE: ALTURA VISUALIZACIÓN CABINA REAL	HT_R	25,70	84,32	543,62	1.783,53

	DISTANCIA A TORRE		COTA NPT MSNM	
	m	ft	m	ft
TORRE	0,00	0,00	517,92	1.699,21
PISTA UMBRAL 09	873,29	2.865,14	523,80	1.718,50
PISTA UMBRAL 27	1.779,36	5.837,78	506,90	1.663,06
ALFA UMBRAL 09	525,03	1.722,54	524,14	1.719,62
ALFA UMBRAL 27	1.747,01	5.731,67	508,82	1.669,35

(	UN	H1	H2	HT	HPC (*)	DIFERENCIA HPC _R -HPC
ALTURAS RESPECTO PISTA UMBRAL 09	m	12,19	5,88	18,07	16,57	-7,63
	ft	40,01	19,29	59,30	54,38	-25,02
ALTURAS RESPECTO PISTA UMBRAL 27	m	24,85	-11,02	13,83	12,33	-11,87
	ft	81,52	-36,15	45,36	40,44	-38,96
ALTURAS RESPECTO ALFA UMBRAL 09	m	7,33	6,22	13,55	12,05	-12,15
	ft	24,05	20,41	44,46	39,54	-39,86
ALTURAS RESPECTO ALFA UMBRAL 27	m	24,39	-9,10	15,29	13,79	-10,41
	ft	80,03	-29,87	50,17	45,25	-34,15

(*) HPC: Altura mínima de piso de cabina para visualizar el umbral según ángulo de visualización. Si es menor a la altura del piso de cabina real, no existe inconveniente de visualización.

De lo anterior se tiene que ambos umbrales son visualizados sin dificultad tanto para Pista como para Alfa, y la altura de la torre supera en 8m aprox. su altura mínima, en este caso para visualizar el umbral 09 de pista.

Estos resultados son coincidentes con lo obtenido mediante la herramienta de la FAA, que se adjuntan en Anexo de este informe y del que se extrae lo siguiente:

Figura 3.23: Salidas herramienta FAA U09 y U27 respectivamente-Pista

1. Object Discrimination Analysis Results

Criteria	Threshold	Tower Results	Pass/Fail
probability(detection)	95.5%	99.9%	Pass
probability(recognition)	11.5%	86.6%	Pass

2. Line of Sight (LOS) Angle of Incidence

Threshold	Tower Results	Pass/Fail
0.8 degrees or 48 minutes	31.62degrees	PASS: Change in elevation between observer and key point should be no less than 40 feet.

1. Object Discrimination Analysis Results

Criteria	Threshold	Tower Results	Pass/Fail
probability(detection)	95.5%	99%	Pass
probability(recognition)	11.5%	34.1%	Pass

2. Line of Sight (LOS) Angle of Incidence

Threshold	Tower Results	Pass/Fail
0.8 degrees or 48 minutes	17.31degrees	PASS: Change in elevation between observer and key point should be no less than 82 feet.

Fuente: <http://www.hf.faa.gov/visibility>

Figura 3.24: Salidas herramienta FAA U09 y U27 respectivamente -Alfa

1. Object Discrimination Analysis Results

Criteria	Threshold	Tower Results	Pass/Fail
probability(detection)	95.5%	100%	Pass
probability(recognition)	11.5%	95.9%	Pass

2. Line of Sight (LOS) Angle of Incidence

Threshold	Tower Results	Pass/Fail
0.8 degrees or 48 minutes	45.67degrees	PASS: Change in elevation between observer and key point should be no less than 24 feet.

1. Object Discrimination Analysis Results

Criteria	Threshold	Tower Results	Pass/Fail
probability(detection)	95.5%	99%	Pass
probability(recognition)	11.5%	35.7%	Pass

2. Line of Sight (LOS) Angle of Incidence

Threshold	Tower Results	Pass/Fail
0.8 degrees or 48 minutes	17.55degrees	PASS: Change in elevation between observer and key point should be no less than 80 feet.

Fuente: <http://www.hf.faa.gov/visibility>

Luego, según lo anterior, se cumple con los requerimientos de visibilidad y se obtiene que la altura mínima entre el umbral de pista y el ojo del observador en cabina de la torre es de 40 pies (12m aprox.) para el umbral 09 y 82 pies (25m aprox.) para el umbral 27, siendo estos los valores H1 antes incluidos.

De igual manera se cumple con los requerimientos de visibilidad y se obtiene que la altura mínima entre el umbral de Alfa y el ojo del observador en cabina de la torre es de 24 pies (7m aprox.) para el umbral 09 y 80 pies (24m aprox.) para el umbral 27.

b) **Análisis DAN 14-154**

Utilizando los datos anteriores de distancia a torre y cotas de umbrales y torre, y con las fórmulas indicadas en 2.1.8 ii) se obtiene:

$$H_o = H_c - (P_e - T_e),$$

donde:

H_o es la altura de observación en el interior de la TWR;
H_c es el valor de 1.5m referente a altura de los ojos del ATCO en relación a la base de la cabina de la TWR;
P_e es la elevación del suelo en el punto crítico en relación al nivel medio del mar; e T_e es la elevación del suelo en la TWR en relación al nivel medio del mar.

$$LOS = \text{Arc Tang} (H_o / D), \text{ donde:}$$

LOS es el ángulo de línea de visión;
H_o es la altura de observación en el interior de la TWR; y
D es la distancia de la TWR hasta el punto crítico.

(medidas en metros)	Hc	Pe	Te	Ho	D	LOS (°)
PISTA UMBRAL 09	1,50	523,80	542,12	19,82	873,29	1,30
PISTA UMBRAL 27	1,50	506,90	542,12	36,72	1779,36	1,18
ALFA UMBRAL 09	1,50	524,14	542,12	19,48	525,03	2,12
ALFA UMBRAL 27	1,50	508,82	542,12	34,80	1747,01	1,14

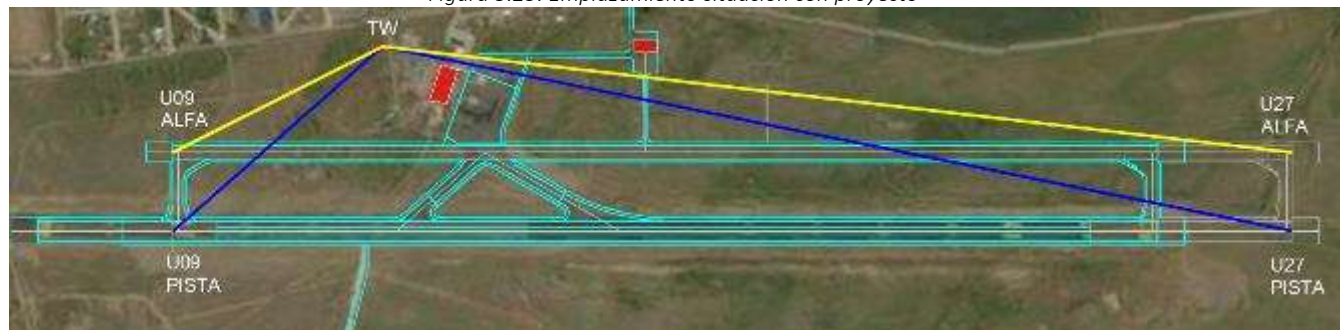
Con ello se concluye que la altura de la torre cuenta con una altura suficiente para que el observador tenga visibilidad en ambos umbrales.

3.2.3.2 SITUACIÓN CON PROYECTO

En este caso se analiza la altura de la torre para el umbral poniente considerando la cota que la pista posee a la altura del rodaje Alfa; siendo esta la nueva ubicación del umbral 09. En tanto que se hace el cálculo inverso, obteniendo la altura máxima del umbral 27 tanto para pista como para Alfa según extensión de 300m aprox. y en alguna extensión superior.

La figura siguiente muestra la situación con proyecto, ampliando al oriente en a lo menos igual distancia que se disminuye la pista al poniente:

Figura 3.25: Emplazamiento situación con proyecto



Fuente: Elaboración Propia

a) Análisis FAA:

Se tendrán las siguientes medidas:

(medidas en metros)		ALTURA TW	COTA TW
TORRE: ALTURA PISO CABINA REAL	HPC_R	24,20	542,12
TORRE: ALTURA VISUALIZACIÓN CABINA REAL	HT_R	25,70	543,62

(medidas en metros)	DISTANCIA A TORRE	COTA NPT MSNM
TORRE	0,00	517,92
PISTA UMBRAL 09	624,26	521,88
PISTA UMBRAL 27	2.073,35	
ALFA UMBRAL 09	525,03	524,14
ALFA UMBRAL 27	2.045,66	

(medidas en metros)	H1	H2	HT	HPC	COTA NPT MSNM	DIFERENCIA $HPC_R - HPC$
ALTURAS RESPECTO PISTA UMBRAL 09	8,72	16,98	25,70	24,20	534,90	0,00
ALTURAS RESPECTO PISTA UMBRAL 27	28,95	-3,25	25,70	24,20	514,67	0,00
ALTURAS RESPECTO ALFA UMBRAL 09	7,33	18,37	25,70	24,20	536,29	0,00
ALTURAS RESPECTO ALFA UMBRAL 27	28,56	-2,86	25,70	24,20	515,06	0,00

La tabla anterior muestra las cotas que deben tener los umbrales para que sean visualizados desde cabina con un ángulo de incidencia de a lo menos $0,8^\circ$. Como puede visualizarse para la nueva ubicación del umbral 09 de pista, la cota según antecedentes recopilados es de 521,88m, en tanto que la cota de este umbral podría alcanzar una cota de 534,90m; es decir aprox. 13m más, y aun así la torre estaría cumpliendo normativa. Misma situación para el umbral 09 de Alfa, donde la cota de terreno es de 524,14m y podría llegar hasta 536,29 aprox. y aun la torre estaría dentro de normativa.

Respecto al umbral 27 para pista, la cota de proyecto; considerando un desplazamiento de a lo menos 300m de la ubicación actual, no debería superar los 514m aprox. y en Alfa 515m aprox. Hoy en día la pista tiene un descenso hacia el oriente, como

se observó en el análisis de situación actual, con una cota en el umbral 27 que ronda los 507m, por lo que es de toda lógica que la extensión continúe con una pendiente negativa disminuyendo la altura de la cota, con lo que la torre tendría una visualización correcta hacia este extremo de pista.

Cabe indicar que a medida que se avanza al oriente, la cota del umbral debe disminuir en aprox. 1,37m cada 100m de extensión para que la torre se mantenga dentro de normativa. Luego combinando el análisis de largo de pista presentado en el *Diagnóstico de Pavimentos SCBA1-22-GE-PV-DG-001*, en el caso de extender la pista tal que llegue a 3.370m aprox. y considerando su reducción en el umbral 09 de 300m, el alargue alcanzaría los 1.170, donde la máxima cota del umbral de pista no podría superar los 502,7m aprox.

En este caso no se realiza el análisis mediante la herramienta de la FAA ya que lo que se requiere es identificar la cota de los umbrales tal que la torre no sufra modificaciones, sin embargo como se comprobó en el caso de la situación actual, los valores obtenidos mediante cálculo interno son los mismos que mediante software.

b) Análisis DAN 14-154

Utilizando los datos anteriores de distancia a torre y cotas de umbrales (existentes para lado poniente y nuevo para lado oriente) y torre, y con las fórmulas indicadas en 2.1.8 ii) se obtiene:

(medidas en metros)	Hc	Pe	Te	Ho	D	LOS (°)
PISTA UMBRAL 09	1,50	521,88	542,12	21,74	624,26	1,99
PISTA UMBRAL 27	1,50	514,59	542,12	29,03	2073,35	0,80
ALFA UMBRAL 09	1,50	524,14	542,12	19,48	525,03	2,12
ALFA UMBRAL 27	1,50	514,98	542,12	28,64	2045,66	0,80

Con ello se concluye que la altura de la torre cuenta con una altura suficiente para que el observador tenga visibilidad en los umbrales existentes poniente y considerando la mayor altura de los umbrales en extensión de 300m aprox. al oriente el ángulo queda definido por el requerimiento FAA de 0,8°.

3.2.3.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tabla 3.37: Recomendaciones para brechas y hallazgos

BRECHA	RECOMENDACIÓN
FRANJA UMBRAL 09	Se considera desplazamiento del umbral 09 al oriente con el fin de tener el terreno suficiente para dar cabida en ancho y largo a la franja (60m) Este desplazamiento obliga a ampliar pista en 60m en el extremo oriente, además de dar cabida en ese umbral de la franja
RESA UMBRALES	Se considera desplazamiento de umbral 09 al oriente con el fin de tener el terreno suficiente para dar cabida a franja, ubicación de localizador de pista y zona RESA. Considerando que el desplazamiento es en aprox. 300m, la zona RESA en este umbral 09 tendrá un ancho de 90m y un largo de 240m desde el borde de franja llegando hasta el 1er obstáculo, en este caso el localizador. Este desplazamiento obliga a ampliar pista en el extremo oriente, además de dar cabida en ese umbral de la zona RESA, la que tendrá iguales dimensiones que en el umbral contrario, esto es 240 x 90 m.
PLATAFORMA DE GIRO UMBRAL 09	Considerando el desplazamiento del umbral 09 al oriente para dar cabida a la franja de extremo de pista, zona RESA, reubicación del localizador de pista, y mejorar el tema de vulneración de SLO, se estima que la ubicación del umbral quedará empalmado con el codo oriente de Alfa. Por tanto no se requerirá plataforma de giro en este umbral
PLATAFORMA DE GIRO UMBRAL 27	Considerando el desplazamiento del umbral 09 al oriente y con el fin de recuperar la distancia de pista perdida hacia el umbral oriente se considera el desplazamiento del umbral 27 al oriente, quedando por tanto sin conexión a un rodaje, requiriendo una plataforma de giro. Adicionalmente se amplía el rodaje Alfa y se diseña una conexión de similares características a las que posee actualmente el umbral, sin embargo como no se garantiza que pista y Alfa se amplíen en forma simultánea, se incluirá dentro de las obras la plataforma de giro en umbral 27.
NIVELACIÓN FRANJA PISTA 09/27	Se considera ajustar a las pendientes normativas de franja de pista, especialmente en la zona más allá de la zona nivelada. Lo anterior, regularizando el quiebre existente en la zona de drenaje paralelo a pista en todo su largo
FILLETS RODAJES	Se considera el diseño de fillets en intersecciones de Charlie con pista y Bravo con pista y Alfa, además del fillets de Alfa con pista hacia el umbral 27 y umbral 09. Lo anterior según clasificación TDG 5
ZONA FACH	Según el análisis no se requiere ensanche de fillets en el empalme del rodaje FACH con pista, se contemplará su rediseño; si así se estima conveniente, por renovación de estructura y normalización de plataforma FACH según requerimientos de la institución.

BRECHA	RECOMENDACIÓN
CERCO UMBRAL 09	Considerando el desplazamiento del umbral 09 al oriente, el tema de la vulneración a la SLO quedará solucionado, por tanto se plantea normalizar el cerco según altura normativa en el extremo poniente del recinto aeroportuario.
SLO	Considerando el desplazamiento del umbral 09 al oriente, el tema de la vulneración a la SLO quedará solucionado.
TRASLADO LOCALIZADOR DE PISTA	Se analiza el traslado hacia el umbral 09 de la pista principal, dejando las distancias normativas respectivas previo al umbral
SISTEMA PAPI PISTA 27	Se recomienda cambiar el sistema PAPI de Pista 27 por un sistema con tecnología LED, lo anterior en mérito a los años de servicio (21 años) y obsolescencia de repuestos. El nuevo sistema se instalará conforme a las nuevas ubicaciones de los umbrales.
SISTEMA APROXIMACIÓN PISTA PPAL.	Reemplazo por uno de 900m tecnología LED
SISTEMA REIL PISTA PPAL.	Reemplazo por uno tecnología LED
CONOS DE DIRECCIÓN DEL VIENTO	Se propone reemplazar los dos conos de dirección de viento por sistemas nuevos alimentados por sistema fotovoltaico
SISTEMA DE CONTROL	Se recomienda intervenir el software del actual sistema de control para incorporar en pantalla la nueva configuración de infraestructura horizontal
SISTEMA VOR DME	Para el sistema VOR DME se recomienda una actualización de la acometida eléctrica desde el empalme hasta la estación VOR DME con cambio de alimentadores, grupo electrógeno y tablero. En cuanto al cerco de madera de la estación se recomienda un mantenimiento general que involucre piezas faltantes y pintura principalmente. Para el cerco perimetral del terreno donde se emplaza el sistema, se debe considerar un nuevo cerco que no permita el acceso de personas ajenas y de animales que provocan interferencias. Se recomienda también un mantenimiento de la caseta del Grupo Electrónico
CANALIZACIONES PISTA PPAL	Para la normalización en canalizaciones eléctricas en pista principal se deberá realizar un nuevo trazado hasta empalmar con cámara existente (instalada en año 2018) para hacer ingreso a subestación eléctrica, por lo que los ductos en ese tramo se reutilizarán.
CANALES ABIERTOS	Se recomienda mantención en canales abiertos que se encuentren fuera de franja de pista y rodajes.
CANALES ABIERTOS EN ZONAS DE FRANJA	Las obras proyectadas que se encuentren dentro de las franjas de seguridad serán del tipo sumideros, con tuberías soterradas, con el fin de evitar cualquier desnivel en estos sectores. Todo elemento (Obras de arte u otro) será retirado o modificado para dar cumplimiento a normativa vigente respecto a franjas
CANALES DE AGUAS LLUVIA ZONA PLATAFORMA FACH	Se evaluará la necesidad de disponer de un sistema de canaletas de captación de aguas lluvias en la plataforma FACH
CALLE DE SALIDA RÁPIDA SSEI	Se contempla incluir hacia el lado oriente una calle oblicua que comienza antes de Alfa y llega hasta pista. Hacia el lado contrario, se proyecta una calle que llega hasta la calle Alfa.

Fuente: Elaboración propia

4 ETAPA 2: ESTUDIOS BÁSICOS

4.1 PROYECCIONES DE DEMANDA

4.1.1 Introducción

En esta sub – etapa se debe recopilar, procesar y validar estadísticas de demanda aérea del Aeródromo de Balmaceda y proyectar la demanda de pasajeros y carga que se espera atenderá este Aeródromo en los próximos 25 años contados desde el inicio de la operación. En cumplimiento a lo solicitado en los Términos de Referencia de este estudio, en este documento se presenta la metodología de proyección de la demanda en el horizonte antes señalado y los resultados obtenidos de su aplicación. En las secciones siguientes se presenta primero, una síntesis de la metodología y luego, las tareas específicas que la implementan con los resultados obtenidos.

4.1.2 Síntesis de la Metodología Propuesta

Para estimar los modelos de demanda, se considera la formación de una base de datos con la información histórica de las variables explicadas y explicativas de estos modelos. Las variables explicadas de los modelos corresponden al número de pasajeros y kilos de carga anuales que han llegado y salido del aeródromo de Balmaceda a nivel nacional. La JAC provee series históricas de ambos tipos de demanda en el periodo 1984-2021.

Después de recopilar todas las series de demanda se constató que solo en el año 2005 se registran 9 pasajeros con destino internacional, específicamente a Ushuaia, Argentina, lo que indudablemente debiera corresponder a un vuelo chárter. Luego, se descarta la proyección de demanda internacional, porque sería muy especulativo con tan poca información histórica.

Los vuelos nacionales de pasajeros son regulares, realizados principalmente por las aerolíneas LATAM AIRLINES CHILE, SKY AIRLINE y JETSMART SPA. Además, sólo a partir del año 2015 se registran pasajeros entre Balmaceda y Punta Arenas en la aerolínea AEROVIAS D.A.P.

Con respecto a la carga, se registran operaciones nacionales solamente de LATAM AIRLINES CHILE y SKY AIRLINE. Solo en el año 2012 existe registro de carga transportada por WEST AIR SWEDEN (Santiago – Balmaceda y Balmaceda – Punta Arenas). Con relación al correo aéreo, la JAC registra información para un periodo corto, entre los años 2013 y 2021, observándose el transporte de correo solamente entre Balmaceda y Puerto Montt y entre Balmaceda y Santiago. Además, el correo anual total es una pequeña parte de la carga anual total transportada a través del aeródromo de Balmaceda; por ejemplo, un 6% en el año 2019 y un 14% en el año 2021. En cuanto a la carga Courier, como no se dispone de registros históricos se descarta la generación de modelos predictivos de este tipo de Carga movilizada a través del aeródromo de Balmaceda.

En conclusión, con la información histórica de la JAC, se estimarán modelos de demanda de pasajeros, carga y correo aéreo nacional anual del aeródromo de Balmaceda, con los cuales se generan predicciones en el horizonte 2022-2050.

4.1.3 Metodología de Modelación de la Demanda

En esta sección se presenta la metodología empleada para modelar la demanda aérea de pasajeros y carga del aeródromo Balmaceda en este estudio y que considera la información disponible para estimar y aplicar los modelos como también las recomendaciones y experiencias analizadas en la revisión bibliográfica.

4.1.3.1 ENFOQUE DE MODELACION Y METODOLOGIA DE SELECCIÓN DE LOS MODELOS DE DEMANDA AEREA DEL AERÓDROMO DE BALMACEDA

Los modelos estimados serán analizados bajos los distintos criterios indicados en la Metodología General de Proyección de la Demanda, y con base a esta evidencia se determinará en conjunto con la contraparte con cuál o cuáles de ellos se realizarán las proyecciones. Para la selección de los modelos más apropiados se considerarán los siguientes criterios fundamentales:

- La bondad de ajuste del modelo a los datos empleados en la calibración de sus parámetros, es decir, cuan bien las estimaciones del modelo aproximan los datos observados,
- La bondad explicativa del modelo en cuanto a relacionar coherentemente causas con efectos, es decir si los cambios positivos o negativos de las variables explicativas generan los cambios esperados (positivos o negativos) en la variable explicada,
- La bondad de sensibilidad del modelo en cuanto a que las estimaciones de la variable explicada reaccionan con la intensidad esperada ante cambios en sus variables explicativas, ya sea tendencias o puntuales.
- La bondad predictiva del modelo en el horizonte de 25 años contados desde el inicio de la operación, aproximadamente en el periodo 2022-2050. En este sentido, se considera que un modelo es más apropiado que otro si las tasas de variación de sus predicciones son más similares a las tasas de variación de los datos observados o siguen su tendencia histórica.

4.1.3.2 IMPACTO DEL COVID-19 SOBRE LA DEMANDA AEREA DEL AERODROMO DE BALMACEDA

Debe tenerse presente que la pandemia del Covid – 19 ha generado una contracción importante de la economía chilena y mundial, reflejada en la reducción del PIB chileno. Como el PIB ha demostrado ser el mejor predictor de la demanda aérea de pasajeros y carga y como ya se ha recuperado en parte y se pronostica un crecimiento moderado a futuro, es razonable suponer que la recuperación observada de la demanda aérea se debe también a esta recuperación y que se sostendrá en el tiempo conforme a la variación del PIB.

Se descarta modelar la evolución de la demanda en función de factores explicativos del Covid – 19, como la disponibilidad operacional de los aeropuertos (que se ha visto afectada por el cierre de fronteras y de aeropuertos), la oferta de vuelos, la tasa de ocupación de las aeronaves, la tasa de contagios y de mortalidad como indicadores de riesgo que afectan a los usuarios. No se aplica este enfoque por dos razones. Primero, porque existen muy pocos años donde se registra una demanda aérea afectada por el Covid – 19, lo cual impide estimar modelos robustos y extraer conclusiones que puedan proyectarse. Segundo, porque la afectación crítica es transitoria y muy puntual considerando que el horizonte de proyección de la demanda del aeródromo de Balmaceda es de mediano y largo plazo, extendiéndose hasta el 2050. Además de lo anterior, los modelos considerados usarán el PIB nacional y regional como regresores, indicadores que recogen en parte el impacto del Covid – 19 y se lo transmiten a la demanda aérea.

4.1.3.3 IMPACTO DE LINEA AEREAS LOW COST SOBRE LA DEMANDA AEREA DEL AERÓDROMO DE BALMACEDA

En cuanto a la disponibilidad de información histórica para modelar el sub – mercado Low Cost de pasajeros existen serias limitaciones. No existen estadísticas históricas del número de pasajeros Low Cost en los registros históricos de operaciones aéreas y pasajeros transportados de la red aeroportuaria chilena. En realidad, se registra la cantidad de pasajeros que llegan y salen de cada aeropuerto según vuelo y aerolínea, pero se desconoce la fracción de pasajeros que viajaron con servicios Low Cost. Esta información sólo permite estimar la cantidad de pasajeros transportados por aerolíneas que se califiquen como Low Cost, como Skyairline, Jet Smart y Gol dejando fuera a un segmento importante de pasajeros que usaron servicios Low Cost en vuelos y aerolíneas que no son puramente Low Cost, como Latam. Por otra parte, la existencia de aerolíneas Low Cost es un fenómeno muy reciente, disponiéndose de registros de tan sólo 5 años (2016 – 2020) a nivel nacional, lo cual no permite proyectar la demanda Low Cost de mediano y largo plazo a partir de esta breve serie histórica.

En conclusión, como no existe un registro histórico suficiente de operaciones de líneas Low cost en el aeródromo de Balmaceda y que no se cuenta con registro de pasajeros que usaron servicios Low cost en líneas áreas en general, no es posible modelar la demanda de pasajeros de estos servicios aéreos.

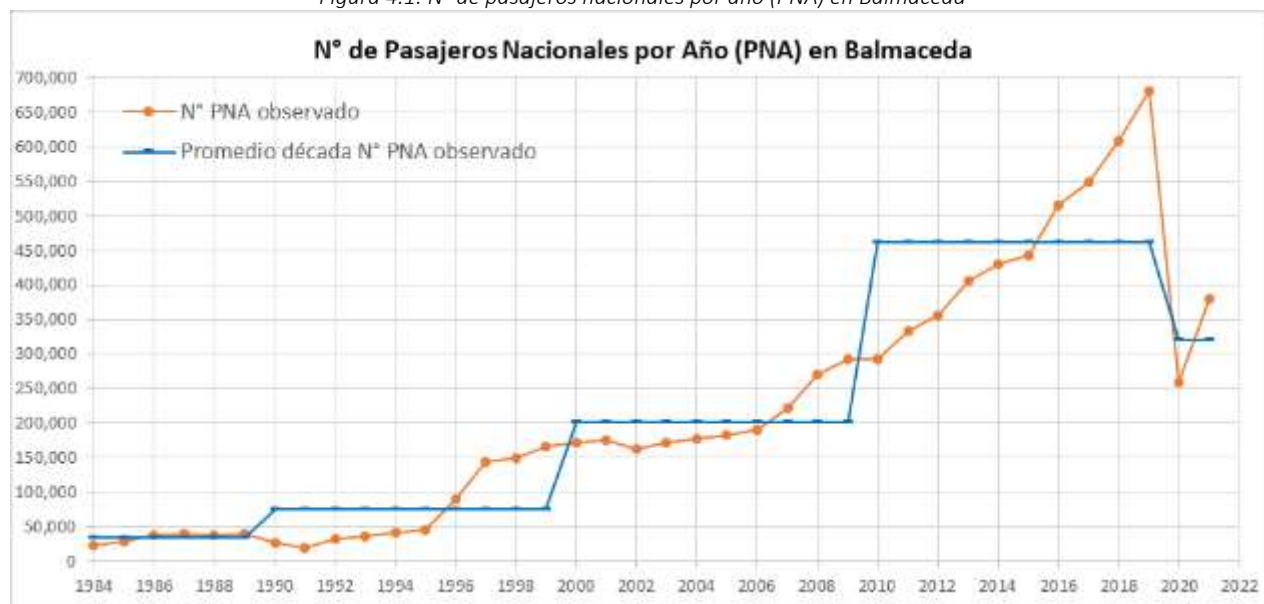
4.1.4 **Análisis de Variables Explicadas de Modelos de Demanda Aérea**

En esta sección se presenta un análisis de la información estadística recopilada de la demanda aérea del aeródromo Balmaceda, tanto de las variables explicadas de los modelos de demanda, del número de pasajeros y kilos de carga transportada a través de este Aeródromo, como de las principales variables explicativas de estos modelos.

4.1.4.1 ANALISIS DE LA DEMANDA OBSERVADA DE PASAJEROS

A continuación, se presentan gráficos del número anual de pasajeros llegados, salidos y total del aeródromo Balmaceda y de su variación anual.

Figura 4.1: N° de pasajeros nacionales por año (PNA) en Balmaceda

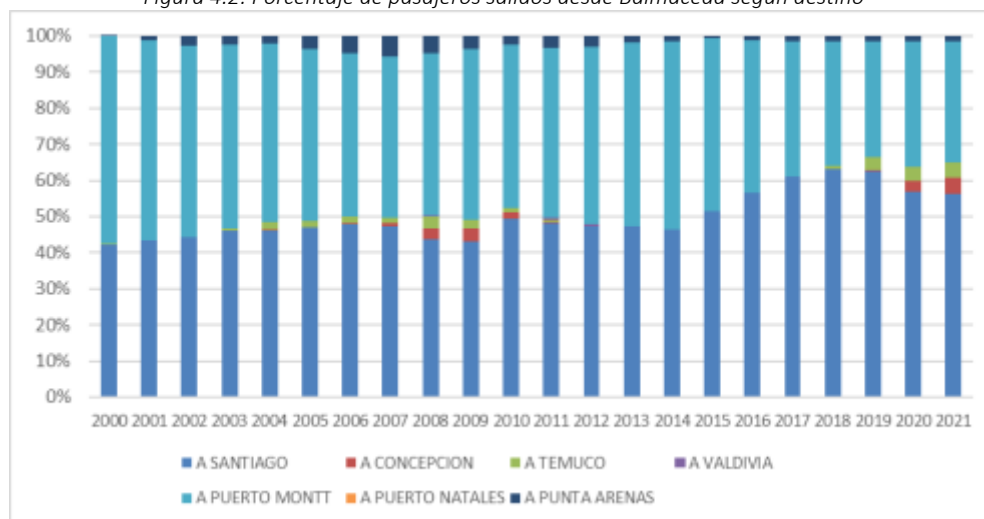


Fuente: Elaboración propia

Se observa que el número de pasajeros presenta una tendencia predominantemente creciente en el periodo 1984 – 2021, pero con caídas puntuales porcentualmente importantes del 33% en el año 1990, del 31% en el año 1991 y del 62% en el año 2020. Esta última caída, provocada por la pandemia del Covid – 19, es la mayor, tanto en porcentaje como en valor absoluto, reduciéndose la demanda total en 421.710 pasajeros entre los años 2019 y 2020. Las caídas de los años 1990 y 1991 son grandes en términos relativos con respecto a los años inmediatamente anteriores, pero pequeñas en términos absolutos. Además, estas caídas son puntuales, porque no existe otra caída superior al 8% en las 37 variaciones anuales observadas, excepto la que ocurre en el año 2020 debido a la pandemia del Covid 19.

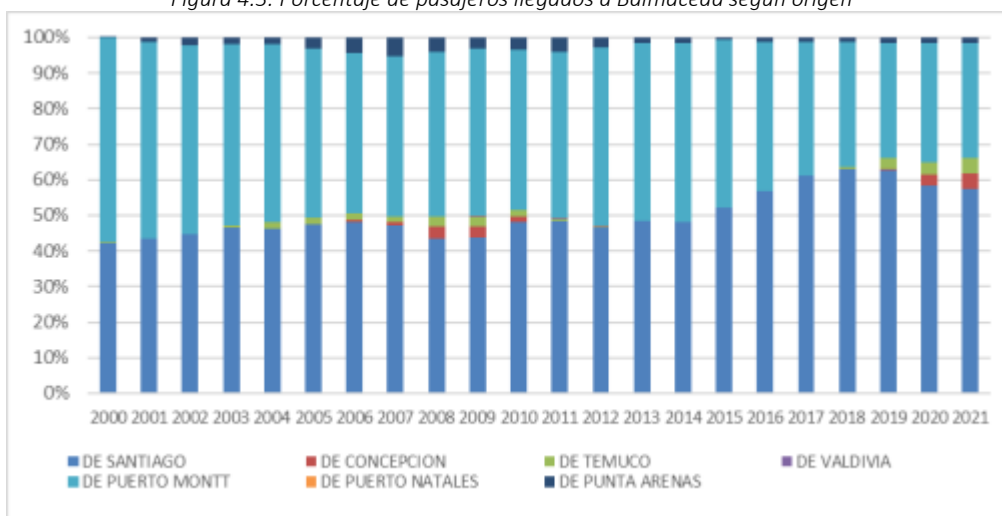
Para caracterizar el patrón de movilidad de las personas que viajan a través del aeródromo de Balmaceda, se presenta a continuación los gráficos de la distribución porcentual de los pasajeros salidos y llegados según ciudad de destino y origen, respectivamente.

Figura 4.2: Porcentaje de pasajeros salidos desde Balmaceda según destino



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3: Porcentaje de pasajeros llegados a Balmaceda según origen



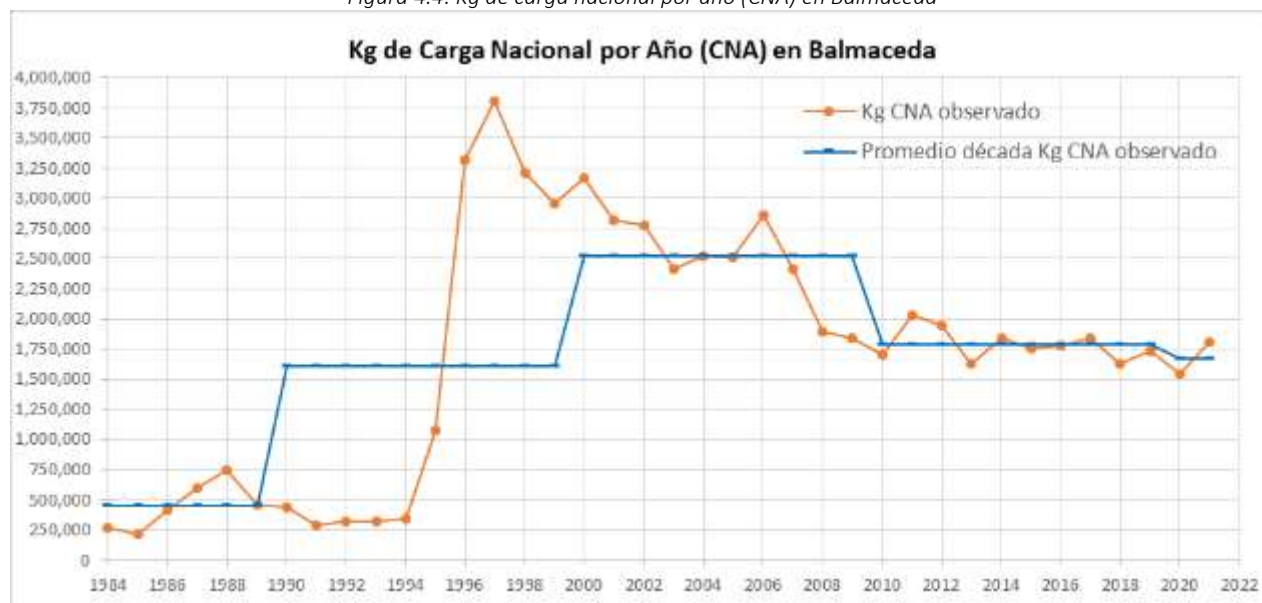
Fuente: Elaboración propia

Se observa que entre el 90% y 99% del total de pasajeros salidos o llegados tienen como destino u origen, las ciudades de Santiago o Puerto Montt. Esto indica que el nivel de actividad y población de las regiones Metropolitana y de Los Lagos-Los Ríos pueden influir en el número de viajes entre estas regiones y la región de Aysén, y que el resto de las regiones del país no tienen una conexión de transporte aéreo significativa con esta región. Es interesante observar que la predominancia de Puerto Montt frente a Santiago se ha ido revirtiendo a lo largo de los años. En el año 2000 el 58% y 57% de los pasajeros salidos y llegados se destinaban y originaban en Puerto Montt correspondientemente, mientras que el 42% de estos pasajeros iban o venían de Santiago. Pero en el año 2019 el 63% de los pasajeros salidos y llegados se destinaban y originaban en Santiago correspondientemente, mientras que el 32% de estos pasajeros iban o venían de Puerto Montt.

4.1.4.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA OBSERVADA DE CARGA

A continuación, se presentan gráficos del número anual de kilos de carga llegados, salidos y total del aeródromo Balmaceda y de su variación anual.

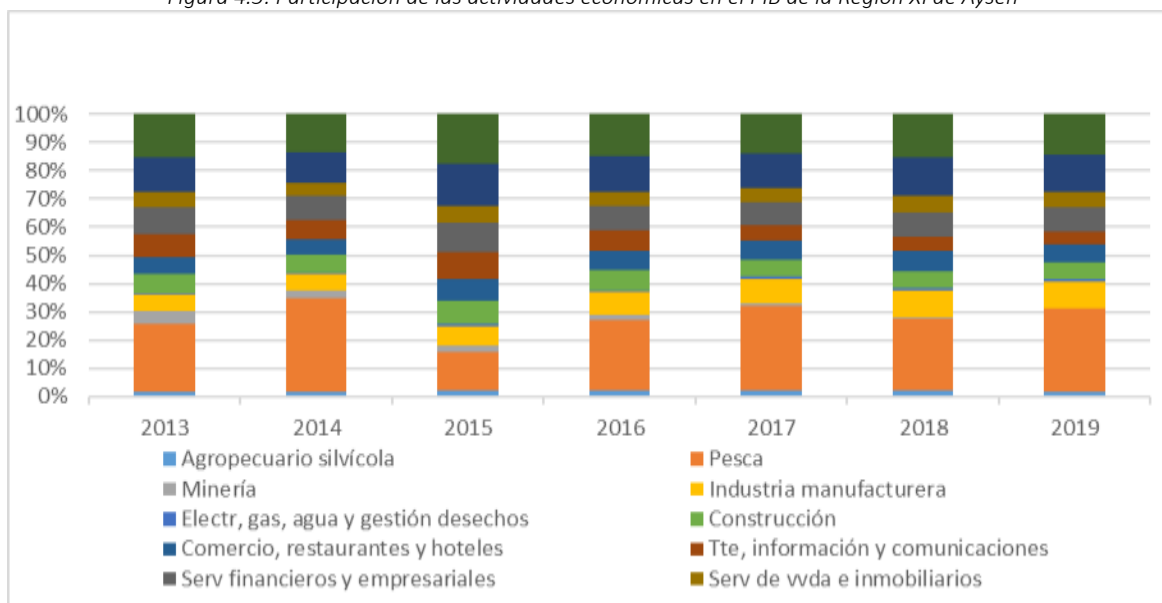
Figura 4.4: Kg de carga nacional por año (CNA) en Balmaceda



Fuente: Elaboración propia

Se observa que el número total de kilos de carga presenta importantes variaciones en el periodo 1984 – 2021, sin una única tendencia. Entre los años 1984 y 1994, el total de la carga anual promedio era de 400.810 kg, pero entre los años 1995, 1996 y 1997 experimentó un crecimiento explosivo, alcanzándose en este último año un total de 3.803.194 kg. A partir del año 1998 hasta el año 2008 se observa un decrecimiento, observándose un total de 1.892.892 kg transportadas en este último año. Desde este año hasta el año 2021, el total de carga se ha mantenido relativamente constante, registrándose un valor promedio de 1.782.652 kg. Como se ha mencionado antes, el crecimiento anual de los años 1995 y 1996, del 214% y 209% es extraordinario, considerando que, en los años posteriores, el mayor crecimiento y menor decrecimiento fue del 20% (en el año 2011) y del (22% en el año 2008), respectivamente.

Figura 4.5: Participación de las actividades económicas en el PIB de la Región XI de Aysén



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de <https://www.bcentral.cl/web/banco-central/areas/estadisticas/pib-regional>

Como se observa, la Pesca es la actividad económica que más contribuye al PIB de la región donde se encuentra el aeródromo de Balmaceda, con una participación promedio del 26% en el periodo 2013 – 2019. Esto motivó indagar más en posibles cambios en los flujos de carga de la industria pesquera hacia fuera de la Región de Aysén. En efecto, el aumento de la carga aérea transportada entre los años 1995 y 1997 y la posterior disminución podría estar relacionado con el flujo de salmónidos desde el Sur de Chile a Santiago. Esta hipótesis calza con un aumento de carga salida desde el aeropuerto de Punta Arenas con un peak que también ocurre entre los años 1994 y 1998, seguido de una disminución gradual. Así, Balmaceda pudo haber suplido el exceso de demanda de servicios de Punta Arenas en el período señalado. Además, en los años 1994 y 1995 se observa el primer gran aumento de exportaciones de salmón y trucha desde Chile a Japón y Estados Unidos.

4.1.4.3 ANALISIS DE LA DEMANDA OBSERVADA DE CORREO

A continuación, se presentan gráficos del número anual de kilos de correo llegados, salidos y total del aeródromo Balmaceda y de su variación anual. Cabe recordar que solamente se dispone de información del periodo 2013-2021.

Figura 4.6: Kg de correo nacional por año (CONA) en Balmaceda



Fuente: Elaboración propia

Se observa que el número total de kilos de correo presenta una tendencia predominantemente creciente en el periodo 2013 – 2021, siendo más grande la cantidad de correo llegado por sobre el salido. Específicamente, el correo llegado es 3,1, 4,2 y 5,6 veces más grande que el correo salido en los años 2019, 2020 y 2021, respectivamente. Se observa una gran variación del correo total y llegado en el año 2015 con respecto al año 2014, pero se debe al bajísimo valor de este último año. Para ilustrar esta tendencia creciente, en los dos primeros años de esta década, se transportó en promedio 208.833 kg de correo en total, mientras que en la década anterior el promedio alcanzó 37.915 kg.

La curva del correo salido es no sólo más baja que la del correo llegado, sino que es más irregular, aunque también tiene una tendencia alcista, con valores muy bajos entre los años 2013 y 2016 (incluso nulos en los años 2014 y 2015). No obstante, la tendencia creciente del correo total y llegado, las tasas de crecimiento han disminuido en los últimos años, con un 89%, 68% y 54% en los años 2019, 2020 y 2021, respectivamente.

4.1.5 Análisis de Variables Explicativas de Modelos de Demanda Aérea

El análisis en esta sección está orientado a seleccionar variables explicativas de los modelos econométricos de la demanda aérea del aeródromo de Balmaceda. Esta selección se basó en la revisión bibliográfica nacional e internacional de modelos de demanda de pasajeros y carga antes realizada. De esta revisión se concluye que el PIB (o PIB per cápita) está más

habitualmente presente en los modelos y que el resto de las variables son demográficas o de índole económico complementarias o sustitutas del PIB.

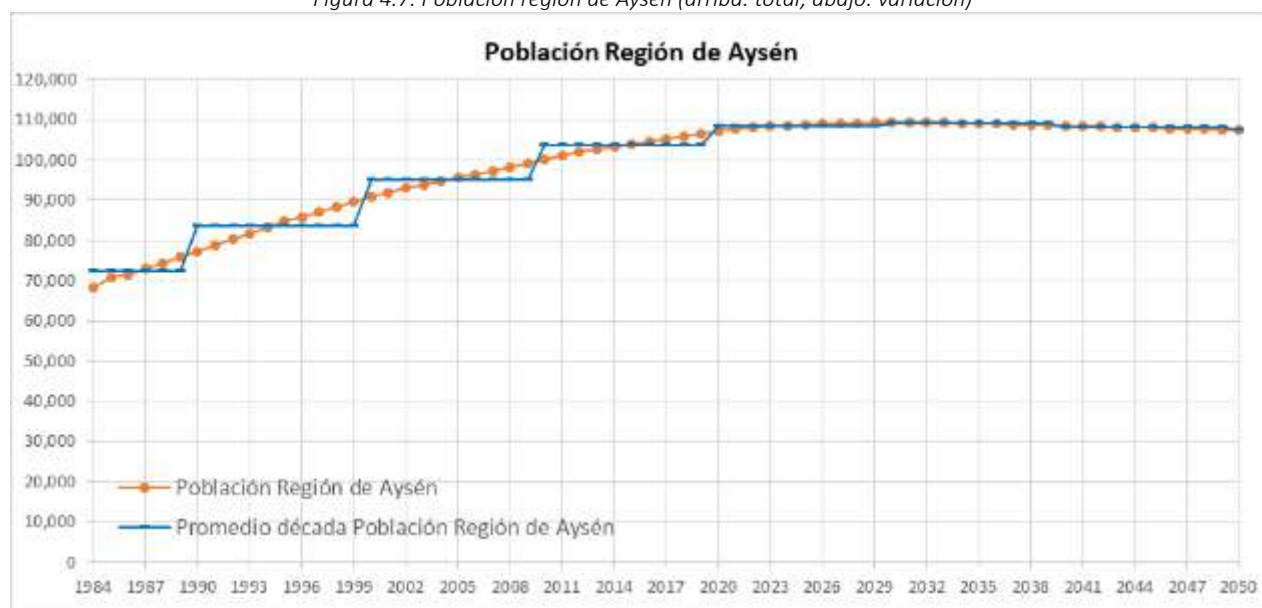
4.1.6 Proyecciones de la Demanda Aérea

4.1.6.1 PROYECCIONES DE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS DE LOS MODELOS DE DEMANDA

4.1.6.1.1 Proyecciones de la población

Dado que el INE presenta proyecciones oficiales hasta el año 2035, sólo resta por obtener proyecciones de población en el período 2036 – 2050. Para ello se utiliza un modelo de media móvil de dos años de las tasas de crecimiento de la población, lo cual permite mantener el comportamiento tendencial presentado por los datos oficiales.

Figura 4.7: Población región de Aysén (arriba: total; abajo: variación)



Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la población de la Región de Aysén presente en la figura siguiente, se observa un comportamiento de desaceleración, pero sin presentar un comportamiento anómalo en el 2017. En este caso las tasas de crecimiento comienzan a descender con los años, llegando incluso a valores negativos a partir del 2032 en adelante, lo que apuntaría a que en el futuro la gente migraría de la región, posiblemente con el objetivo de no vivir en un lugar tan aislado.

4.1.6.1.2 Proyecciones del PIB

Las proyecciones de los PIB regionales considerados se generan a partir de un modelo centrado en el valor del PIB nacional, por lo que es necesario explicar cómo se obtienen las proyecciones de dicha variable antes que todo.

Dada la importancia del PIB nacional, y para evitar la posibilidad de introducir sesgos, se procede a crear *benchmarks* de crecimiento del PIB hasta el 2050 a partir de proyecciones publicadas por diversas instituciones – nacionales e internacionales – dedicadas a monitorear la economía chilena. Así, se utilizaron las siguientes siete publicaciones:

- **Banco Central de Chile:** Informe de Política Monetaria, publicado en marzo de 2022⁶.

⁶ https://www.bcentral.cl/documents/33528/3456057/IPoM_marzo_2022.pdf/a3b89623-a366-ed9a-63bb-6d719102eab2?t=1648639390217

- **Ministerio de Hacienda:** Escenario macroeconómico en base al Informe de Finanzas Públicas del primer trimestre del 2021⁷.
- **CEPAL:** proyecciones de corto plazo, publicadas en abril de 2022⁸.
- **Fondo Monetario Internacional:** World Economic Outlook, publicado en abril de 2022⁹.
- **OECD:** Economic Outlook, publicado en diciembre de 2021¹⁰.
- **OECD:** proyecciones de largo plazo, publicadas en octubre de 2021¹¹.
- **S&P Global:** proyecciones de la economía, publicado en mayo de 2022.

Inicialmente se proyecta el valor del PIB nacional en el corto plazo, entre los años 2022 y 2024. Para ello, se consideran los datos del Banco Central como oficiales para los años 2022 y 2023, mientras que para el 2024 se considera la mediana de las distintas publicaciones que contiene información para ese año. Posteriormente, el crecimiento de las décadas 2021 – 2030, 2031 – 2040 y 2041 – 2050 es calibrado para que el promedio de cada década del crecimiento anual coincida con el promedio de los crecimientos anuales de las distintas publicaciones que generaran proyecciones hasta el 2050. Los resultados de este ejercicio se presentan en la Figura 4.8, donde se observa que el PIB – luego de su caída el 2020 por el efecto de la pandemia – se recupera rápidamente el 2021, para luego continuar su crecimiento a una tasa prácticamente constante de 2% anual en el largo plazo hasta el 2050.

Figura 4.8: Proyección PIB nacional



Fuente: Elaboración propia

4.1.6.2 ANALISIS DE LAS PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE PASAJEROS

A continuación, se presentan gráficos de las proyecciones y de las variaciones anuales del número de pasajeros llegados, salidos y total anual del aeródromo de Balmaceda, para el periodo 2022-2050 en los escenarios Base, Pesimista y Optimista.

Figura 4.9: N° de pasajeros nacionales por año (PNA) en Balmaceda

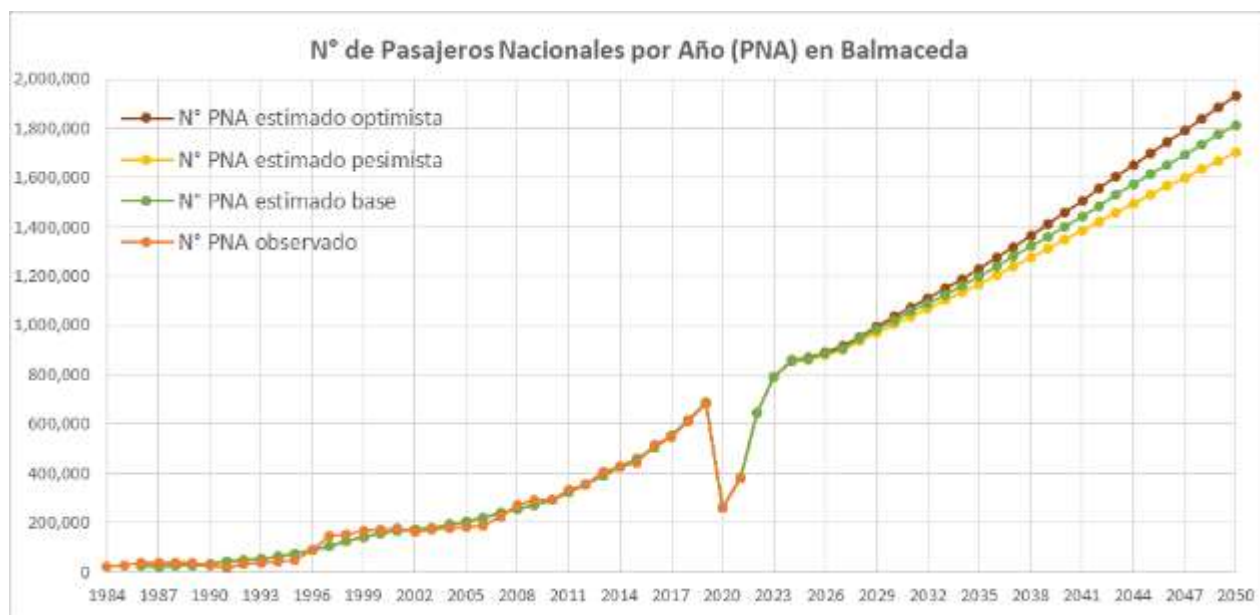
⁷ <https://www.hacienda.cl/areas-de-trabajo/politicas-macroeconomicas/escenario-macroeconomico>

⁸ https://www.cepal.org/sites/default/files/pr/files/tabla_prensa_pib_nuevasproyecciones-2022_27abril-esp.pdf

⁹ <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2022/April>

¹⁰ <https://stats.oecd.org/>

¹¹ <https://stats.oecd.org/>



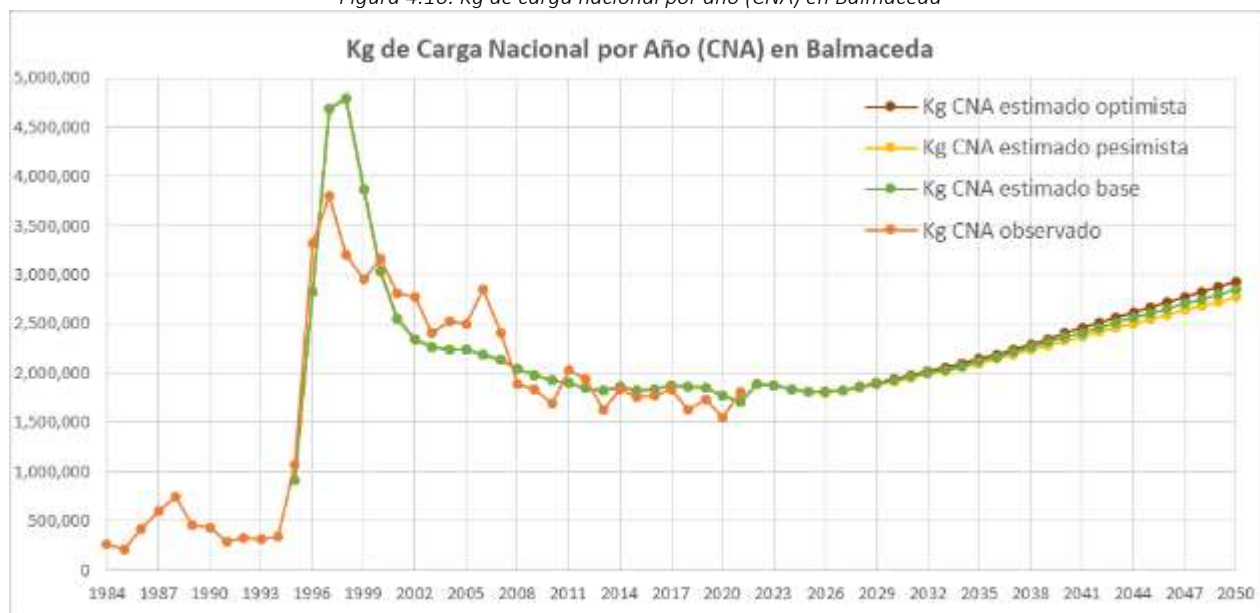
Se observa que las proyecciones del N° de pasajeros por año en el periodo 2022-2050 mantiene la tendencia histórica creciente, interrumpida por la brusca caída ocurrida en el año 2020 como consecuencia de la pandemia del Covid-19. Según las proyecciones del escenario Base, la caída del 62% de la demanda en el año 2020 con respecto a la del 2019 (de 681.565) se recupera en pocos años, alcanzándose un valor similar al del 2019, entre los años 2022 y 2023, tras una recuperación del año 2021 que fue observada y que el modelo recoge.

Adicionalmente, también se observa que en el año 2024 se alcanza una tasa de crecimiento del 8%, muy cercana a la tasa promedio de la década 2010-2019 que fue del 9%. En el año 2025, disminuye ostensiblemente el crecimiento, con una tasa del 1%, y en lo que sigue hasta el año 2028 se proyecta un leve aumento de la tasa de crecimiento, alcanzándose los valores más altos de esta tasa en los años 2028, 2029 y 2030, con un valor del 4%. De ahí en adelante, se proyecta un descenso paulatino de esta tasa de crecimiento hasta alcanzar un valor del 2% en el año 2050.

4.1.6.3 ANÁLISIS DE LAS PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE CARGA

A continuación, se presentan gráficos de las proyecciones y de las variaciones anuales del número de kg de carga llegados, salidos y total anual del aeródromo de Balmaceda, para el periodo 2022-2050 en los escenarios Base, Pesimista y Optimista.

Figura 4.10: Kg de carga nacional por año (CNA) en Balmaceda



Fuente: Elaboración propia

Como en la década del 2010, se observan decrecimientos de la carga, con valores que oscilan entre -20% y 20%, no es inconsistente predecir decrecimientos en los años 2023, 2024 y 2025. En todo caso, las variaciones anuales predichas para estos años son muy bajas, del -1%, -2% y -1%.

Inicialmente se debe considerar que existe una tendencia decreciente de la carga nacional en el periodo 1995-2021, y ésta se frena en los últimos años. Efectivamente, la tasa promedio de crecimiento anual en la década 2000-2009 del -4%, pasa a un valor promedio del 0% en la década 2010-2019. La pandemia del Covid-19 afectó a la carga nacional, reduciéndose en un 11% en el año 2020 con respecto al valor de 1.729.890 kg del 2019, cifra porcentual bastante menor a la reducción del 62% del n° de pasajeros nacional en igual año.

4.1.6.4 ANÁLISIS DE LAS PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE CORREO

A continuación, se presentan gráficos de las proyecciones y de las variaciones anuales del número de kg de correo llegados, salidos y total anual del aeródromo de Balmaceda, para el periodo 2022-2050 en el escenario Base.

Figura 4.11: Kg de correo nacional por año (CONA) en Balmaceda



Fuente: Elaboración propia

Como se sabe, solamente se dispone de 9 observaciones de los kg de correo transportado anualmente a través del aeródromo de Balmaceda, lo cual obliga a que las tendencias observadas y proyectadas se analicen con precaución. Como se observa, la tendencia del correo nacional es creciente, con fluctuaciones positivas y negativas entre los años 2013 y 2016, pero con una marcada tendencia alcista entre los años 2017 y 2021. Basándose en este patrón, se proyecta un crecimiento de los kg de correo nacional anual en el horizonte 2022-2050 con tasa de crecimiento promedio anual del 4% en el periodo 2022-2029, del 2% en las décadas 2030-2039 y 2040-2049 y del 1% en el año 2050.

4.1.7 Proyección de Operaciones

El objetivo de esta sección consiste en proyectar las operaciones de SCBA para el periodo 2022 – 2050 (29 años); metodológicamente se proyectan las operaciones comerciales mientras que para el resto de los tipos de aviación presentes en SCBA se estiman sus operaciones futuras a partir de las proyecciones obtenidas para las operaciones comerciales.

Debido a que la proyección de demanda pasajeros y de carga se ha elaborado para tres escenarios: i) base, ii) pesimista y iii) optimista, se realizará la proyección de operaciones y de capacidad de carga para cada uno de ellos.

4.1.7.1 OPERACIONES COMERCIALES

La proyección de operaciones comerciales se realizará con base a: i) la demanda proyectada para pasajeros transportados (salidos + llegados); ii) factor de ocupación de las aeronaves; iii) proyección de flota y número de asientos ponderado (avión medio) y iv) tendencias de la industria aérea.

El modelo de proyección de demanda pronostica una tasa de crecimiento promedio anual de pasajeros, para el periodo 2025 – 2050, de 2,9% para el escenario base, 2,7% para el escenario pesimista y 3,2% para el escenario optimista. No se han considerado las tasas de crecimiento de los años de recuperación post – pandemia puesto que distorsionan la tendencia de largo plazo.

Al año 2050 se espera un total de pasajeros para el escenario base, pesimista y optimista de 1,8 millones, 1,7 millones y 1,9 millones respectivamente.

Ahora bien, dado que ya se cuenta con la proyección de demanda de pasajeros se requiere abordar la oferta de asientos disponibles que se dispondrá en el periodo de proyección (2022 – 2050), lo que hace necesario proyectar la composición de la flota de aeronaves que se estima operará en SCBA y su capacidad, para lo cual en una primera etapa se procede a revisar la participación relativa de cada uno de los tipos de aeronaves mayores con presencia en SCBA durante los últimos siete años, información obtenida de la Bitácora de Operaciones de la DGAC.

Una vez que se ha analizado la evolución histórica de composición de flota para SCBA, corresponde estimar su:

1. **Capacidad Media (N° asientos)**, como el promedio ponderado de la capacidad de diseño de cada aeronave presente en la flota, en función de su participación relativa en el total de operaciones comerciales (nacionales e internacionales).
2. **Factor de Ocupación Medio (%)**, como el cociente entre i) el número promedio de pasajeros transportado por operación y tipo de aeronave y ii) su capacidad de diseño, el cual es ponderado por la participación relativa de cada aeronave sobre el total de operaciones comerciales (nacionales e internacionales).
3. **Proyección de Flota**, con el objetivo de ajustar la capacidad media estimada de acuerdo con las tendencias esperadas de la industria aérea.

Para la estimación de ambos parámetros (1 y 3), se debe utilizar información lo más actualizada posible, por lo que para los objetivos del presente estudio el análisis se centrará en el año 2021, el cual será la base de la proyección de flota para el periodo 2021 – 2050, debido a que refleja de mejor manera el cambio de flota que están realizando actualmente las compañías aéreas presentes en el mercado nacional, como se puede constatar en sus órdenes de compra, entregas y material de vuelo en operación publicado por Airbus.

La capacidad de diseño fue elaborada utilizando información publicada por los fabricantes de aeronaves y, dada su alta participación en la operación de SCBA¹², la información de capacidad de flota de LATAM publicada en su Memoria Anual 2019¹³.

En la Tabla 4.1 se presentan los factores de ocupación estimados de operaciones comerciales para los últimos siete años de operación de SCBA. No obstante, para la proyección se utilizará el factor de ocupación promedio de los años 2017, 2018 y 2019, por tres motivos: i) refleja de mejor manera la operación normal del aeródromo, evitando considerar los efectos de la pandemia por COVID – 19, tal como queda reflejado en la Tabla 4.1, ii) corresponde a la información disponible más actualizada y iii) se diluye algún efecto puntual, de un año en particular, que pudiera afectar la estimación del parámetro.

Tabla 4.1: Factores de ocupación históricos 2015 – 2020 (%)

Ad/Ap	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Balmaceda (SCBA)	86,3%	81,3%	83,0%	81,9%	80,0%	65,6%	67,6%

Fuente: Elaboración propia a partir de Bitácora de Operaciones SCBA periodo 2010 – 2021 y Estadísticas Históricas JAC

De esta forma se obtiene un factor de ocupación de 81,6%, el que será utilizado para el cálculo de la proyección de operaciones comerciales para la primera mitad del periodo de proyección, es decir, entre los años 2022 y 2035. A partir del año 2036, y hasta el año 2050, se aumenta el factor de ocupación a un 83,6% (2 p.p.) de manera de reflejar la optimización en gestión de flota que realizan las compañías aéreas para absorber la creciente demanda de pasajeros.

Con base en los anterior se obtuvo: i) la composición de flota proyectada y ii) la capacidad media proyectada para operaciones comerciales. En la Tabla 4.2 se presenta la proyección elaborada.

Tabla 4.2: Composición flota proyectada op. comerciales nacionales (%)¹⁴

¹² De acuerdo con la Junta de Aeronáutica Civil (JAC) un 53,5% y un 46,9% de los pasajeros transportados en 2019 y 2021 respectivamente. Resumen Mensual de Estadísticas Diciembre 2019 y Diciembre 2021.

¹³ Obtenida del sitio web de la CMF <https://www.cmfchile.cl/portal/principal/613/w3-channel.html>

¹⁴ A20N = Airbus 320 Neo,

Año	Aeronaves									Total	Astos Pond
	A20N	A319	A320	A321	A21N	RJ85	RJ1H	B462	B763		
2022	10,07%	0,00%	70,76%	9,98%	4,70%	0,44%	0,37%	3,55%	0,12%	100,00%	177
2023	11,86%	0,00%	64,60%	11,76%	7,17%	0,44%	0,37%	3,55%	0,25%	100,00%	179
2024	13,64%	0,00%	58,45%	13,55%	9,63%	0,44%	0,37%	3,55%	0,37%	100,00%	181
2025	15,43%	0,00%	52,30%	15,33%	12,09%	0,44%	0,37%	3,55%	0,49%	100,00%	183
2026	17,21%	0,00%	46,15%	17,12%	14,55%	0,44%	0,37%	3,55%	0,62%	100,00%	185
2027	18,99%	0,00%	39,99%	18,90%	17,01%	0,44%	0,37%	3,55%	0,74%	100,00%	187
2028	20,78%	0,00%	33,84%	20,69%	19,47%	0,44%	0,37%	3,55%	0,86%	100,00%	189
2029	22,31%	0,00%	30,46%	18,62%	23,29%	0,44%	0,37%	3,55%	0,96%	100,00%	190
2030	23,84%	0,00%	27,07%	16,55%	27,11%	0,44%	0,37%	3,55%	1,06%	100,00%	191
2031	25,37%	0,00%	23,69%	14,48%	30,93%	0,44%	0,37%	3,55%	1,17%	100,00%	192
2032	26,90%	0,00%	20,30%	12,41%	34,75%	0,44%	0,37%	3,55%	1,27%	100,00%	193
2033	28,43%	0,00%	16,92%	10,34%	38,57%	0,44%	0,37%	3,55%	1,37%	100,00%	193
2034	29,96%	0,00%	13,54%	8,27%	42,39%	0,44%	0,37%	3,55%	1,47%	100,00%	194
2035	31,49%	0,00%	10,15%	6,21%	46,22%	0,44%	0,37%	3,55%	1,57%	100,00%	195
2036	33,02%	0,00%	6,77%	4,14%	50,04%	0,44%	0,37%	3,55%	1,67%	100,00%	196
2037	34,55%	0,00%	3,38%	2,07%	53,86%	0,44%	0,37%	3,55%	1,78%	100,00%	197
2038	36,08%	0,00%	0,00%	0,00%	57,68%	0,44%	0,37%	3,55%	1,88%	100,00%	198
2039	35,36%	0,00%	0,00%	0,00%	58,38%	0,44%	0,37%	3,55%	1,89%	100,00%	198
2040	34,64%	0,00%	0,00%	0,00%	59,09%	0,44%	0,37%	3,55%	1,91%	100,00%	198
2041	33,92%	0,00%	0,00%	0,00%	59,80%	0,44%	0,37%	3,55%	1,92%	100,00%	199
2042	33,20%	0,00%	0,00%	0,00%	60,51%	0,44%	0,37%	3,55%	1,93%	100,00%	199
2043	32,48%	0,00%	0,00%	0,00%	61,21%	0,44%	0,37%	3,55%	1,95%	100,00%	199
2044	31,75%	0,00%	0,00%	0,00%	61,92%	0,44%	0,37%	3,55%	1,96%	100,00%	200
2045	31,03%	0,00%	0,00%	0,00%	62,63%	0,44%	0,37%	3,55%	1,98%	100,00%	200
2046	30,31%	0,00%	0,00%	0,00%	63,34%	0,44%	0,37%	3,55%	1,99%	100,00%	200
2047	29,59%	0,00%	0,00%	0,00%	64,04%	0,44%	0,37%	3,55%	2,01%	100,00%	201
2048	28,87%	0,00%	0,00%	0,00%	64,75%	0,44%	0,37%	3,55%	2,02%	100,00%	201
2049	28,15%	0,00%	0,00%	0,00%	65,46%	0,44%	0,37%	3,55%	2,04%	100,00%	201
2050	27,42%	0,00%	0,00%	0,00%	66,16%	0,44%	0,37%	3,55%	2,05%	100,00%	202

Fuente: Elaboración Propia

Empleando la proyección de demanda de pasajeros, composición de flota y factor de ocupación se presenta la proyección de operaciones comerciales y, a partir de éstas, la proyección de operaciones totales de SCBA para el periodo 2021 – 2050 se presentan las operaciones proyectadas en sus escenarios base, pesimista y optimista.

A319 = Airbus 319,
A320 = Airbus 320,
A321 = Airbus 321,
A21N = Airbus 321 Neo,
RJ85 = BAe Avro RJ85,
RJ1H = BAe Avro RJ – 100,
B462 = Bae 146 – 200 y
B763 = Boeing 763 – 300.

Tabla 4.3: Proyección de operaciones comerciales SCBA, 2021 – 2050 (op/año)

Año	Escenario Base				Escenario Pesimista				Escenario Optimista			
	Aterrizajes	Despegues	Op Totales	Var %	Aterrizajes	Despegues	Op Totales	Var %	Aterrizajes	Despegues	Op Totales	Var %
2022	2.192	2.279	4.471		2.190	2.278	4.468		2.194	2.281	4.474	
2023	2.673	2.748	5.420	21,2%	2.669	2.744	5.413	21,2%	2.676	2.751	5.428	21,3%
2024	2.854	2.939	5.793	6,9%	2.847	2.932	5.779	6,8%	2.861	2.946	5.808	7,0%
2025	2.862	2.931	5.793	0,0%	2.850	2.919	5.769	-0,2%	2.874	2.943	5.817	0,2%
2026	2.888	2.959	5.847	0,9%	2.870	2.942	5.812	0,7%	2.906	2.977	5.883	1,1%
2027	2.940	3.003	5.944	1,6%	2.916	2.979	5.894	1,4%	2.966	3.027	5.993	1,9%
2028	3.031	3.094	6.125	3,1%	2.998	3.062	6.061	2,8%	3.064	3.126	6.190	3,3%
2029	3.140	3.198	6.338	3,5%	3.099	3.158	6.257	3,2%	3.181	3.238	6.419	3,7%
2030	3.249	3.305	6.554	3,4%	3.200	3.258	6.458	3,2%	3.298	3.354	6.652	3,6%
2031	3.347	3.399	6.746	2,9%	3.289	3.344	6.633	2,7%	3.405	3.455	6.860	3,1%
2032	3.444	3.494	6.938	2,9%	3.378	3.430	6.809	2,6%	3.511	3.559	7.070	3,1%
2033	3.541	3.587	7.128	2,7%	3.466	3.514	6.980	2,5%	3.618	3.661	7.279	3,0%
2034	3.643	3.685	7.328	2,8%	3.557	3.602	7.159	2,6%	3.731	3.770	7.501	3,1%
2035	3.747	3.786	7.533	2,8%	3.649	3.691	7.340	2,5%	3.848	3.883	7.731	3,1%
2036	3.764	3.798	7.563	0,4%	3.656	3.694	7.350	0,1%	3.876	3.906	7.782	0,7%
2037	3.872	3.902	7.774	2,8%	3.750	3.784	7.534	2,5%	3.999	4.024	8.023	3,1%
2038	3.982	4.008	7.989	2,8%	3.845	3.876	7.721	2,5%	4.123	4.144	8.268	3,1%
2039	4.102	4.123	8.225	3,0%	3.950	3.977	7.927	2,7%	4.260	4.276	8.535	3,2%
2040	4.222	4.239	8.461	2,9%	4.055	4.078	8.133	2,6%	4.396	4.407	8.804	3,1%
2041	4.342	4.355	8.697	2,8%	4.159	4.178	8.337	2,5%	4.534	4.539	9.073	3,1%
2042	4.463	4.472	8.935	2,7%	4.263	4.279	8.543	2,5%	4.673	4.673	9.346	3,0%
2043	4.584	4.588	9.173	2,7%	4.368	4.380	8.747	2,4%	4.812	4.808	9.620	2,9%
2044	4.705	4.704	9.409	2,6%	4.471	4.479	8.950	2,3%	4.951	4.941	9.892	2,8%
2045	4.823	4.818	9.641	2,5%	4.572	4.577	9.149	2,2%	5.089	5.073	10.162	2,7%
2046	4.940	4.930	9.870	2,4%	4.672	4.673	9.345	2,1%	5.224	5.203	10.427	2,6%
2047	5.056	5.041	10.096	2,3%	4.771	4.767	9.538	2,1%	5.358	5.331	10.690	2,5%
2048	5.169	5.149	10.319	2,2%	4.867	4.860	9.727	2,0%	5.491	5.458	10.948	2,4%
2049	5.281	5.256	10.538	2,1%	4.962	4.951	9.913	1,9%	5.621	5.583	11.204	2,3%
2050	5.391	5.362	10.753	2,0%	5.056	5.040	10.096	1,8%	5.750	5.706	11.456	2,2%

Fuente: Elaboración Propia

Dichas proyecciones se expresan en función del tipo de aeronave que es parte de la flota proyectada presentada previamente, para los escenarios base, pesimista y optimista. A continuación se presenta el 1ro.

Tabla 4.4: Proyección de operaciones comerciales por tipo de aeronave escenario base (op/año)

Año	Aeronaves									Total
	A20N	A319	A320	A321	A21N	RJ85	RJ1H	B462	B763	
2022	450	0	3.164	446	210	20	17	159	6	4.471
2023	643	0	3.502	638	388	24	20	193	13	5.420
2024	790	0	3.386	785	558	25	22	206	21	5.793
2025	894	0	3.030	888	700	25	22	206	29	5.793
2026	1.006	0	2.698	1.001	851	26	22	208	36	5.847
2027	1.129	0	2.377	1.123	1.011	26	22	211	44	5.944
2028	1.273	0	2.073	1.267	1.193	27	23	218	53	6.125
2029	1.414	0	1.930	1.180	1.476	28	24	225	61	6.338
2030	1.563	0	1.774	1.085	1.777	29	25	233	70	6.554
2031	1.711	0	1.598	977	2.087	29	25	240	79	6.746
2032	1.866	0	1.409	861	2.411	30	26	246	88	6.938
2033	2.026	0	1.206	737	2.749	31	27	253	98	7.128
2034	2.196	0	992	606	3.107	32	27	260	108	7.328
2035	2.372	0	765	467	3.481	33	28	268	118	7.533
2036	2.497	0	512	313	3.784	33	28	269	127	7.563
2037	2.686	0	263	161	4.187	34	29	276	138	7.774
2038	2.883	0	0	0	4.608	35	30	284	150	7.989
2039	2.909	0	0	0	4.802	36	31	292	156	8.225
2040	2.931	0	0	0	5.000	37	32	301	161	8.461
2041	2.950	0	0	0	5.201	38	33	309	167	8.697
2042	2.966	0	0	0	5.406	39	33	317	173	8.935
2043	2.979	0	0	0	5.615	40	34	326	179	9.173
2044	2.988	0	0	0	5.826	41	35	334	185	9.409
2045	2.992	0	0	0	6.038	42	36	343	191	9.641
2046	2.992	0	0	0	6.251	43	37	351	197	9.870
2047	2.987	0	0	0	6.466	44	38	359	203	10.096
2048	2.979	0	0	0	6.681	45	39	367	209	10.319
2049	2.966	0	0	0	6.898	46	39	374	214	10.538
2050	2.949	0	0	0	7.115	47	40	382	220	10.753

Fuente: Elaboración Propia

4.1.7.2 OPERACIONES TOTALES

Como resultado del análisis desarrollado, en la tabla siguiente se muestra la proyección de la operación total de SCBA para los escenarios base, pesimista y optimista. Cabe recordar que la aviación general, la aviación militar y la categoría “otros” se proyectaron manteniendo la proporción que tienen respecto de las operaciones comerciales para el período 2010-2019.

Tabla 4.5: Proyección operación total de SCBA escenario base (op/año)

Año	Comercial	Militar	Av. General	Otras	Total
2022	4.471	243	543	14	5.272
2023	5.420	295	658	17	6.391
2024	5.793	315	703	18	6.830
2025	5.793	315	703	18	6.830
2026	5.847	318	710	18	6.894
2027	5.944	324	722	19	7.007
2028	6.125	333	744	19	7.222
2029	6.338	345	770	20	7.472
2030	6.554	357	796	21	7.727
2031	6.746	367	819	21	7.953
2032	6.938	378	842	22	8.180
2033	7.128	388	866	22	8.403
2034	7.328	399	890	23	8.639
2035	7.533	410	915	24	8.881
2036	7.563	412	918	24	8.916
2037	7.774	423	944	24	9.166
2038	7.989	435	970	25	9.420
2039	8.225	448	999	26	9.698
2040	8.461	461	1.027	27	9.976
2041	8.697	473	1.056	27	10.254
2042	8.935	486	1.085	28	10.534
2043	9.173	499	1.114	29	10.815
2044	9.409	512	1.142	29	11.093
2045	9.641	525	1.171	30	11.367
2046	9.870	537	1.199	31	11.637
2047	10.096	550	1.226	32	11.903
2048	10.319	562	1.253	32	12.166
2049	10.538	574	1.280	33	12.424
2050	10.753	585	1.306	34	12.678

Fuente: Elaboración Propia

4.1.7.3 HORA PUNTA DE OPERACIONES Y PASAJEROS

4.1.7.3.1 HORA PUNTA DE OPERACIONES H1

Uno de los principales objetivos de este capítulo consiste en estimar la hora punta de operaciones, total y por actividad o tipo de aviación, como también sus factores de hora punta respectivos¹⁵, ya que servirán de insumo para dimensionar las necesidades de infraestructura horizontal que requerirá el aeródromo para los próximos 20 o más años de funcionamiento

En términos agregados (totales), entre los años 2010 y 2019¹⁶, las cifras muestran una disminución de las operaciones en hora punta del aeródromo pasando de 9 a 6 operaciones; no obstante, los años 2014 y 2016 escapan a esta tendencia con 11 y 10 operaciones respectivamente.

Al profundizar en el análisis se pudo constatar que en ambos casos la hora punta se compone casi en su totalidad por operaciones de aviación general:

- En el año 2014 se cuentan 10 operaciones de aviación general (instrucción) y 1 operación comercial.
- En el año 2016 la totalidad de las operaciones en hora punta corresponden a aviación general, con 9 operaciones asociadas a actividades deportivas y 1 asociada a extinción de incendios.

¹⁵ El factor de ocupación de hora punta en base diaria, es decir, dicho factor representa el porcentaje de operaciones ocurridas en la hora más cargada del año sobre el total de operaciones de un día promedio del año.

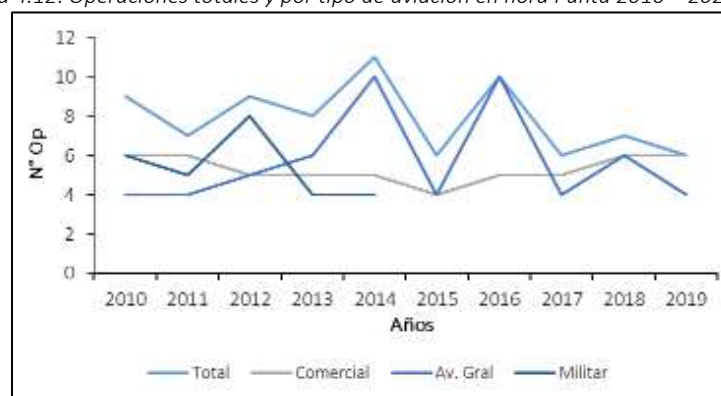
¹⁶ Como ha sido mencionado reiteradas veces durante el desarrollo del estudio el análisis se centra en el periodo 2010 – 2019 por las razones expuestas anteriormente.

Tabla 4.6: Operaciones hora punta (H1), promedio día, totales y factor hora punta (H1) por tipo de aviación y totales históricas SCBA (op/h, op/día, op/año, %)

Año	Militar				Av. Gral				Comercial				Total			
	H1	Diarias	Totales	Factor H1	H1	Diarias	Totales	Factor H1	H1	Diarias	Totales	Factor H1	H1	Diarias	Totales	Factor H1
2010	6	4	299	160,5%	4	3	389	144,0%	6	9	3.237	66,7%	9	11	3.935	82,8%
2011	5	3	273	161,2%	4	3	548	124,1%	6	10	3.441	62,9%	7	12	4.269	59,2%
2012	8	3	293	245,7%	5	3	645	179,1%	5	10	3.646	48,8%	9	13	4.589	69,8%
2013	4	2	147	163,3%	6	3	467	206,9%	5	9	3.124	57,8%	8	10	3.743	77,2%
2014	4	3	82	146,3%	10	3	513	331,4%	5	8	3.066	59,5%	11	10	3.663	109,6%
2015	s/i	s/i	0	s/i	4	3	557	131,4%	4	8	3.026	47,6%	6	10	3.586	60,6%
2016	s/i	s/i	169	s/i	10	4	673	267,5%	5	10	3.731	49,0%	10	12	4.405	83,1%
2017	s/i	s/i	263	s/i	4	3	503	147,9%	5	11	3.909	46,4%	6	12	4.498	48,4%
2018	s/i	s/i	277	s/i	6	3	482	216,6%	6	12	4.369	50,0%	7	13	4.890	52,1%
2019	s/i	s/i	472	s/i	4	3	579	132,0%	6	14	4.938	44,1%	6	15	5.525	39,4%
2020	s/i	s/i	162	s/i	7	4	853	192,8%	6	7	2.310	81,8%	11	10	3.356	113,7%
2021	s/i	s/i	s/i	s/i	5	3	676	144,2%	5	9	3.209	56,7%	7	11	3.939	64,7%

Fuente: Elaboración propia a partir de Bitácora de Operaciones SCBA periodo 2010 – 2021

Figura 4.12: Operaciones totales y por tipo de aviación en hora Punta 2010 – 2021 (op/h)



Fuente: Elaboración propia a partir de Bitácora de Operaciones SCBA periodo 2010 – 2021

La disminución experimentada por los factores H1 de operaciones comerciales y totales tiene sentido, puesto que a medida que los aeródromos/aeropuertos van incrementando su nivel de operaciones, la administración va introduciendo medidas de optimización en la gestión de la infraestructura del aeródromo/aeropuerto, logrando así una operación más eficiente y productiva.

Finalmente, en la siguiente tabla se muestra la proyección de H1 para el periodo 2022 – 2050 en el escenarios base.

Tabla 4.7: Proyección H1 operaciones por tipo de aviación y totales 2022 – 2050 escenario base (op/h; %)

Año	Op Com	Factor H1	Op Av Gral	Factor H1	Op Militares	Factor H1	Op Totales	Factor H1
2022	6	46,84%	5	165,49%	5	175,41%	7	46,65%
2023	7	45,48%	6	162,71%	6	172,64%	8	45,30%
2024	7	44,16%	6	159,97%	6	169,91%	8	43,98%
2025	7	42,88%	6	157,29%	6	167,23%	8	42,71%
2026	7	41,64%	6	154,64%	6	164,59%	8	41,47%
2027	7	40,43%	6	152,04%	6	161,99%	8	40,27%
2028	7	39,26%	6	149,49%	6	159,43%	8	39,10%
2029	7	38,12%	6	146,98%	6	156,91%	8	37,96%
2030	7	37,02%	6	144,51%	6	154,43%	8	36,86%
2031	7	36,58%	6	143,36%	7	153,28%	8	36,43%
2032	7	36,15%	7	142,21%	7	152,14%	8	36,00%
2033	7	35,72%	7	141,08%	7	151,01%	8	35,58%
2034	7	35,30%	7	139,95%	7	149,89%	8	35,16%
2035	7	34,88%	7	138,84%	7	148,77%	8	34,74%
2036	7	34,47%	7	137,73%	7	147,67%	8	34,33%
2037	7	34,07%	7	136,63%	7	146,57%	9	33,93%
2038	7	33,67%	7	135,54%	7	145,48%	9	33,53%
2039	7	33,27%	7	134,46%	8	144,39%	9	33,13%
2040	8	32,88%	7	133,39%	8	143,32%	9	32,74%
2041	8	32,49%	8	132,33%	8	142,25%	9	32,36%
2042	8	32,11%	8	131,27%	8	141,20%	9	31,97%
2043	8	31,73%	8	130,22%	8	140,15%	9	31,60%
2044	8	31,35%	8	129,18%	8	139,10%	9	31,22%
2045	8	30,98%	8	128,15%	8	138,07%	10	30,86%
2046	8	30,62%	8	127,13%	9	137,04%	10	30,49%
2047	8	30,26%	8	126,12%	9	136,02%	10	30,13%
2048	8	29,90%	9	125,11%	9	135,01%	10	29,78%
2049	9	29,55%	9	124,11%	9	134,01%	10	29,43%
2050	9	29,20%	9	123,13%	9	133,01%	10	29,08%

Fuente: Elaboración Propia

4.1.7.3.2 HORA PUNTA DE PASAJEROS H1 Y H40

A continuación se presentan los resultados obtenidos para el periodo 2010 – 2021 para H1 y H40.

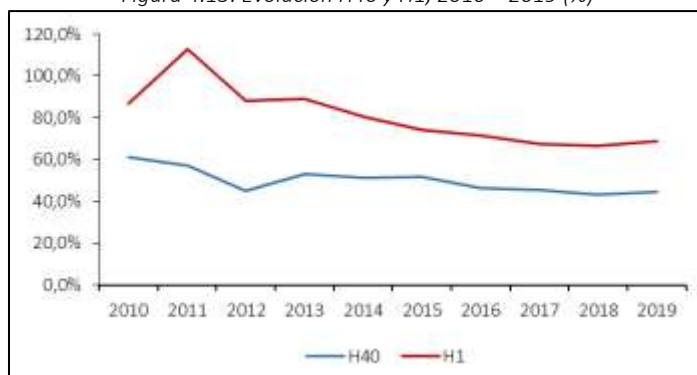
Tabla 4.8: Pasajeros embarcados H1 y H40, totales, promedio día y factor de H1 y H40

Año	Factor H1 / H40 Pax Embarcados					
	H1 (pax/h)	H40 (pax/h)	Diario (pax/día)	Total (pax/año)	Factor H1 (%)	Factor H40 (%)
2010	420	296	485	174.680	86,6%	61,0%
2011	541	273	479	173.022	112,9%	57,0%
2012	448	228	509	181.194	88,0%	44,8%
2013	514	305	577	208.148	89,1%	52,9%
2014	486	309	603	220.019	80,6%	51,3%
2015	466	326	629	226.465	74,1%	51,8%
2016	516	335	720	263.701	71,6%	46,5%
2017	521	349	771	279.877	67,6%	45,3%
2018	568	368	852	309.994	66,7%	43,2%
2019	656	425	957	347.479	68,5%	44,4%
2020	576	342	422	136.226	136,6%	81,1%
2021	496	280	541	196.999	91,6%	51,7%

Fuente: Elaboración propia a partir de Base Datos COPAE de la DGAC, periodo 2010 – 2021

Se observa que los factores H1 y H40 calculados para el periodo 2010 – 2019 tienden sistemáticamente a la baja, explicado por el importante incremento de pasajeros embarcados durante la década (casi el doble) y posibles medidas de gestión adoptadas por la administración del aeródromo. Para mayor abundamiento se presenta la evolución de los factores H40 y H1 estimados para el periodo analizado.

Figura 4.13: Evolución H40 y H1, 2010 – 2019 (%)



Fuente: Elaboración Propia

Por último, se presenta la proyección de la hora punta (H1 y H40) de pasajeros embarcados para el periodo 2022 – 2050 en el escenario base.

Tabla 4.9: Proyección H1 y H40 pasajeros embarcados escenario base, (Pax/h)

Año	Escenario Base			
	H1 (pax/h)	Factor H1 (%)	H40 (pax/h)	Factor H40 (%)
2022	610	67,60%	400	44,29%
2023	722	65,64%	473	43,01%
2024	759	63,74%	497	41,76%
2025	743	61,89%	487	40,55%
2026	736	60,09%	482	39,37%
2027	733	58,35%	481	38,23%
2028	742	56,66%	486	37,12%
2029	748	55,01%	490	36,05%
2030	754	53,42%	494	35,00%
2031	769	52,74%	504	34,55%
2032	784	52,06%	513	34,11%
2033	798	51,40%	523	33,68%
2034	813	50,74%	532	33,25%
2035	828	50,10%	542	32,82%
2036	843	49,46%	553	32,40%
2037	859	48,82%	563	31,99%
2038	875	48,20%	573	31,58%
2039	890	47,59%	583	31,18%
2040	905	46,98%	593	30,78%
2041	919	46,38%	602	30,39%
2042	934	45,79%	612	30,00%
2043	947	45,20%	621	29,62%
2044	960	44,63%	629	29,24%
2045	973	44,06%	637	28,87%
2046	984	43,49%	645	28,50%
2047	995	42,94%	652	28,13%
2048	1.005	42,39%	659	27,77%
2049	1.015	41,85%	665	27,42%
2050	1.024	41,32%	671	27,07%

Fuente: Elaboración Propia

4.2 ANALISIS SLO SITUACION ACTUAL

4.2.1 Alcance

En el presente informe se desarrolla un estudio del espacio aéreo tal de evidenciar las distancias y alturas que actualmente mantiene el aeródromo, las que debieran mantenerse libres de obstáculos con el fin de poder llevar a cabo con seguridad las operaciones previstas. Cabe aclarar que esta etapa el análisis se enfocará en la situación existente, para posteriormente en la siguiente etapa analizar la situación con proyecto.

Luego con las superficies limitadoras determinadas, y con la ubicación espacial; incluyendo alturas, de los elementos circundantes que pueden significar una potencial obstrucción, se verifica en este escenario cuál de estos elementos es interferencia y en que magnitud.

Para ello se seguirán las directrices que establecen tanto el Anexo 14 de la OACI como el DAN 14 154 de la DGAC en sus capítulos dedicados a la "Restricción y Eliminación de Obstáculos", y también el Manual de Servicios de Aeropuertos de la OACI, Parte 6, titulado "Limitación de Obstáculos".

4.2.2 Superficies Limitadoras de Obstáculos

Los requisitos relativos a las superficies limitadoras de obstáculos se determinan en función de las características de la pista y de la utilización prevista para la misma (despegue o aterrizaje).

Se analizará el escenario actual, considerando la pista principal con su longitud de 2.501m y Alfa como pista secundaria de 2.200m, paralela a la anterior, distanciadas a 176m entre ejes. Luego, se tiene:

- Pista principal Número clave 4, Aproximación instrumental de no precisión
- Pista secundaria (Alfa) Número clave 3, Aproximación visual

A continuación, se indican los parámetros de ambas pistas 09/27 principal y secundaria. Las cotas se encuentran referidas a la altura sobre el nivel del mar.

Tabla 4.10: Parámetros Pista principal y Alfa como pista secundaria

		PISTA PPAL.	PISTA SEC. (ALFA)
LARGO PISTA	(m)	2.501	2.200
ANCHO PISTA	(m)	45	30
ALTURA UMBRAL 09	(m)	525,36	522,46
ALTURA UMBRAL 27	(m)	508,36	507,02
ALTURA AERÓDROMO SEGÚN AIP	(m)	525,00	525,00
PENDIENTE PISTA	%	0,68	0,70
TIPO APROXIMACIÓN		INSTRUMENTAL N/P	VISUAL
CLAVE REFERENCIA		4D	3C

Fuente: Elaboración Propia

En base a la tabla anterior se establecerán las siguientes superficies limitadoras de obstáculos, según corresponda:

- Superficie Horizontal Interna (SHI)
- Superficie Cónica (SC)
- Superficie de Aproximación (SA)
- Superficie de Transición (ST)
- Superficie de Ascenso en el Despegue (SAD)

De ellas se consideran las siguientes características de acuerdo al tipo de aproximación y el número clave de pista de los diferentes escenarios a evaluar.

Tabla 4.11: Distancias y pendientes

N°	SUPERFICIES Y DIMENSIONES	UN	CLASIFICACIÓN PISTAS	
			APROX. VISUAL	APROXIMACIÓN DE NO PRECISIÓN
			NÚMERO CLAVE	NÚMERO CLAVE
			3	4
1	CÓNICA (SC)			
	Pendiente	%	5%	5%
	Altura	m	75	100
2	HORIZONTAL INTERNA (SHI)			
	Altura (desde menor umbral)	m	45	45
	Radio	m	4000	4000
3	APROXIMACIÓN INTERNA (SAI)			
	Anchura	m		
	Distancia desde umbral	m		
	Longitud	m		
	Pendiente	%		
4	APROXIMACIÓN (SA)			
	Long. borde interior	m	150	300
	Distancia desde umbral	m	60	60
	Divergencia (c/lado)	%	10%	15%
4.1	1ra sección			
	Longitud	m	3000	3000
	Pendiente	%	3,33%	2%
4.2	2da sección			
	Longitud	m		3600
	Pendiente	%		2,5%
4.3	Sección horizontal			
	Longitud	m		8400
	Longitud total	%		15000
5	DE TRANSICIÓN (ST)			
	Pendiente	%	14,3%	14,3%
6	DE TRANSICIÓN INTERNA (STI)			
	Pendiente	%		
7	SUP. ATERR. INTERRUMPIDO (ATI)			
	Long. borde interior	m		
	Distancia desde umbral	m		
	Divergencia (c/lado)	%		
	Pendiente	%		
8	ASCENSO EN DESPEGUE (SAD)			
	Long. borde interior	m	180	180
	Distancia desde umbral	m	60	60
	Divergencia (c/lado)	%	12,5%	12,5%
	Anchura final	m	1200	1800
	Longitud total	m	15000	15000
	Pendiente	%	2%	2%

Fuente: Normativa vigente (DAN 14-154)

Previo al análisis se debe establecer el punto de referencia del aeródromo, sobre el cual se determina la altura de la Superficie Horizontal Interna, que es una de las superficies bases para otras de las superficies de restricción.

Para la determinación del punto de referencia, se presentan 3 opciones:

determinación del punto de referencia, se presentan 3 opciones:

- Considerar lo indicado en el Documento 9137-Manual de Servicios de Aeropuertos, que establece "Cuando hay diferencias notables de elevación entre los extremos de las pistas del orden de 6m o más), sería conveniente que la

elevación de la Superficie Horizontal Interna estuviera 45m por encima de la elevación del punto de referencia más bajo, para que así el margen de seguridad fuese mayor".

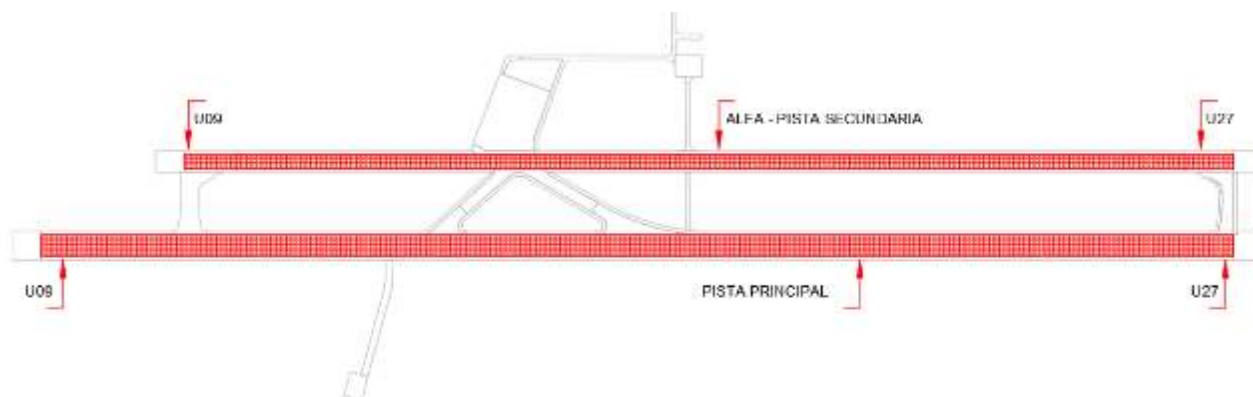
- Un segundo criterio será considerar la altura de referencia indicada por el AIP, o en la resolución de funcionamiento, que en este caso es 525m.
- Un tercer criterio será considerar la altura de referencia como la altura del umbral mayor, tendiendo con ello a una simulación menos restrictiva.
- Finalmente, se podrá considerar la altura de referencia como el promedio entre las alturas de ambos umbrales.

Considerando lo anterior, se opta por el tercer criterio adoptando la cota del umbral mayor que a su vez está más próximo a la altura de referencia del aeródromo (criterio dos), con lo que según antecedentes topográficos y de proyecto se tiene:

- Para la pista principal en un largo de 2.501m, la altura de referencia se considera igual a 525,36m, siendo esta la cota del eje en el extremo poniente (U09) que supera solo en 0,36m a la altura indicada en AIP según Resolución de Funcionamiento RES EX N° 09/2/1/0503 del 2013. Lo anterior conllevará que para el umbral 27 las alturas serán menos restrictivas, ya que por estar más bajo que esta cota; según se ve en la tabla 3.1, tendrá mayor holgura en las alturas de restricción.
- Para la pista secundaria (Alfa) la altura de referencia se considera igual a 522,46m que corresponde a la cota del umbral mayor, siendo; al igual que para pista principal, el umbral 09. De forma similar algunas de las superficies serán menos restrictivas para el umbral contrario, por encontrarse 15m aprox. por debajo de la anterior

A continuación, se incluye una figura esquemática del emplazamiento de ambas pistas.

Figura 4.14: Planta esquemática



Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.1 SUPERFICIE HORIZONTAL INTERNA (SHI)

La superficie horizontal interna se define como una superficie situada en un plano horizontal sobre un aeródromo y sus alrededores. Su finalidad es proteger el espacio aéreo para el circuito visual dentro del cual la aeronave debe volar antes de aterrizar, posiblemente después de haber descendido a través de las nubes.

Dos parámetros definen la superficie horizontal interna: su forma geométrica en planta y su altura o elevación.

La protección del circuito visual para las aeronaves más lentas que utilizan pistas relativamente cortas puede lograrse mediante una superficie horizontal interna circular única con un centro en la mitad de pista.

No obstante, cuando aumenta la velocidad de la aeronave, puede ser necesario adoptar una configuración de hipódromo y utilizar arcos circulares con centro en los extremos de las pistas, unidos por rectas tangentes.

La altura de la superficie horizontal interna regirá varias de otras superficies limitadoras y se encontrará por encima de la altura de referencia para la elevación que se fije para ello.

Para el caso en evaluación, la superficie horizontal interna establece una configuración de hipódromo, con la altura del umbral mayor (altura de referencia) más 45m y con radio de 4.000m.

4.2.2.2 SUPERFICIE CONICA (SC)

La superficie cónica se define como una superficie de pendiente ascendente y hacia afuera, que se extiende desde la periferia de la superficie horizontal interna, e igual que ocurría con esta última, su finalidad es proteger el espacio aéreo para el circuito visual dentro del cual la aeronave debe volar antes de aterrizar

Dicha superficie, como su nombre indica, tiene una forma similar a la de un cono, y sus límites corresponden con un borde inferior que coincide con la periferia de la superficie horizontal interna y un borde superior situado a una altura determinada.

La superficie cónica queda definida por dos parámetros; la pendiente de la superficie y la altura que alcanza la misma.

Para el caso en evaluación, la superficie cónica comienza en el radio de la SHI y termina, según pendiente del 5% en un radio exterior de 5.500m con altura de 75m por sobre la superficie horizontal interna para la pista clave 3 visual y pendiente del 5%, radio exterior 6.000m y altura de 100m sobre la SHI para la pista clave 4 instrumental no precisión.

4.2.2.3 SUPERFICIE DE APROXIMACION (SA)

La superficie de aproximación define la parte del espacio aéreo que debería mantenerse libre de obstáculos para proteger a las aeronaves durante la fase final de la maniobra de aproximación para el aterrizaje.

Esta se desarrolla longitudinalmente con inclinación especificada y ancho que varía según la divergencia a medida que se aleja del umbral adoptando una forma de cono con base plana, con su lado más ancho en la zona más alejada del umbral.

Esta superficie se define como un plano inclinado anterior al umbral, cuyos límites quedan establecidos por:

- Un borde interior de longitud especificada, horizontal y perpendicular al eje de pista, situado a una distancia determinada antes del umbral.
- Dos lados que parten de los extremos del borde interior y divergen uniformemente en un ángulo determinado respecto a la prolongación del eje de pista.
- Un borde exterior, paralelo al borde interior y ubicado a una altura determinada.

Para el caso en evaluación, pista clave 4 instrumental no precisión la superficie de aproximación comienza a 60m de cada umbral, a la cota de cada umbral y tiene 3 secciones:

- la 1ra sección de 3.000m a una cota sobre el umbral de 60m y con un ancho final de 1.200m
- la 2da sección de 3.600m partiendo desde la altura anterior hasta 90m por sobre esta y con un ancho final de 2.280m
- la 3ra sección u horizontal, de 8.400m, con igual altura que el término de la 2da sección (150m sobre el umbral) y un ancho final de 4.800m.

En tanto que, para el caso en evaluación, pista clave 3 visual la superficie de aproximación comienza a 60m de cada umbral, a la cota de cada umbral y tiene únicamente una sección:

- la 1ra sección de 3.000m a una cota sobre el umbral de 100m y con un ancho final de 750m

4.2.2.4 SUPERFICIE DE TRANSICION (ST)

La superficie de transición define la parte del espacio aéreo que debería mantenerse libre de obstáculos para proteger las maniobras en pista en la fase final de las maniobras de aproximación para el aterrizaje y en general para limitar las alturas fijas o móviles en las proximidades de pista, en toda su longitud mediante un plano inclinado en los costados de pista a partir de la franja hasta llegar a la superficie horizontal interna.

Esta superficie se define como una superficie compleja que se extiende a lo largo del borde de la franja y parte del borde la superficie de aproximación, de pendiente ascendente y hacia afuera, hasta alcanzar la superficie horizontal interna. Sus límites son:

- Un borde inferior que comienza en la intersección del borde de la superficie de aproximación con la superficie horizontal interna, y que se extiende siguiendo el borde de la superficie de aproximación hasta el borde interior de dicha superficie y, desde allí, por toda la longitud de la franja, paralelamente a pista.
- Un borde superior situado en el plano de la superficie horizontal interna al que se llega mediante un ángulo específico.

Para el caso en evaluación, el ancho mayor de la superficie de transición se cumplirá en el umbral más bajo; hasta alcanzar la superficie horizontal interna. Ello implica que en este extremo la máxima altura estará más lejana a pista en comparación al umbral más alto, tendiendo por tanto este último a una mayor restricción en la ubicación de elementos que superen el plano inclinado resultante. La pendiente de ascenso de esta superficie para número clave 3 y 4, tanto para aproximación visual como instrumental de no precisión será de 14,3%.

4.2.2.5 SUPERFICIE DE ASCENSO EN EL DESPEGUE (SAD)

Esta superficie tiene como finalidad proporcionar protección para las aeronaves durante el despegue, indicando que obstáculos deberían eliminarse, si ello es posible, o señalarse o iluminarse si la eliminación es imposible. Esta se desarrolla; al igual que la superficie de aproximación, longitudinalmente con inclinación especificada y ancho que varía según la divergencia a medida que se aleja del umbral adoptando una forma combinada de cono con base plana con su lado más ancho en la zona más alejada del umbral y continua en ese ancho adoptando una rectangular en su tramo final.

Esta superficie se define como un plano inclinado ubicado al final de pista, cuyos límites quedan establecidos por:

- Un borde interior de longitud especificada, horizontal y perpendicular al eje de pista, situado a una distancia determinada al final de pista. Este borde se encuentra a la altura que le corresponda a cada uno de los umbrales.

- Dos lados que parten de los extremos del borde interior y divergen uniformemente en un ángulo determinado respecto a la prolongación del eje de pista.
- Un borde exterior, paralelo al borde interior y ubicado a una altura determinada.

Para el caso en evaluación, la superficie de ascenso en el despegue comienza a 30m de cada umbral, coincidentemente con el borde de la franja de pista, avanzando con una pendiente del 5% y divergencia del 10%, comenzando a la cota de cada umbral y termina a una distancia de 1.600 en una cota sobre el umbral de 80m.

4.2.2.6 RESUMEN SLO

Tabla 4.12: Resultados asociados a escenarios en evaluación situación con proyecto

N°	SUPERFICIES Y DIMENSIONES	UN	PISTA PPAL	PISTA SECUNDARIA
			APROX. INSTRUMENT. NO PRECISIÓN	APROX. VISUAL
			NÚMERO CLAVE	NÚMERO CLAVE
			4	3
	LONG PISTA	M	2501	2200
	PEND. PISTA	%	0,68	0,70
	ALTURA REFERENCIA	m	525,36	522,46
	UMBRAL MIN	m	508,36	507,02
	UMBRAL MAX	m	525,36	522,46
1	CÓNICA (SC)			
	Pendiente	%	5%	5%
	Altura	m	100	75
	Cota final según Href		670,36	642,46
	Ancho desde SHI	m	2000	1500
	Ancho total	m	6000	5500
2	HORIZONTAL INTERNA (SHI)			
	Altura (desde cota referencia)	m	45	45
	Radio	m	4000	4000
	Cota SHI según Href		570,36	567,46
4	APROXIMACIÓN (SA)			
	Long. borde interior	m	300	150
	Distancia desde umbral	m	60	60
	Divergencia (c/lado)	%	15%	10%
4.1	1ra sección			
	Longitud	m	3000	3000
	Pendiente	%	2%	3,33%
	Alto (desde c/umbral)	m	60	99,9
	Cota final Umín		568,36	606,92
	Cota final Umáx		585,36	622,36
	Ancho c/lado	m	450	300
	Ancho total	m	1200	750
	Largo intersec. SHI Umín Href		3080	1815,02
	Largo intersec. SHI Umáx Href		2250	1351,35
4.2	2da sección			
	Longitud	m	3600	
	Pendiente	%	2,5%	
	Alto relativo	m	90	
	Alto total	m	150	
	Cota final Umín	m	658,36	
	Cota final Umáx	m	675,36	
	Ancho c/lado	m	450	
	Ancho total	m	2280	
4.3	3ra sección horizontal			
	Longitud	m	8400	
	Longitud total	%	15000	

N°	SUPERFICIES Y DIMENSIONES	UN	PISTA PPAL	PISTA SECUNDARIA
			APROX. INSTRUMENT. NO PRECISIÓN	APROX. VISUAL
			NÚMERO CLAVE	NÚMERO CLAVE
			4	3
	Ancho c/lado	m	1260	
	Ancho total	m	4800	
	Cota final Umín	m	658,36	
	Cota final Umáx	m	675,36	
5	DE TRANSICIÓN (ST)			
	Pendiente	%	14,3%	14,3%
	Altura (SHI Href)	m	45	45
	Ancho máx desde franja para SHI 45	m	314,7	314,7
	Distancia por cada 1m que sube		7	7
	Cota final Href		570,36	567,46
	Ancho final Umín (Href)		433,6	422,7
	Ancho final Umáx (Href)		314,7	314,7
8	ASCENSO EN DESPEGUE (SAD)			
	Long. borde interior	m	180	180
	Distancia desde umbral	m	60	60
	Divergencia (c/lado)	%	12,5%	12,5%
	Ancho c/lado	m	810	510
	Anchura final	m	1800	1200
	Largo ensanche c/lado	m	6480	4080
	Largo recto	m	8520	10920
	Longitud total	m	15000	15000
	Pendiente	%	2%	2%
	Alto total (desde c/umbral)	m	300	300
	Cota final Umín		808,36	807,02
	Cota final Umáx		828,36	822,46

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3 Interferencias con las Superficies Limitadoras de Obstáculos

Una vez definidas las superficies limitadoras de obstáculos se procede a analizar si algún objeto u elemento orográfico intercepta dichas superficies para la pista principal de 2501m y la pista secundaria de 2200m.

Para una mejor identificación, será necesario analizar una a una las superficies, comenzando por el entorno cercano, hasta llegar a las extremas, en los radios exteriores.

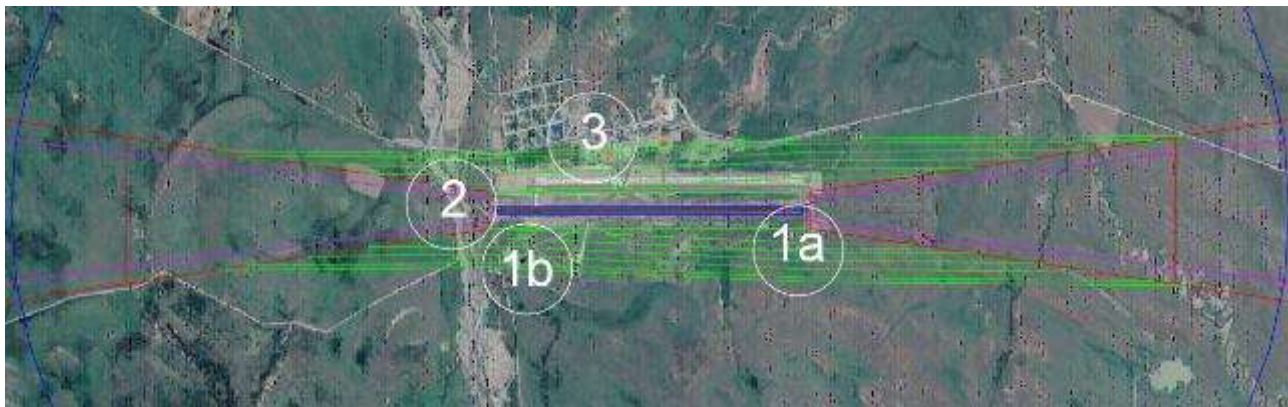
4.2.3.1 SUPERFICIE DE APROXIMACIÓN (SA), SUPERFICIE DE ASCENSO EN EL DESPEGUE (SAD) Y SUPERFICIE DE TRANSICIÓN (ST) (ENTORNO CERCANO)

En este caso; ambas SLO de extremos de pista (SA y SAD) limitan desde los bordes de franja hasta una distancia de 15.000m a partir de los 60m de cada umbral con una pendiente ascendente que termina 150m sobre cada umbral para SA y 300m para SAD. Estas definen el espacio para la maniobra final de aproximación en aterrizaje, o de ascenso en el despegue.

Respecto a la ST, definida como la superficie que debe mantenerse libre para las maniobras en pista en aterrizaje y para limitar las alturas fijas o móviles a los costados de pista, en ambas pistas aumenta en una pendiente del 14,3% desde el borde de franja, que para pista será a los 150m del eje y para Alfa a 75m de su eje.

4.2.3.1.1 PISTA PRINCIPAL 2501M

Figura 4.15: Planta con identificación de potenciales obstáculos para SA, SAD y ST pista principal



Fuente: Elaboración Propia

Según se ve, al costado sur-oriente existe una elevación del terreno, que estaría vulnerando la ST (1a). Es así como al término de pista; hacia el umbral 27, el inicio de la ST al borde de franja (150m del eje de pista) la superficie ya se encuentra por sobre la cota de pista a esta altura. Similar escenario se replica hacia el umbral 09 (1b), sin embargo, en este sector las alturas sobrepasan la SHI, pero más allá del término de la ST, por lo que se considerarían en un entorno más lejano.

Una segunda situación (2), ocurre en el extremo poniente de pista, hacia el umbral 09. Esta no se ocasiona por curvas de terreno sino por elementos móviles. Tal como fue indicado en la etapa de diagnóstico, la SLO de aproximación o ascenso en el despegue es vulnerada por vehículos que circulan por el camino existente pasado el cerco perimetral situado a 70m aprox. de distancia desde el borde de la franja de pista medida por el eje de la misma.

Finalmente se analiza la potencial interferencia de la torre de control (3), la que según datos topográficos y planos as built. para el caso de pista esta instalación se encuentra por debajo de la ST

4.2.3.1.2 PISTA SECUNDARIA 2200M

Figura 4.16: Planta con identificación de potenciales obstáculos para SA, SAD y ST pista secundaria (Alfa)



Fuente: Elaboración Propia

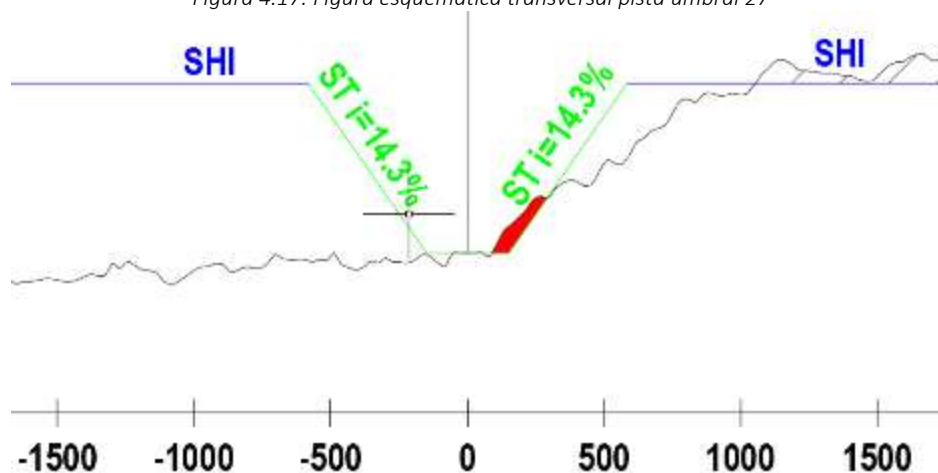
Para Alfa como pista únicamente se tiene el obstáculo; en el entorno cercano, de la torre de control (3). Esta se encuentra vulnerando la ST, situación que fue evidenciada en planos as built y confirmada con antecedentes topográficos actuales.

4.2.3.1.3 FIGURAS ESQUEMATICAS ELEMENTOS EN SA, SAD Y ST

A continuación, se presentan algunas de las potenciales obstrucciones referentes a las SA, SAD y/o ST.

a) Elemento/situación 1a

Figura 4.17: Figura esquemática transversal pista umbral 27

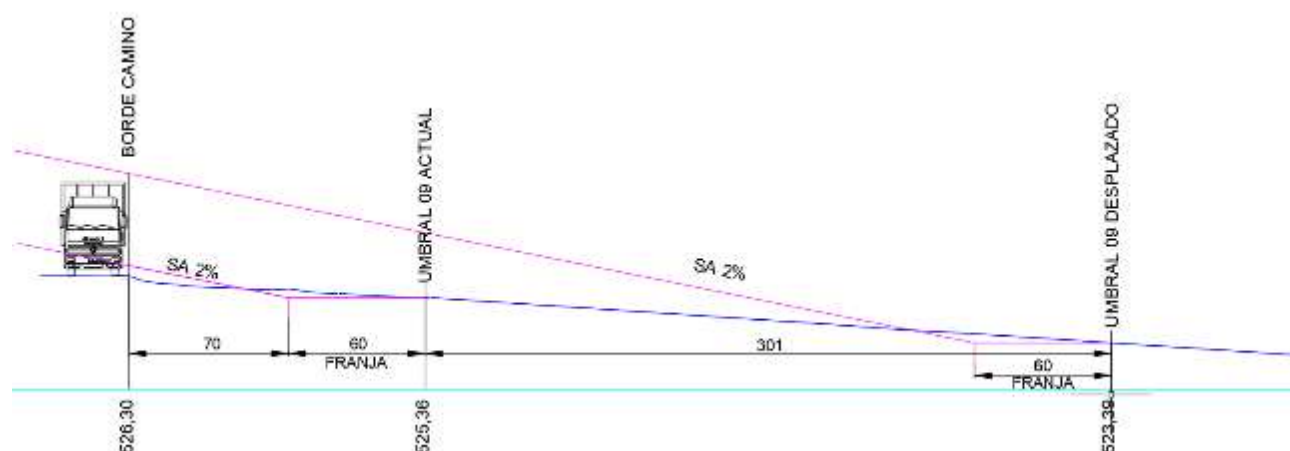


Fuente: Elaboración Propia

En esta figura se aprecia como una parte del terreno que sube hacia el sur, interfiere la ST. Al alejarse del costado de pista, el terreno interfiere la SHI y posteriormente la SC, lo que se muestra en el análisis de entorno general.

b) Elemento/situación 2

Figura 4.18: Figura esquemática longitudinal pista umbral 09¹⁷



Fuente: Elaboración Propia

En la figura se visualiza un vehículo móvil de 4m aprox. transitando por el camino que bordea el deslinde el recinto aeroportuario hacia el extremo poniente. Considerando que dicho camino se encuentra por sobre la cota del umbral 09, la

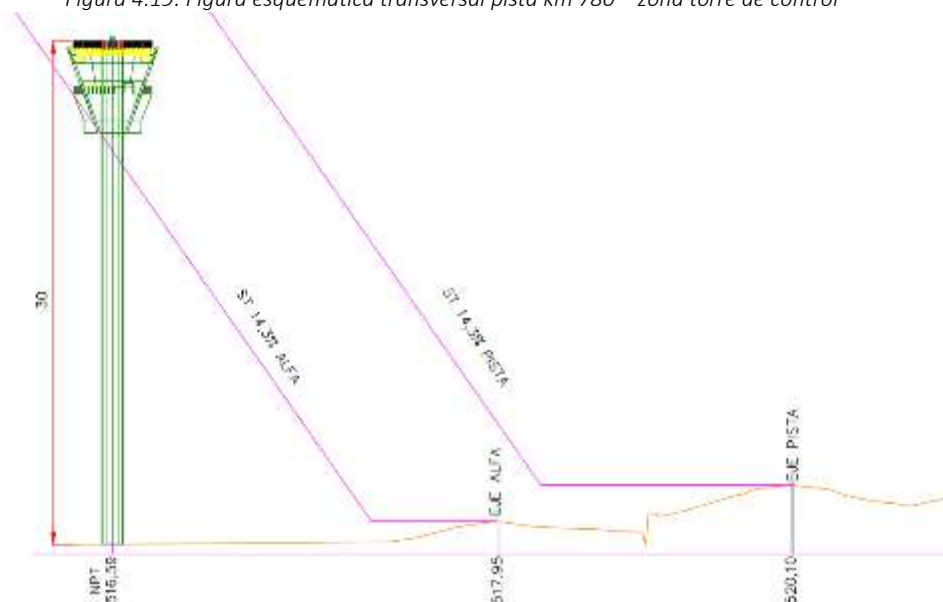
¹⁷ La escala de los esquemas está ampliada 10 veces en sentido vertical.

situación es más crítica, puesto que da menor posibilidad de acción, puesto que cualquier elemento transitando por este camino es potencial obstrucción. Ello debido a la cercanía del umbral al deslinde aeroportuario y el nivel del entorno.

Tal como se planteó en antecedentes de licitación, la única manera de solucionar esta situación será con un desplazamiento del umbral, tal como se muestra en la figura anterior.

c) Elemento/situación 3

Figura 4.19: Figura esquemática transversal pista km 780 – zona torre de control¹⁸



Fuente: Elaboración Propia

Según esta figura la pista no tendría problemas con la altura de la torre ubicada aprox. a 405m del eje de pista. La vulneración ocurre con Alfa actuando como pista, con ubicación de la torre a 229m del eje de Alfa. La vulneración tomada en el eje de la edificación es de aprox. 6,4m, lo que se condice con los planos as built Besalco (2017).

4.2.3.2 SUPERFICIE DE APROXIMACIÓN (SA), SUPERFICIE DE ASCENSO EN EL DESPEGUE (SAD) Y SUPERFICIE HORIZONTAL INTERNA (SHI) Y SUPERFICIE CONICA (SC) (ENTORNO GENERAL)

Las dos primeras, tal como se mencionó anteriormente, tienen una longitud de 15.000m desde el borde de franja. Se analizan las zonas extremas de estas figuras.

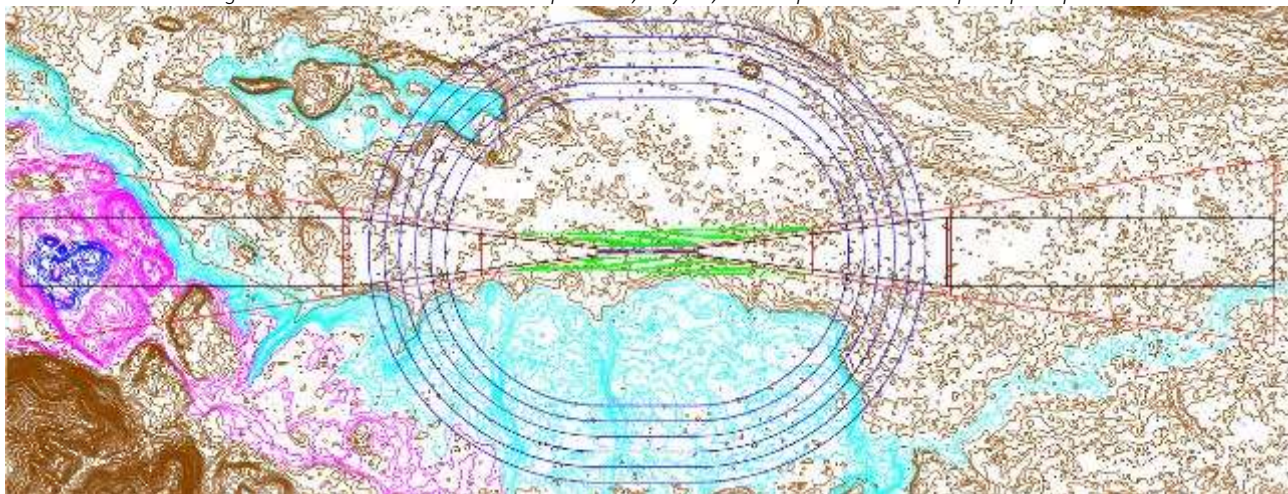
La SHI se encuentra en un plano horizontal a una altura de 45m sobre la altura de referencia y forma una especie de elipse o círculo sobre el recinto aeroportuario, protegiendo el espacio visual previo al aterrizaje.

Luego la SC nace desde la SHI bordeándola con una cierta inclinación y llegando en este caso a una altura 100m sobre la SHI en pista y 75m sobre la SHI en Alfa como pista.

¹⁸ La escala de los esquemas está ampliada 10 veces en sentido vertical.

4.2.3.2.1 PISTA PRINCIPAL 2501M

Figura 4.20: Potenciales obstáculos para SHI, SC y SA, SAD en partes extremas pista principal



Fuente: Elaboración Propia en base a Global Mapper

De la imagen anterior se diferencian 4 colores de curvas de nivel:

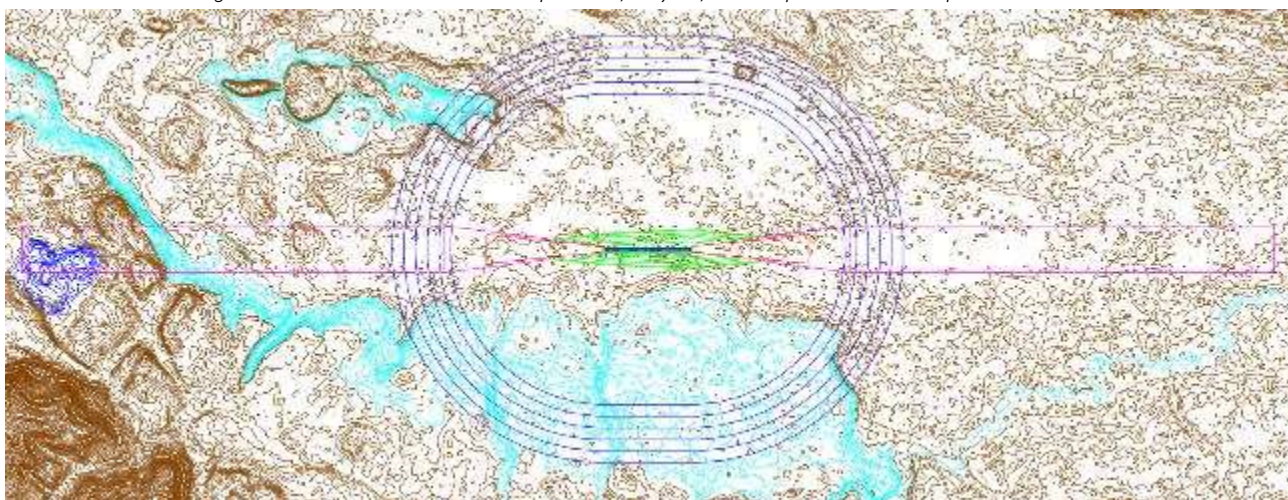
- Las curvas de color café no presentan vulneración a las SLO
- Las curvas de color cian representan vulneración ya sea a la SHI y/o a la SC, esto obviamente dentro de la circunvalación de estas superficies. Mas allá de estas no tienen incidencia en el análisis
- Las curvas de color magenta presentan vulneración a la SA en la trayectoria de esta superficie
- Finalmente, las curvas de color azul presentan vulneración a la SA y SAD, siendo estas curvas las de mayor altura.

Como puede observarse, y tal como fue mencionado, existe mayor vulneración más allá de la ST en la SHI y SC en el costado sur de pista. Así mismo, en el extremo poniente de la SA y SAD también existen una diferencia de alturas respecto a pista, que involucra interferencia en estas superficies.

Se entiende que, por tratarse de la orografía del terreno, no se contempla modificación y ajuste del terreno para evitar estas vulneraciones.

4.2.3.2.2 PISTA SECUNDARIA 2200M

Figura 4.21: Potenciales obstáculos para SHI, SC y SA, SAD en partes extremas pista secundaria



Fuente: Elaboración Propia

Al igual que en el caso anterior, se diferencian las curvas de nivel por color. En este análisis hay 3:

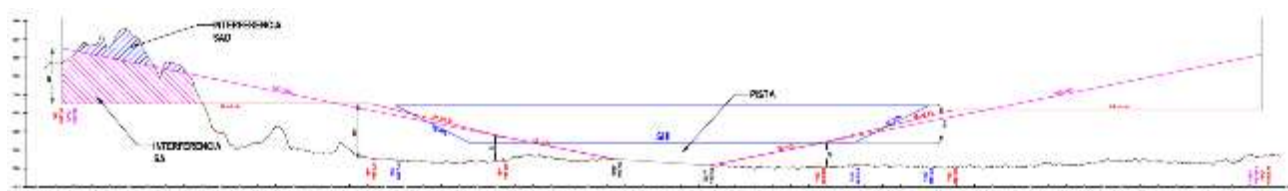
- Las curvas de color café no presentan vulneración a las SLO
- Las curvas de color cian representan vulneración ya sea a la SHI y/o a la SC, esto obviamente dentro de la circunvalación de estas superficies. Mas allá de estas no tienen incidencia en el análisis
- Finalmente, las curvas de color azul presentan vulneración a la SAD, siendo estas curvas las de mayor altura.

Aquí, por la corta extensión de la SA (únicamente 3000m), no existe vulneración en dicha superficie, por lo que no se contemplan curvas de color magenta como el caso anterior.

Al igual que en pista principal, las alturas en el costado sur interfieren con las SHI y/o SC para Alfa como pista y una leve porción de la SAD en el extremo poniente también es vulnerado por la geografía del entorno lejano.

4.2.3.2.3 FIGURAS ESQUEMATICAS ELEMENTOS EN SHI, SC, SA Y SAD

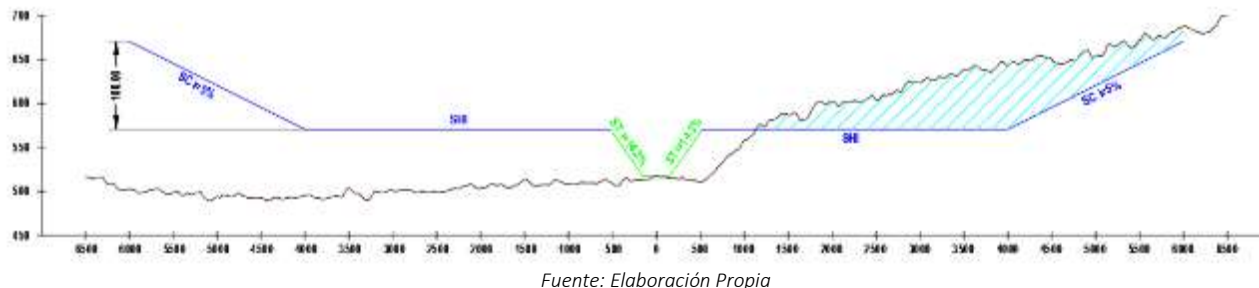
Figura 4.22: Perfil longitudinal pista principal



Fuente: Elaboración Propia

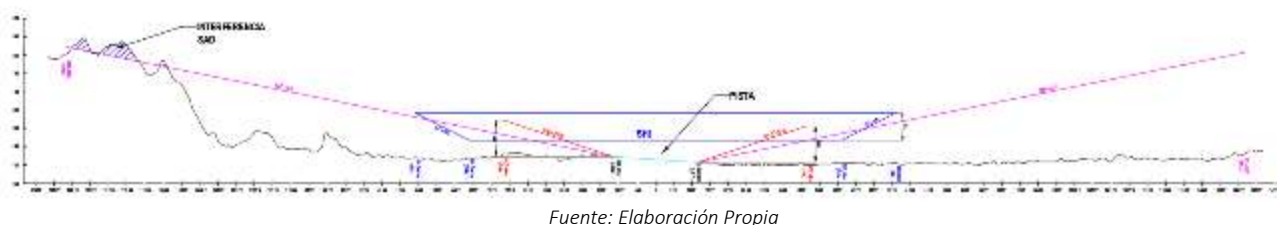
Tal como se indicó en figura en planta, existe vulneración de la SAD hacia el extremo poniente de ésta (color azul) y de SA en el mismo sector (color magenta).

Figura 4.23: Perfil transversal pista principal



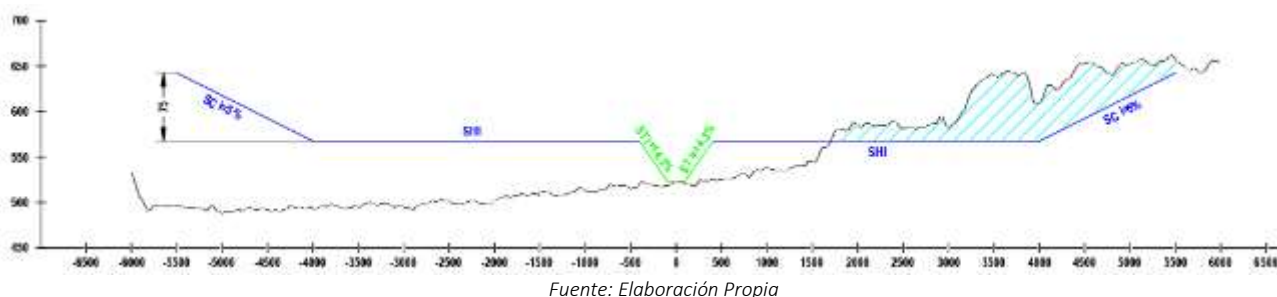
En este caso se visualiza la interferencia (color cian) de la SHI y SC hacia el costado sur de pista. En este caso la vulneración ocurre, más allá de la ST.

Figura 4.24: Perfil longitudinal pista secundaria



En forma similar al caso de pista principal y tal como se indicó en figura en planta, existe vulneración de la SAD hacia el extremo poniente de ésta (color azul).

Figura 4.25: Perfil transversal pista secundaria



En este caso se visualiza; al igual que en pista principal, la interferencia (color cian) de la SHI y SC hacia el costado sur de Alfa como pista. En este caso la vulneración ocurre, más allá de la ST.

4.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO

4.3.1 Introducción

A continuación, como parte del desarrollo de la Sub Etapa 2.B, se presentan en este apartado los resultados del estudio hidrológico, con el cual se determina la precipitación de diseño, que permite el posterior dimensionamiento de las obras hidráulicas involucradas en el proyecto. Se señala además el tipo de solución de aguas lluvias a implementar y el caudal de diseño referencial, todo lo cual es ajustado en la etapa 3 de Ingeniería de detalles.

4.3.2 Alcances

El alcance de esta sección corresponde a la determinación de la precipitación de diseño para el periodo de retorno adecuado para la infraestructura horizontal del aeródromo de Balmaceda. Lo anterior se desarrolla en base a precipitaciones históricas de una estación meteorológica, que, por su ubicación y número de datos disponibles, sea representativa de las condiciones climatológicas del lugar donde se emplaza el aeródromo.

En forma adicional, se señala en forma referencial la solución de aguas lluvias a implementar, así como el caudal de diseño asociado al periodo de retorno utilizado para el diseño de las obras. Tanto la solución como el caudal pueden variar, dependiendo de las definiciones que entregue la especialidad de pavimentos.

4.3.3 Normativa

El desarrollo de esta sección se basa en la normativa y/o antecedente que se indica a continuación:

- Precipitaciones máximas en 1, 2 y 3 días – Dirección general de aguas – 1989. (1)
- Manual de carreteras – Volumen 3 – Ministerio de obras públicas – 2020. (2)
- Guía de diseño y especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvias – Minvu – 2005. (3)
- Advisory Circular AC-150-5320-5D- Air drainage design FAA US DT – 2013. (4)

4.3.4 Antecedentes

Como antecedentes para el desarrollo del presente capítulo, se hace uso de la Información meteorológica estación AD_Balmaceda – Precipitaciones máximas en 24 horas período 1991-2020.

4.3.5 Estudio Hidrológico

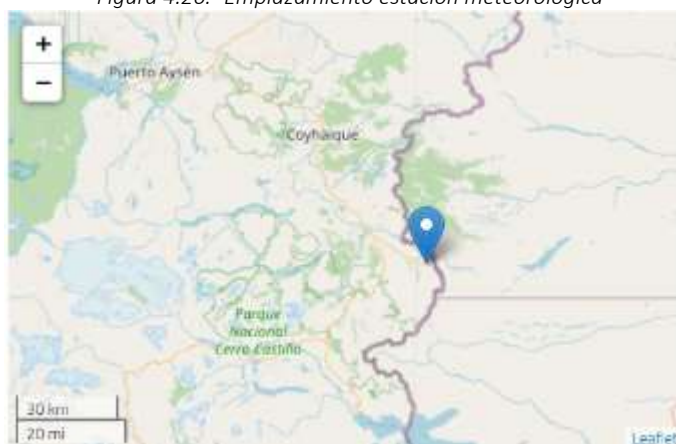
4.3.5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Se determinó la precipitación de diseño con el fin de conocer la escorrentía superficial producto de las lluvias, y así poder proyectar las obras de drenaje que cumplan el propósito de evacuar el agua superficial, asegurando la estabilidad de las obras y mantener su serviciabilidad durante el período para el cual se han diseñado.

4.3.5.2 DATOS PRECIPITACIONES

El Aeródromo de Balmaceda cuenta con la estación meteorológica en sus instalaciones, código 450005, la cual presenta información de precipitaciones máximas en 24 horas dentro del periodo 1991-2020. El año 2021 no se utiliza dentro de la información, dado que presenta una importante cantidad de días sin mediciones. El análisis realizado muestra que, en los últimos años, existe una tendencia a la baja de las precipitaciones por lo cual no considerar el año 2021 no afecta al resultado. El valor encontrado en la siguiente sección, se aproxima a las isoyetas del sector.

Figura 4.26.- Emplazamiento estación meteorológica



Fuente: <https://climatologia.meteochile.gob.cl/>

Las precipitaciones consideradas en el estudio, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 4.13: Precipitaciones máximas en 24 horas

Año	PP (mm)
1991	31.7
1992	20.9
1993	28.8
1994	33.5
1995	43.3
1996	72.8
1997	30.7
1998	59
1999	75.9
2000	41.3
2001	39.4
2002	27.3
2003	50.4
2004	35
2005	29.2
2006	24.4
2007	21.2
2008	40
2009	51.4
2010	72
2011	32.2
2012	58
2013	52
2014	39.4
2015	61.6
2016	55.8
2017	50.5
2018	34.6
2019	36
2020	32

Fuente: Elaboración Propia

4.3.5.3 FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN

Para determinar la precipitación de 24 horas de duración y período de retorno de 10 años, se aplican una serie funciones de distribución de probabilidad recomendadas en el Manual de Carreteras Volumen 3 en el punto 3.702.302, aplicables a estudio de hidrología. De estas funciones recomendadas, se determinarán la función Normal, Log Normal y Gumbel.

Ahora bien, la variable “P” precipitación a determinar se encuentra contenida dentro de las expresiones de las funciones mencionadas, por lo cual se muestra a continuación las funciones ya despejadas (invertidas).

Las fórmulas directas y las variables de las funciones de distribución determinadas se encuentran en el Anexo A “Formulas Funciones de Distribución” del mismo documento.

4.3.5.3.1 DISTRIBUCIÓN NORMAL

Al aplicar la distribución normal a los datos de precipitaciones de la estación meteorológica, se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 4.14: Resumen resultados distribución normal.

Parámetros estadísticos	Distribución Normal	Unidad	Descripción
μ	42.7	mm	Media precipitaciones
σ	15.4	-	Desviación estándar precipitaciones
T	10	años	Periodo de retorno
p	0.1	-	Probabilidad de ocurrencia
w	2.15	-	
z	1.28	-	
K_T	1.28	-	Factor de frecuencia
X_T	62.4	mm	Precipitación al periodo de retorno T

Fuente: Elaboración Propia

4.3.5.3.2 DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL

Al aplicar la distribución log normal a los datos de precipitaciones de la estación meteorológica, se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 4.15: Resumen resultados distribución log normal.

Parámetros estadísticos	Distribución Log Normal	Unidad	Descripción
μ	3.7	mm	Media logaritmo precipitaciones
σ	0.4		Desviación estándar logaritmo precipitaciones
T	10	años	Periodo de retorno
p	0.1		Probabilidad de ocurrencia
w	2.15		
z	1.28		
K_T	1.28		Factor de frecuencia
X_T	63.3	mm	Precipitación al periodo de retorno T

Fuente: Elaboración Propia

4.3.5.3.3 DISTRIBUCIÓN DE GUMBEL

Al aplicar la distribución Gumbel a los datos de precipitaciones de la estación meteorológica, se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 4.16: Resumen resultados distribución Gumbel.

Parámetros estadísticos	Distribución Gumbel	Unidad	Descripción
μ	42.7	mm	Media precipitaciones
σ	15.4		Desviación estándar precipitaciones
T	10.0	años	Periodo de retorno
p	0.1		Probabilidad de ocurrencia
w	2.15		
K_T	1.30		Factor de frecuencia
X_T	62.7	mm	Precipitación al periodo de retorno T

Fuente: Elaboración Propia

4.3.5.3.4 RESUMEN RESULTADOS APLICACIÓN MODELOS PROBABILÍSTICOS

El resumen de los valores asociados a las precipitaciones producto de la aplicación de los modelos de distribución seleccionados se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.17: Resumen precipitaciones máximas diarias con duración de 24 horas y 10 años de periodo de retorno.

Distribución	P_{24}^{10} (mm)
Normal	62.4
Log normal	63.3
Gumbel	62.7

Fuente: Elaboración Propia

4.3.5.4 PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

A los resultados obtenidos en el punto anterior, se aplica la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov. La prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada y la estimada.

En la prueba de bondad se utiliza las funciones de distribución acumulada de las expresiones mencionadas.

Tabla 4.18: Resumen prueba de bondad de ajuste.

m	Precipitación (mm)	Fo(Xm)	Log Normal		Gumbel		Normal	
			F(xm)	Fo(Xm)-F(xm)	F(xm)	Fo(Xm)-F(xm)	F(xm)	Fo(Xm)-F(xm)
1	75.90	0.97	0.96	0.00	0.95	0.02	0.98	0.02
2	72.80	0.94	0.95	0.02	0.94	0.00	0.98	0.04
3	72.00	0.90	0.95	0.05	0.93	0.03	0.97	0.07
4	61.60	0.87	0.89	0.01	0.86	0.01	0.89	0.02
5	59.00	0.84	0.86	0.02	0.84	0.00	0.86	0.02
6	58.00	0.81	0.85	0.04	0.82	0.02	0.84	0.03
7	55.80	0.77	0.82	0.05	0.80	0.02	0.80	0.03
8	52.00	0.74	0.77	0.02	0.74	0.00	0.73	0.01
9	51.40	0.71	0.76	0.05	0.73	0.02	0.72	0.01
10	50.50	0.68	0.74	0.06	0.72	0.04	0.69	0.02
11	50.40	0.65	0.74	0.09	0.72	0.07	0.69	0.05
12	43.30	0.61	0.58	0.03	0.57	0.04	0.52	0.10
13	41.30	0.58	0.53	0.05	0.52	0.06	0.46	0.12
14	40.00	0.55	0.50	0.05	0.49	0.06	0.43	0.12
15	39.40	0.52	0.48	0.04	0.48	0.04	0.42	0.10
16	39.40	0.48	0.48	0.00	0.48	0.01	0.42	0.07
17	36.00	0.45	0.38	0.07	0.39	0.06	0.33	0.12
18	35.00	0.42	0.35	0.07	0.36	0.06	0.31	0.11
19	34.60	0.39	0.34	0.05	0.35	0.04	0.30	0.09
20	33.50	0.35	0.31	0.05	0.32	0.03	0.28	0.08
21	32.20	0.32	0.27	0.05	0.29	0.04	0.25	0.08
22	32.00	0.29	0.26	0.03	0.28	0.01	0.24	0.05
23	31.70	0.26	0.25	0.00	0.27	0.02	0.24	0.02
24	30.70	0.23	0.23	0.00	0.25	0.02	0.22	0.01
25	29.20	0.19	0.19	0.01	0.21	0.02	0.19	0.00
26	28.80	0.16	0.18	0.01	0.20	0.04	0.18	0.02
27	27.30	0.13	0.14	0.01	0.17	0.04	0.16	0.03
28	24.40	0.10	0.08	0.02	0.11	0.01	0.12	0.02
29	21.20	0.06	0.04	0.03	0.06	0.00	0.08	0.02
30	20.90	0.03	0.03	0.00	0.06	0.03	0.08	0.05
D			0.09		0.07		0.12	

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente tabla resume los resultados de la prueba de bondad de ajuste aplicado a las distribuciones de probabilidad.

Tabla 4.19: Resultados prueba de bondad de ajuste

Distribución	D	d	Verificación
Normal	0.12	0.24	Se acepta
Log Normal	0.09	0.24	Se acepta
Gumbel	0.07	0.24	Se acepta

Fuente: Elaboración Propia

A partir de la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov, se determina que las tres distribuciones se clasifican como aceptables. La distribución con mejor ajuste asociado a un D menor, corresponde a **Distribución de Gumbel**.

Finalmente, la precipitación de duración 24 horas y período de retorno de 10 años corresponde a **62,7 mm** aproximando el valor a **63,0 mm**.

4.3.5.5 CONSIDERACIONES POR CAMBIO CLIMÁTICO

Los efectos del cambio climático se han evidenciado a partir del año 2012, por lo cual la incorporación de las precipitaciones desde este año a la fecha no tiene un efecto tal que permita observar cambios al alza o a la baja en el cálculo de las precipitaciones de diseño, de hecho, el resultado obtenido en los cálculos es concordante con las isoyetas del sector informadas en la referencia 1, correspondiente a 60,0 mm.

Por otro lado, según documento “Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático 2017-2022” generado y publicado por el Ministerio de Obras Públicas, en el punto 1.2 señala lo siguiente:

Para analizar la conveniencia de incorporar criterios de Cambio Climático en las obras de infraestructura que ejecuta el Ministerio de Obras Públicas se desarrolló un primer acercamiento a través de una consultoría ejecutada el año 2012 por el Centro de Cambio Global de la Pontificia Universidad Católica de Chile, que determinó como primer punto de análisis la etapa en que dicha obra se encuentra. Así, en caso de que se encuentre en etapa de pre-factibilidad, factibilidad o diseño se plantea en la metodología una primera pregunta clave asociada a la vida útil de la obra. Si es que la obra es de corto plazo (podría ser menor a 10 años, por ejemplo) se propone simplemente seguir actualizando información de base en relación a condiciones hidroclimáticas y/o de vulnerabilidad de la obra o del servicio que provee. Si, por otra parte, el horizonte de vida de la obra es a largo plazo (mayor a 20 años) se propone incluir el Cambio Climático en la próxima etapa de la metodología.

Las obras de aguas lluvias asociadas a aeropuertos, como canales de conducción de aguas lluvias, colectores, drenes o cualquier obra de similares características presentan un ciclo de vida corto, producto de la continua renovación de las instalaciones, y, por tanto, no se incorpora el efecto de cambio climático, solo se utilizan los datos más actualizados, que permitan tener resultados que se acerquen de mejor forma a la realidad actual. En el caso del aeródromo en estudio, la renovación de las instalaciones se desarrolla en mayor tiempo, no obstante, el efecto del cambio climático no es relevante para la determinación de caudales de diseño y, por tanto, no se considera su efecto.

Con relación a los datos pluviométricos se observa que la línea de tendencia de precipitaciones máximas en 24 horas, a partir del año 2012, tiene una tendencia a la disminución en las precipitaciones.

Figura 4.27.- Línea de tendencia precipitaciones desde año 2012 a 2020.



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la zona en donde se emplaza el aeródromo corresponde a un sector con topografía de baja pendiente, sin aportes de cuencas navales, y, por tanto, los canales no reciben aguas cuyo origen sea derretimiento de nieve, salvo la proveniente de la nieve acumulada en la propia superficie del aeródromo.

4.3.6 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)

Como la información existente de las Estaciones pluviométricas del país es insuficiente para definir a través de ellas los coeficientes de duración que se utilizan en la determinación de las curvas IDF, se han adoptado los coeficientes de duración determinados para la estación Puerto Aysén, por ser la estación disponible más cercana al lugar en estudio. Ello, considerando que los coeficientes de duración son una representación de duración de las precipitaciones del sector, calculados en base a datos históricos de precipitaciones, y por tanto, no se pueden utilizar bibliografías y/o datos de otros países.

La siguiente figura muestra el emplazamiento de la estación meteorológica señalada.



Fuente: Manual de Carreteras – Volumen 3 - Figura 3.702.402.A

Para determinar las lluvias asociadas entre 10 minutos y 1 hora, se utilizan los factores de duración de Bell que se muestran en 3.703.404(2) A del Manual de Carreteras.

Las fórmulas utilizadas son:

$$I_t^T = \frac{1}{t} \cdot cd_t \cdot (cf)^T \cdot P_{24}^{10} \cdot k \quad \text{para } t \geq 1 h$$

$$I_t^T = \frac{1}{t} \cdot (cd)_1 \cdot (cd)_t \cdot (cf)^T \cdot P_{24}^{10} \cdot k \quad \text{para } 0 \leq t < 1 h$$

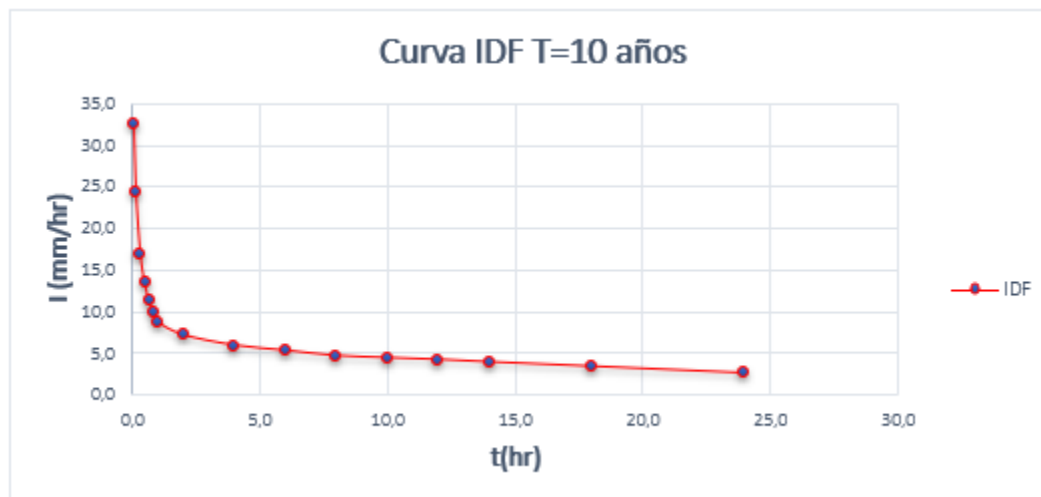
Donde:

- I : Intensidad de la precipitación.
- P : Precipitación.
- t : Duración precipitación.
- cd1 : Coeficiente de duración para 1 hora de lluvia.
- cdt : Coeficiente de duración para 0<t<1 hora.
- cfT : Coeficiente de frecuencia.
- K : coeficiente corrección por concentración de lluvias. Su valor es de 1,1 para zona centro y sur del país.

De acuerdo con el criterio FAA del acápite 2-2.4.3 especificado en el documento “UNIFIED FACILITIES CRITERIA (UFC)-SURFACE DRAINAGE DESIGN”, se recomienda considerar un periodo de retorno de 10 años para el diseño de obras de saneamiento en sectores de estacionamientos.

En el siguiente gráfico se muestra la curva IDF asociada a un periodo de retorno de 10 años

Figura 4.29.- Curva IDF



Fuente: Elaboración Propia

4.3.7 Solución Tentativa de Aguas Lluvias

La solución hidráulica de aguas lluvias, busca captar las aguas generadas por la infraestructura horizontal, tanto de sectores pavimentados como sectores de terreno natural, y conducir las gravitacionalmente a puntos de descarga existentes. Para definir la mejor solución, se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- En la actualidad el sistema de aguas lluvias del aeródromo está compuesto por canales abiertos, en general sin revestir, y que captan y conducen las aguas a cauces naturales.
- Existen canales que se encuentran en sectores de protección de pista (franja), los cuales deben ser sustituidos por tuberías soterradas que reciban el agua lluvia a partir de sumideros con rejillas.

Por lo anterior, la solución planteada para la presente ingeniería considera disponer de canales abiertos, siempre y cuando se encuentren fuera del área de protección de pista. Para las otras condiciones, se utilizarán tuberías soterradas, que reciben aguas lluvias a partir de sumideros.

4.3.8 Conclusión

A partir de las precipitaciones de la estación meteorológica AD_Balmaceda, se determina que la precipitación de diseño para un período de 10 años y 24 horas de duración corresponde a **63,0 mm**. El caudal de diseño para un periodo de 10 años corresponde a **1580 L/s**. Dada la solución actual utilizada para captar y conducir las aguas lluvias, así como su correcto funcionamiento, se privilegiará el uso de canales abiertos sin revestir en aquellos sectores fuera del área de protección de pista. Para otros sectores, se dispondrá de tuberías soterradas con sumideros.

4.4 ESTUDIO METEOROLÓGICO

4.4.1 Introducción

Como complemento de la Etapa 1, donde ya fue presentado un informe de recopilación de antecedentes meteorológicos, el alcance del documento consiste complementar y analizar la información meteorológica necesaria del lugar en el cual se encuentra emplazado el aeródromo de Balmaceda, valiéndose de la información de las siguientes variables meteorológicas:

- Pluviometría
- Temperaturas (Máximas, Mínimas y Medias)
- Dirección e Intensidad del Viento

De este alcance se desprende la labor de recolección de datos meteorológicos de la zona en estudio, las cuales servirán de base para la Etapa 2B: Ingeniería Básica.

En este análisis se han considerado como base los datos o registros meteorológicos provenientes de la estación meteorológica Balmaceda Ad. código nacional 450005, dispuestos en la sección de climatología de la DGAC. Adicionalmente se presentan antecedentes recopilados de estudios similares.

4.4.2 Información Meteorológica

El clima de Balmaceda es oceánico frío, con inviernos fríos (de junio a agosto) y veranos frescos (de diciembre a febrero). Está ubicado en el sur de Chile, cerca de la frontera con Argentina, a 500 metros sobre el nivel del mar aprox. y al sureste de Coyhaique. Al suroeste se encuentra el Parque Nacional Cerro Castillo, ocupado por montañas y lagos, mientras que más al sur se encuentra el lago General Carrera, el más grande de Chile, que en la parte argentina se llama Lago Buenos Aires.

La topografía en un radio de 3 kilómetros del aeródromo de Balmaceda contiene solamente variaciones modestas de altitud, con un cambio máximo de altitud de 132 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 533 metros. En un radio de 16 kilómetros contiene variaciones de altitud (1.251 metros aprox.), en tanto que en un radio de 80 kilómetros contiene variaciones más extremas de altitud (2.555 metros aprox.).

En la literatura existen variadas clasificaciones climáticas, a continuación, se incluye la clasificación según Wladimir Köppen, que cataloga el sector donde se ubica Balmaceda, como un clima templado con lluvias todo el año de código Cfs. Esto corresponderá a un sector donde se temperatura media (no máxima ni mínima) del mes más frío es inferior a 18°C y superior a -3°C, con lluvias estacionales, con presencia todo el año y una formación vegetal de bosque templado y matorral.

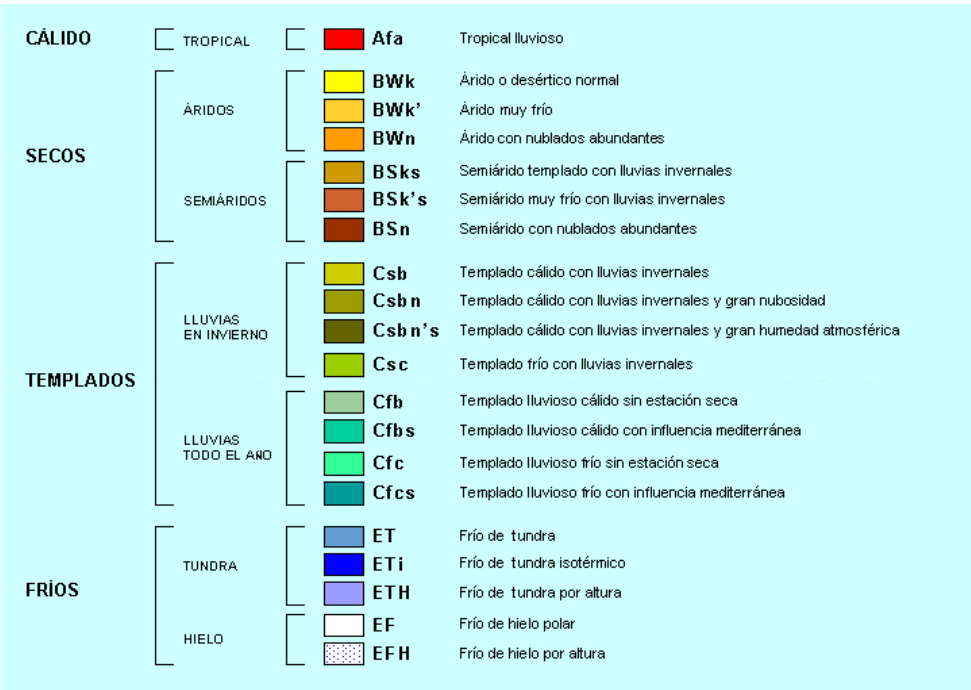
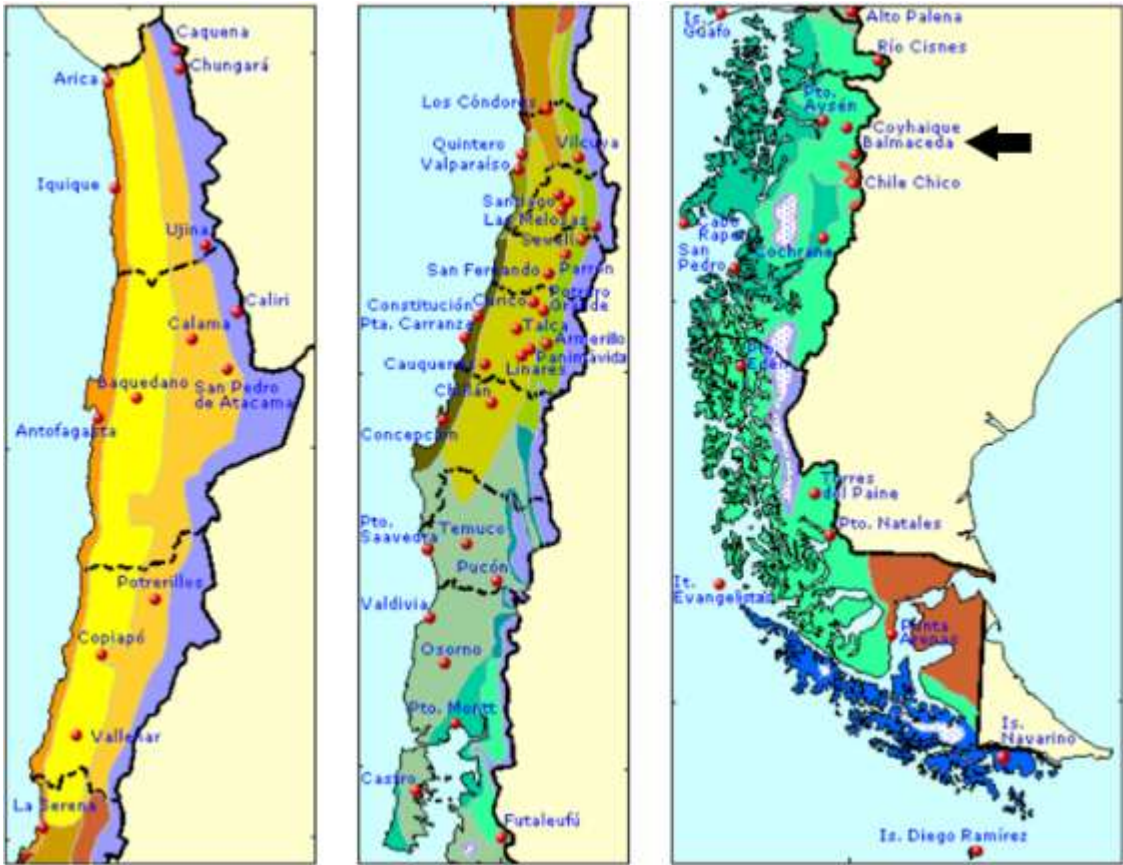
En combinación con lo anteriormente citado, se desglosan algunos de los principales parámetros climáticos con el fin de identificar las condiciones donde se emplaza el aeródromo.

En base a ello se puede indicar que, en Balmaceda, los veranos son frescos y relativamente secos, los inviernos son muy fríos y nevados y está ventoso y parcialmente nublado todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de -2°C a 18°C y rara vez baja a menos de -9°C o sube a más de 25°C.

En seguida se incluye un mapa climático de Chile y sus correspondientes clasificaciones sectoriales.



Figura 4.30: Diagrama climático



Fuente: Cartografía interactiva de los climas de Chile.

4.4.2.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL LUGAR

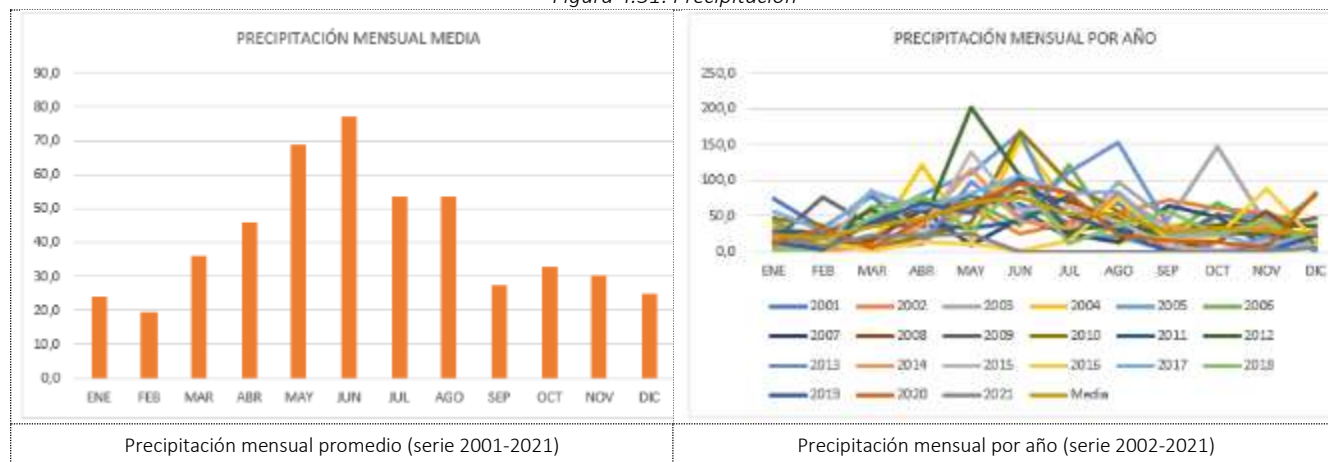
4.4.2.1.1 PRECIPITACIÓN

Tabla 4.20: Precipitación total mensual (2001 – 2021).

Estación "Balmaceda Ad." Balmaceda, Región de Aysén												
Lat Lon: 45°55'5,99"S 71°40'40"W												
Precipitación [mm] Total Mensual Período 2001-2021												
Año	Mes											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	74,0	33,0	78,9	19,4	70,1	66,6	41,1	68,2	20,2	2,4	10,0	24,8
2002	33,0	25,0	58,4	22,3	62,5	25,8	41,6	54,8	72,1	60,3	55,2	34,0
2003	46,2	5,4	20,4	12,0	62,8	108,0	17,3	97,1	44,5	146,8	38,7	14,3
2004	13,8	0,2	12,3	120,9	17,5	155,7	62,9	11,2	38,0	39,0	39,8	47,0
2005	8,2	27,6	43,6	80,1	109,2	167,3	20,0	21,8	2,2	51,4	50,4	0,0
2006	40,6	11,0	62,5	71,8	70,6	36,6	121,8	18,8	26,4	67,6	29,0	78,2
2007	3,6	8,1	16,2	59,2	9,4	46,4	24,6	14,6	64,0	48,0	8,6	14,8
2008	11,0	9,8	16,2	62,9	65,7	83,2	71,4	47,2	4,2	13,2	56,4	3,2
2009	16,2	76,4	36,6	59,8	77,6	60,0	20,0	82,4	15,4	52,0	35,2	47,3
2010	47,8	38,0	6,4	21,4	42,0	168,4	95,2	55,8	19,6	26,6	24,4	21,2
2011	27,2	27,4	40,8	38,0	34,2	42,2	78,6	32,2	28,8	28,4	24,8	5,8
2012	23,8	20,3	58,9	34,6	200,8	106,0	29,8	40,1	23,0	37,6	37,6	37,3
2013	15,6	31,8	6,2	10,8	97,0	48,2	111,2	152,8	34,7	0,2	21,3	4,6
2014	16,8	4,6	6,4	38,8	114,7	42,8	32,6	78,0	36,0	24,6	37,4	18,8
2015	10,8	2,8	87,0	23,6	138,6	58,6	62,0	42,2	7,2	1,8	16,4	7,8
2016	0,2	14,2	2,2	13,8	12,3	1,4	16,2	74,8	17,6	20,8	88,8	15,0
2017	57,0	28,6	84,3	61,6	82,4	105,2	82,6	83,4	22,5	26,0	5,8	29,4
2018	4,6	3,4	48,6	77,8	28,8	97,8	10,8	36,2	57,0	25,2	45,2	7,6
2019	14,6	3,8	40,6	69,0	54,6	102,6	50,2	29,8	0,0	0,0	0,0	23,6
2020	12,4	32,6	6,0	45,7	67,3	95,2	82,1	24,0	16,0	13,0	6,4	82,6
2021	25,8	7,6	23,6	22,6	26,1	0,4	.	.	.	0,0	1,1	6,3
Media	24,0	19,6	36,0	46,0	68,8	77,1	53,6	53,3	27,5	32,6	30,1	24,9

Fuente: <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/requerimiento/producto/RE2009> (Código 450005)

Figura 4.31: Precipitación



Fuente: Elaboración propia

Según datos desagregados, existe variación de los máximos en cantidad mensual de precipitaciones, siendo el año 2012 en el mes de mayo el que logra el mayor peak, o casos aislados donde se visualiza una acumulación en el mes de octubre del 2003 o agosto del 2013. Sin embargo, en forma tendencial, la mayor ocurrencia se inclina entre los meses de mayo y junio, lo que es coincidente con los datos expuestos en el capítulo anterior.

4.4.2.1.2 TEMPERATURA

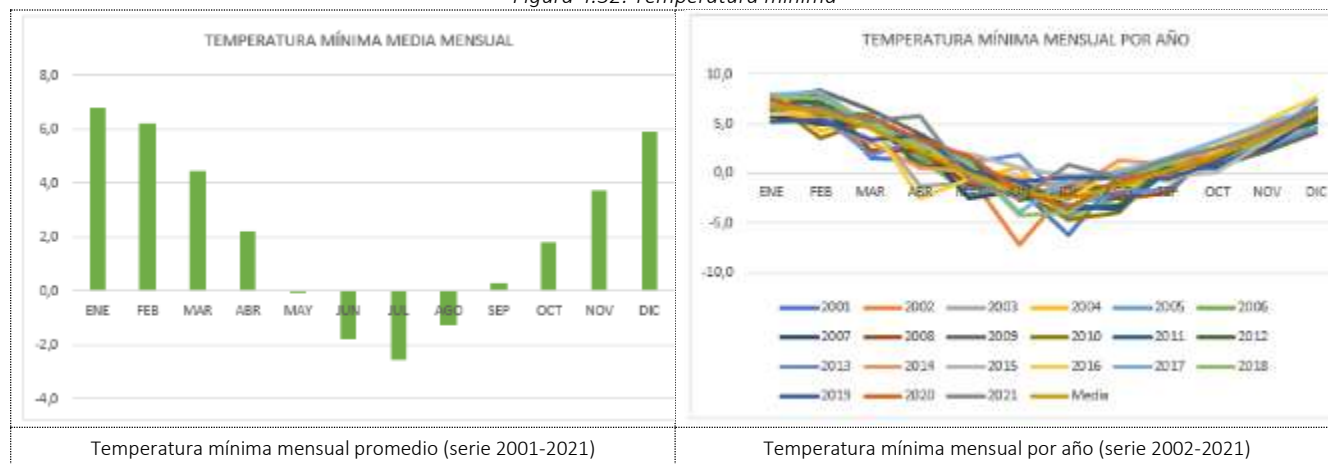
Los datos se clasificaron por temperaturas mensuales mínimas, máximas y medias.

Tabla 4.21: Temperatura mínima media mensual (2001 – 2021).

Estación "Balmaceda Ad." Balmaceda, Región de Aysén												
Lat Lon: 45°55'5,99"S 71°40'40"W												
Temperatura Mínima [°C] Media Mensual Periodo 2001-2021												
Año	Mes											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	6,6	7,4	1,6	1,3	-1,5	-1,6	-6,2	-0,4	0,3	2,0	3,7	6,0
2002	5,8	5,6	2,1	3,0	-0,1	-7,2	-1,5	-1,4	0,6	2,2	2,2	5,2
2003	6,5	6,6	5,1	-1,2	-1,0	-1,3	-1,0	0,1	1,4	2,6	3,3	4,5
2004	7,9	4,3	5,6	3,0	-0,5	0,6	-4,7	-2,1	1,2	2,7	4,6	5,6
2005	6,3	6,3	5,1	1,6	-1,2	-2,3	-4,3	-2,4	0,1	2,2	2,5	4,5
2006	5,7	6,1	5,9	1,8	-2,3	-1,3	-3,7	-3,1	1,1	1,2	3,5	5,4
2007	5,8	5,0	4,8	3,0	-2,6	-1,7	-3,5	-3,4	0,1	1,1	2,7	6,0
2008	6,4	8,2	2,2	2,2	-1,1	-1,8	-2,1	-2,5	-2,0	2,5	4,0	6,7
2009	7,6	8,3	6,3	3,9	1,3	-2,3	-1,4	-0,2	0,0	0,7	2,3	4,1
2010	7,2	3,5	5,4	0,9	0,1	-1,9	-4,7	-4,0	0,8	2,4	3,4	5,6
2011	7,6	5,4	5,0	3,6	0,4	-0,9	-3,2	-3,6	0,9	0,5	3,9	5,1
2012	7,9	7,0	5,5	0,5	1,3	-2,7	-1,8	-1,1	0,4	1,8	4,1	5,5
2013	7,2	5,9	1,9	3,4	1,1	1,9	-3,3	-2,0	-1,6	2,1	3,8	7,4
2014	6,9	5,4	3,1	0,6	0,2	-0,4	-1,8	1,3	1,0	2,2	4,6	6,2
2015	6,6	5,9	5,2	2,5	2,0	0,5	-0,3	-0,6	-0,4	0,2	3,2	6,1
2016	6,0	6,1	5,1	-2,6	-0,6	-1,8	-2,7	0,6	-0,9	2,2	5,4	7,7
2017	7,9	8,2	4,8	3,1	1,2	-3,9	-0,4	0,1	1,5	3,2	5,1	6,5
2018	7,6	7,6	4,9	2,8	1,0	-4,2	-4,0	-0,6	1,0	1,2	3,6	6,7
2019	5,3	5,4	3,4	3,8	0,3	-0,9	-0,4	-0,4	-0,5	1,1	4,3	6,5
2020	7,5	5,9	5,7	3,4	1,7	-1,7	-3,5	-0,6	0,1	1,5	4,2	6,4
2021	6,5	6,7	5,3	5,8	-0,5	-2,6	0,9	-0,4	1,4	2,6	4,1	6,4
Media	6,8	6,2	4,5	2,2	0,0	-1,8	-2,6	-1,3	0,3	1,8	3,7	5,9

Fuente: <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/requerimiento/producto/RE2006> (Código 450005)

Figura 4.32: Temperatura mínima



Fuente: Elaboración propia

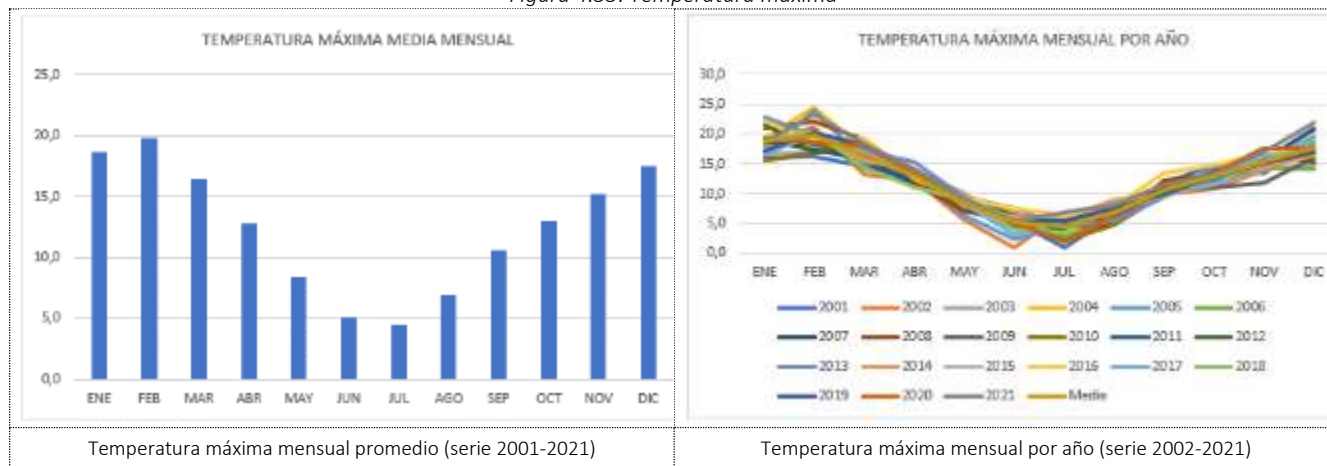
En este caso los datos desagregados muestran una tendencia clara, donde las temperaturas superiores ocurren en los meses estivales, disminuyendo considerablemente en los meses de invierno. El mínimo promedio anual peak se registró en el año 2002 en el mes de junio. Sin embargo, en forma tendencial y en promedio, la mayor ocurrencia se presenta entre los meses de junio y agosto, lo que se condice con los datos expuestos en el capítulo anterior.

Tabla 4.22: Temperatura máxima media mensual (2001 – 2021).

Estación "Balmaceda Ad." Balmaceda, Región de Aysén												
Lat Lon: 45°55'5,99"S 71°40'40"W												
Temperatura Máxima [°C] Media Mensual Periodo 2001-2021												
Año	Mes											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	15,9	16,2	14,5	12,8	7,1	5,5	0,9	6,3	11,8	14,9	13,4	18,5
2002	18,6	21,2	13,1	12,2	5,7	1,0	6,8	7,0	9,9	10,9	13,9	17,1
2003	16,6	17,0	17,3	13,8	10,1	4,3	6,7	8,2	10,3	11,4	14,0	14,8
2004	19,3	24,4	17,3	11,6	8,8	6,7	2,4	8,9	9,9	13,1	16,3	16,6
2005	16,7	23,9	15,4	12,4	6,3	2,3	4,6	6,0	11,4	12,9	14,7	19,4
2006	18,2	19,4	14,1	11,9	9,4	4,8	2,7	5,5	10,9	12,3	14,3	14,1
2007	18,8	17,3	15,8	11,5	7,8	4,3	4,2	7,2	10,4	12,5	15,2	17,3
2008	21,0	22,1	19,1	11,7	7,1	5,9	4,5	4,7	12,1	13,1	15,4	20,8
2009	19,3	18,3	15,7	13,3	7,4	6,2	6,2	6,7	10,7	11,1	11,8	16,0
2010	15,5	16,9	17,8	12,8	8,9	5,0	2,1	4,6	9,8	13,1	15,0	15,9
2011	19,1	20,6	14,6	12,5	9,1	6,3	4,8	6,2	10,0	14,1	15,4	20,6
2012	21,6	17,0	17,3	12,7	8,1	4,3	4,3	7,5	11,3	13,1	16,6	15,3
2013	22,8	19,7	17,1	15,2	9,5	7,5	4,5	5,3	9,5	14,5	14,7	17,8
2014	17,3	19,6	15,6	13,8	8,0	6,0	5,8	8,9	9,7	13,3	14,3	16,5
2015	19,5	20,5	16,7	13,0	9,4	5,7	5,7	6,8	9,8	12,8	16,3	17,1
2016	22,1	18,7	19,3	12,5	9,1	7,5	6,3	7,8	13,4	14,8	16,7	17,5
2017	16,6	19,8	16,8	13,4	8,5	3,1	5,5	7,3	10,1	11,5	16,1	17,4
2018	18,8	20,5	14,4	11,1	9,0	3,9	3,5	8,4	9,4	12,9	15,0	18,8
2019	17,1	20,2	18,0	13,3	9,0	5,3	5,4	7,6	9,9	13,0	15,0	16,9
2020	19,2	18,5	18,2	13,3	9,2	5,2	1,8	6,3	10,5	13,5	17,5	17,6
2021	18,5	23,3	18,4	14,1	9,2	5,5	6,7	8,1	11,6	13,2	16,9	21,9
Media	18,7	19,8	16,5	12,8	8,4	5,1	4,5	6,9	10,6	13,0	15,2	17,5

Fuente: <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/requerimiento/producto/RE2007> (Código 450005)

Figura 4.33: Temperatura máxima



Fuente: Elaboración propia

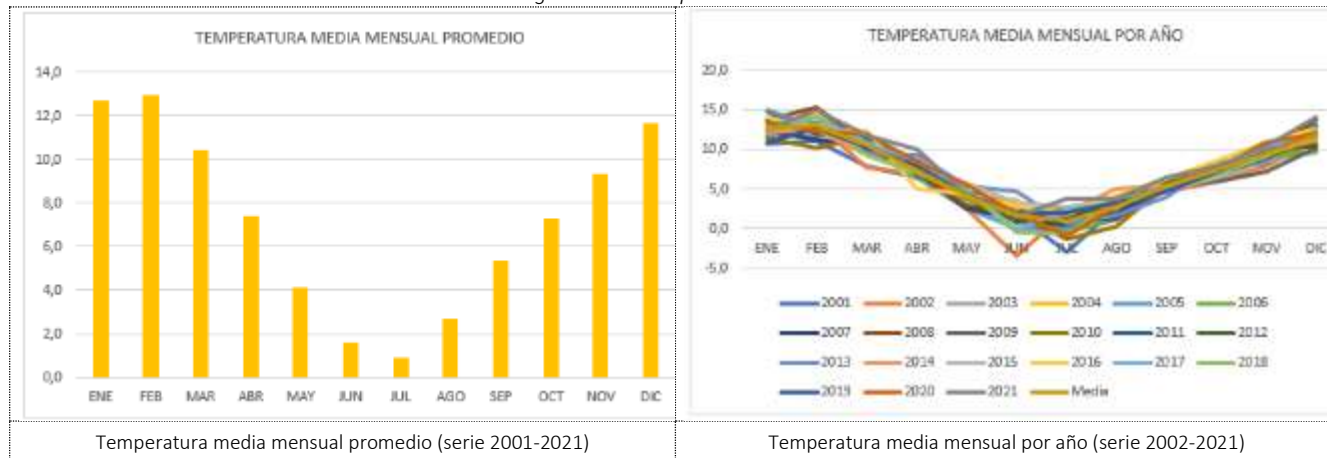
Al igual que con la temperatura mínima, en este caso los datos desagregados muestran una tendencia clara, donde las temperaturas superiores ocurren en los meses estivales, disminuyendo considerablemente en los meses de invierno. El máximo promedio anual peak se registró en el año 2004 en el mes de febrero. Sin embargo, en forma tendencial y en promedio, la mayor ocurrencia se presenta entre los meses de diciembre a febrero.

Tabla 4.23: Temperatura media mensual (2001 – 2021).

Estación "Balmaceda Ad." Balmaceda, Región de Aysén												
Lat Lon: 45°55'5,99"S 71°40'40"W												
Temperatura [°C] Media Mensual Período 2001-2021												
Año	Mes											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2001	10,7	11,1	7,9	6,5	2,5	1,6	-2,9	2,5	5,5	8,4	8,0	12,2
2002	12,2	13,4	7,6	6,9	2,6	-3,4	2,2	2,4	4,7	6,0	7,8	11,1
2003	11,5	11,8	11,2	6,3	4,2	1,2	2,7	3,5	5,3	6,4	8,6	9,6
2004	13,6	14,3	11,5	7,2	4,1	3,6	-1,2	3,4	5,6	7,9	10,4	11,1
2005	11,5	15,1	10,3	7,0	2,6	0,0	0,1	1,8	5,7	7,5	8,6	11,9
2006	11,9	12,7	10,0	6,8	3,6	1,7	-0,5	1,2	6,0	6,8	8,9	9,8
2007	12,3	11,2	10,3	7,2	2,6	1,3	0,4	1,9	5,3	6,8	8,9	11,7
2008	13,7	15,2	10,6	7,0	3,0	2,0	1,2	1,1	5,1	7,8	9,7	13,7
2009	13,5	13,3	11,0	8,6	4,3	2,0	2,4	3,2	5,3	5,9	7,1	10,1
2010	11,4	10,2	11,6	6,8	4,5	1,6	-1,3	0,3	5,3	7,8	9,2	10,7
2011	13,3	13,0	9,8	8,1	4,7	2,7	0,8	1,3	5,4	7,3	9,6	12,9
2012	14,7	12,0	11,4	6,6	4,7	0,8	1,3	3,2	5,8	7,5	10,4	10,4
2013	15,0	12,8	9,5	9,3	5,3	4,7	0,6	1,6	4,0	8,3	9,3	12,6
2014	12,1	12,5	9,3	7,2	4,1	2,8	2,0	5,1	5,4	7,7	9,4	11,3
2015	13,0	13,2	10,9	7,8	5,7	3,2	2,8	3,1	4,8	6,4	9,8	11,6
2016	14,0	12,4	12,2	5,0	4,3	2,9	1,8	4,2	6,3	8,5	10,8	12,6
2017	12,2	14,0	10,8	8,2	4,8	-0,1	2,3	3,3	5,3	6,9	10,4	11,7
2018	13,2	14,1	9,2	6,9	4,9	-0,4	-0,6	3,5	4,9	6,8	9,1	12,5
2019	10,8	12,7	10,3	7,9	4,4	2,0	2,1	3,2	4,7	7,1	9,6	11,7
2020	13,3	12,2	12,0	8,4	5,5	1,8	-0,8	2,8	5,3	7,5	10,8	12,0
2021	12,5	15,0	11,8	10,0	4,4	1,5	3,8	3,8	6,5	7,9	10,3	14,1
Media	12,7	13,0	10,4	7,4	4,1	1,6	0,9	2,7	5,3	7,3	9,4	11,7

Fuente: <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/requerimiento/producto/RE2005> (Código 450005)

Figura 4.34: Temperatura media



Fuente: Elaboración propia

Al igual que en los dos casos anteriores con la temperatura mínima y máxima, en este caso los datos desagregados muestran una tendencia clara, donde las temperaturas superiores ocurren en los meses estivales, disminuyendo considerablemente en los meses de invierno. La máxima media promedio anual peak se registró en el año 2008 en el mes de febrero, en tanto que la mínima media promedio anual se registra el año 2002 en el mes de junio. Tanto el gráfico de curva (anual) como el de barra (promedio en el horizonte) muestran la misma tendencia.

4.4.2.1.3 TEMPERATURA DE REFERENCIA DEL AERÓDROMO

Una vez analizados los datos referentes al parámetro temperatura, se puede proceder al cálculo de la temperatura de referencia del aeródromo. Dicho valor se define, según normativa, como la media mensual de las temperaturas máximas diarias correspondiente al mes más caluroso del año, siendo el mes más caluroso aquel que tiene la temperatura media mensual más alta.

En la tabla de las temperaturas mensuales medias, se observa cómo en la zona objeto de estudio, el mes más caluroso para el periodo de análisis, fue el de febrero. Observando luego la tabla correspondiente a las temperaturas mensuales máximas se aprecia que, para dicho mes, la temperatura media máxima fue de 19,8°C, esta temperatura calculada corresponde a la temperatura de referencia del aeródromo.

4.4.2.2 ANÁLISIS DEL VIENTO Y SU COMPONENTE PREDOMINANTE

4.4.2.2.1 NORMATIVA APLICABLE

En el Anexo 14 de la OACI se establecen ciertos criterios a contemplar a la hora de realizar mediciones de viento con fines Aeronáuticos. Si bien es cierto que dichos criterios están enfocados principalmente a la obtención del "Coeficiente de Utilización ¹⁹de Pista", son perfectamente aplicables para otros casos en los que se requiera realizar un análisis de viento del Aeródromo, por lo que se tienen en consideración para el desarrollo del presente capítulo. Estos criterios son:

3.1.1 Recomendación.— *El número y orientación de las pistas de un aeródromo deberían ser tales que el coeficiente de utilización del aeródromo no sea inferior al 95% para los aviones que el aeródromo esté destinado a servir.*

3.1.3 Elección de la componente transversal máxima admisible del viento

Recomendación.— *Al aplicar las disposiciones de 3.1.1 debería suponerse que, en circunstancias normales, impide el aterrizaje o despegue de un avión una componente transversal del viento que exceda de:*

- 37 km/h (20 kt), cuando se trata de aviones cuya longitud de campo de referencia es de 1 500 m o más, excepto cuando se presentan con alguna frecuencia condiciones de eficacia de frenado deficiente en la pista debido a que el coeficiente de fricción longitudinal es insuficiente, en cuyo caso debería suponerse una componente transversal del viento que no exceda de 24 km/h (13 kt);
- 24 km/h (13 kt) en el caso de aviones cuya longitud de campo de referencia es de 1 200 m o mayor pero inferior a 1 500 m; y
- 19 km/h (10 kt) en el caso de aviones cuya longitud de campo de referencia es inferior a 1 200 m.

3.1.4 Datos que deben utilizarse

Recomendación.— *La elección de los datos que se han de usar en el cálculo del coeficiente de utilización debería basarse en estadísticas confiables de la distribución de los vientos, que abarquen un período tan largo como sea posible, preferiblemente no menor de cinco años. Las observaciones deberían hacerse por lo menos ocho veces al día, a intervalos iguales.*

¹⁹ OACI, Anexo 14 Artículo 3.1.1.

Puesto que los datos han sido obtenidos de la Dirección Meteorológica de Chile, se asume que provienen de una fuente confiable.

4.4.2.2.2 ANÁLISIS DE LOS DATOS

Se presenta, a continuación, la información obtenida respecto a los registros de medición de vientos horarios, para el periodo de análisis comprendido entre el año 2001 hasta el año 2021.

En 1ra instancia se desarrolla una tabla que contiene el número total de ocurrencias para una velocidad concreta del viento y en una dirección determinada, según los intervalos mencionados en apartados anteriores. Esta información; a diferencia de temperatura o precipitación no se encuentra agrupada por meses de cada año sino velocidad y dirección, ya que el enfoque de este análisis es conocer tendencia del viento y no puntualmente su momento de ocurrencia.

La 2da tabla está basada en la anterior, ya que muestra la misma información, pero en este caso, proporciona una frecuencia de ocurrencia, en forma de porcentaje. Así, en función del número total de mediciones realizadas, se calcula el porcentaje de ocasiones en las que sopla el viento en una dirección y con una velocidad determinada. Este segundo tipo de tabla, permite ver de una manera más directa, la dirección y velocidad del viento predominantes.

Finalmente, a partir de esta segunda tabla, se ha confeccionado la correspondiente Rosa de los Vientos. Estos gráficos, del tipo radial, muestran como círculos concéntricos los porcentajes de ocurrencia, y cada línea radial corresponde a una dirección en grados. En la simbología que aparece en el lado derecho de cada gráfico, se indica el color con el que se grafica cada intervalo de velocidad del viento, expresada en nudos.

Tabla 4.24: N° Ocurrencias dirección/velocidad (kt) – Periodo 2001-2021

Dirección	Intensidad (kt)												TOTAL
	0	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	>50	
CALMA	2.800												2.800
N		289	42	22	9	2	1	0	0	0	0	0	365
NNE		154	24	12	5	6	1	0	0	0	0	0	202
NE		183	29	6	1	0	0	0	0	0	0	0	219
ENE		277	83	13	3	0	0	0	0	0	0	0	376
E		720	528	169	12	2	0	0	0	0	0	0	1.431
ESE		700	867	307	41	1	0	0	0	0	0	0	1.916
SE		457	670	213	14	1	0	0	0	0	0	0	1.355
SSE		233	228	27	5	0	0	0	0	0	0	0	493
S		199	142	25	6	0	0	0	0	0	0	0	372
SSW		78	38	11	9	6	0	1	0	0	0	0	143
SW		198	60	10	5	0	1	1	0	0	0	0	275
WSN		485	345	83	30	4	1	1	0	0	0	0	949
W		1.080	2.433	1.767	992	780	395	119	33	2	0	0	7.601
WNW		687	2.428	5.986	10.245	9.941	4.278	1.032	160	26	2	0	34.785
NW		547	1.203	3.569	5.935	5.618	2.133	382	50	12	1	0	19.450
NNW		319	250	191	158	119	31	5	1	0	0	0	1.074
VRB		6.528	28	3	0	0	0	0	0	0	0	0	6.559
TOTAL	2.800	13.134	9.398	12.414	17.470	16.480	6.841	1.541	244	40	3	0	80.365

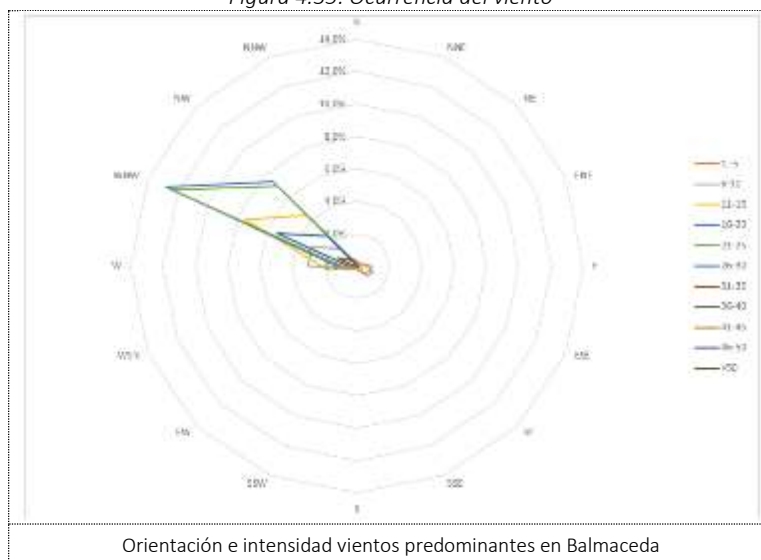
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.25: % Ocurrencias dirección/velocidad (kt) – Periodo 2001-2021

Dirección	Intensidad (kt)												TOTAL
	0	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	>50	
CALMA	3,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,5%
N	0,0%	0,4%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%
NNE	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
NE	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
ENE	0,0%	0,3%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%
E	0,0%	0,9%	0,7%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,8%
ESE	0,0%	0,9%	1,1%	0,4%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%
SE	0,0%	0,6%	0,8%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,7%
SSE	0,0%	0,3%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%
S	0,0%	0,2%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%
SSW	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%
SW	0,0%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
WSN	0,0%	0,6%	0,4%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%
W	0,0%	1,3%	3,0%	2,2%	1,2%	1,0%	0,5%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	9,5%
WNW	0,0%	0,9%	3,0%	7,4%	12,7%	12,4%	5,3%	1,3%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	43,3%
NW	0,0%	0,7%	1,5%	4,4%	7,4%	7,0%	2,7%	0,5%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	24,2%
NNW	0,0%	0,4%	0,3%	0,2%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%
VRB	0,0%	8,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	8,2%
TOTAL	3,5%	16,3%	11,7%	15,4%	21,7%	20,5%	8,5%	1,9%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.35: Ocurrencia del viento



Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que los vientos predominantes son dirección WNW con un 43,3% de las ocurrencias totales. En esta dirección en particular las intensidades varían entre 1 y 40 kts pero el rango más significativo va desde los 11 a los 25 kts, en donde se tiene el 37,9% del total de las ocurrencias. En forma general, la mayor cantidad de ocurrencias se encuentra entre los 16 a 20Kts seguido del rango 21 a 25 kts.

En base a lo anterior, para el caso de plataformas proyectadas; que en este estudio corresponde a plataforma para aeronaves CONAF del tipo DC-10 y/o AT-802 y plataforma para aeronaves FACH del tipo C-130 u otra menor, se estima necesario orientar a las aeronaves en su posición final en la misma o similar orientación predominante del viento, tal como ocurre en la plataforma comercial actual. Componentes Transversales.

4.5 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

4.5.1 Introducción

El presente informe contiene los resultados y conclusiones del Estudio de Mecánica de Suelos, solicitado a R&V Ingenieros[®], de acuerdo con los requerimientos del proyecto denominado “Normalización Área de Movimiento Aeródromo de Balmaceda Coyhaique, Región de Aysén.

Figura 4.36: Ubicación terreno



Fuente: Google Earth

El estudio tiene como base el conocimiento global de los suelos de la zona, características y antecedentes del proyecto, además de la exploración geotécnica y ensayos de laboratorio. Su objetivo es cuantificar las propiedades geomecánicas del suelo, para pavimentos, procedimientos para excavaciones y las recomendaciones y especificaciones técnicas para el correcto diseño, construcción y control de las obras.

4.5.2 Antecedentes de Mecánica de Suelos

4.5.2.1 EXPLORACION GEOTECNICA DE SUELOS

La exploración geotécnica de suelos se inició con un reconocimiento de superficie, destinado a definir las características globales del terreno y situaciones particulares que pudiesen afectarlo. A partir de ella, se dio por aprobada la red de pozo de exploración, consistente en 20 calicatas de hasta 3.0m de profundidad, ubicadas según el siguiente detalle:

Figura 4.37: Ubicación calicatas



Fuente: Google Earth-Elaboración propia

Originalmente todas calicatas se consideran de 3.0m de profundidad, sin embargo, dada la dureza de algunos estratos, nivel de agua al interior de la excavación y presencia de rellenos susceptibles a desmoronamientos, fue imposible seguir excavando manualmente. Calicata N°1, fue repetida, obteniendo el mismo resultado.

Las calicatas, excavadas de forma manual y mecánicamente mediante uso de martillo neumático (cango), fueron inspeccionadas y sometidas a muestreo por personal de esta oficina, levantándose el registro estratigráfico detallado.

Dados los tipos de suelos encontrados y la naturaleza de las obras, se obtuvieron muestras perturbadas e inalteradas, las que fueron analizadas y seleccionadas para definir el programa de ensayos, desarrollados en un laboratorio especializado.

4.5.2.2 MODELO ESTRATIGRAFICO

De acuerdo con la información obtenida de la exploración, el subsuelo presenta un perfil compuesto por las siguientes unidades estratigráficas fundamentales, cuyas características y dimensiones se entregan a continuación.

UNIDAD U1: Cobertura Vegetal y Rellenos, sin olor, compuestos principalmente de gravas compactas y limos de compacidad baja. De acuerdo con el sistema USCS, clasifica como ML, GP, GM.

Las profundidades entre las que se extiende este estrato se detallan en la tabla siguiente:

Calicata N°	1	1-A	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Desde, [m]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hasta, [m]	0.10	0.10	0.30	0.20	0.20	0.05	0.20	0.20	0.20	0.10	0.40

Calicata N°	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Desde, [m]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hasta, [m]	0.05	0.05	0.05	0.20	0.20	0.20	0.20	0.05	0.05	0.05

UNIDAD U2: Limo arenoso de plasticidad baja, humedad baja y color negro. Suelo de estructura homogénea, de porosidad baja y consistencia blanda a muy blanda, con aproximadamente 10% de arena. Existe presencia de raíces y raicillas en contenido bajo. No presenta agrietamiento y no se observan características expansivas. De acuerdo con el sistema USCS, clasifica como ML, SM, CL

No se recomienda el apoyo directo en este estrato.

Las profundidades entre las que se extiende este estrato se detallan en la tabla siguiente:

Calicata Nº	1	1-A	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Desde, [m]	--	0.10	0.30	0.20	0.20	0.05	0.20	--	--	--	--
Hasta, [m]	--	0.40	0.50	0.50	1.20	0.20	0.40	--	--	--	--

Calicata Nº	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Desde, [m]	0.05	0.05	0.05	0.20	0.20	--	--	0.05	0.05	0.05
Hasta, [m]	0.30	0.20	0.20	0.40	0.40	--	--	0.20	0.20	0.20

UNIDAD U3: Limos y Arena limosa de grano fino, plasticidad baja, humedad baja y color café a gris. Contiene un porcentaje de finos de aproximadamente 15 a 80%. Posee una cementación baja y una consistencia media. Existe presencia de raíces y raicillas en contenido medio - alto. De acuerdo con el sistema USCS, clasifica como ML, SM.

Algunas calicatas, presentan bolones aislados o se cierran en bolones.

Las profundidades entre las que se extiende este estrato se detallan en la tabla siguiente:

Calicata Nº	1	1-A	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Desde, [m]	0.10	0.40	0.50	0.50	1.20	0.20	0.40	0.20	0.20	1.30	1.60
Hasta, [m]	1.50	1.30	2.10	2.00	1.90	1.80	1.80	1.80	1.50	2.00	2.30

Calicata Nº	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Desde, [m]	0.60	0.20	0.20	1.30	0.40	--	--	0.20	0.20	0.20
Hasta, [m]	2.50	1.10	2.00	2.50	2.50	--	--	1.40	1.40	1.50

UNIDAD U4: Arena limpia y Gravas arenosas, olor térreo, de grano fino, humedad baja y color gris oscuro. Posee una cementación media y una compacidad alta. Contiene un porcentaje de finos de aproximadamente 5% y un porcentaje de grava de variable entre 5 a 70%. La parte gravosa presenta clastos de hasta 4" con media de 2" y bolones de hasta 7" en un 5%. No se observan raíces ni raicillas. De acuerdo con el sistema USCS, clasifica como SP, GP, GW, GP-GM.

Las profundidades entre las que se extiende este estrato se detallan en la tabla siguiente:

Calicata Nº	1	1-A	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Desde, [m]	--	1.30	2.10	--	1.90	1.80	1.80	1.80	1.50	0.10	0.40
Hasta, [m]	--	1.50	2.50	--	2.00	2.00	2.50	2.00	2.00	1.30	1.60

Calicata Nº	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Desde, [m]	2.50	1.10	2.00	0.40	--	0.20	0.20	1.40	1.40	--
Hasta, [m]	3.00	1.50	2.50	1.30	--	3.00	2.00	3.00	3.00	--

NOTAS:

- Calicata N°9 y Calicata N°10, estrato U4 se detecta sobre estrato U3.
- Calicata N°11, presenta un lente gravoso de unidad U4 entre los 0.30 a 0.60m de profundidad.
- Calicata N°13, presenta un lente gravoso de unidad U4 entre los 0.50 a 1.40m de profundidad.
- Calicata N°14, presenta un lente gravoso de unidad U4 entre los 0.40 a 1.30m de profundidad.
- Los suelos detectados en las calicatas realizadas son indicativos de los puntos explorados, por lo que se desconoce su variación en todo el terreno.
- La cantidad de bolones indicada es la detectada en cada calicata y esta puede aumentar su cantidad y tamaño al realizar las excavaciones.
- Las calicatas fueron detenidas al nivel informado debido a la existencia de nivel freático y dureza del estrato o derrumbes al interior de esta. En el caso de calicata N°1 por la detección de un bolón y posterior derrumbe de la calicata. Se procedió a reemplazar calicata N°1, por calicata N°1A obteniendo el mismo resultado.

Los derrumbes se producen generalmente es estratos inferiores, impidiendo realizar la entibación sobre el último estrato arenoso.

Para continuar la excavación, se recomienda emplear elementos mecánicos como retroexcavadora o como último recurso sondajes rotatorios. Debido a que continuar manualmente requiere el uso de martillo neumático el cual es peligroso de usar al detectar nivel freático.

- Material de calicata N°20, no es recomendado para uso de relleno de la ampliación de la pista. Debido a su alto contenido de material fino (bajo #200) y distribución granulométrica.

4.5.2.3 SITUACION DEL NIVEL FREATICO

A la fecha de la exploración, el nivel freático fue detectado a variadas profundidades, se estima que corresponde a napas del tipo colgadas. Las profundidades son las siguientes:

Calicata N°	1	1-A	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Profundidad, [m]	--	--	2.30	1.70	1.90	1.20	2.40	1.80	1.60	1.70	--

Calicata N°	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Profundidad, [m]	2.70	1.30	2.50	2.30	2.30	--	--	--	--	--

Sólo se informa la situación detectada a la fecha de exploración, desconociéndose su variación estacional y a través del tiempo, tema que escapa a esta especialidad.

4.5.2.4 PERFIL ESTRATIGRAFICO

Figura 4.38: Perfiles

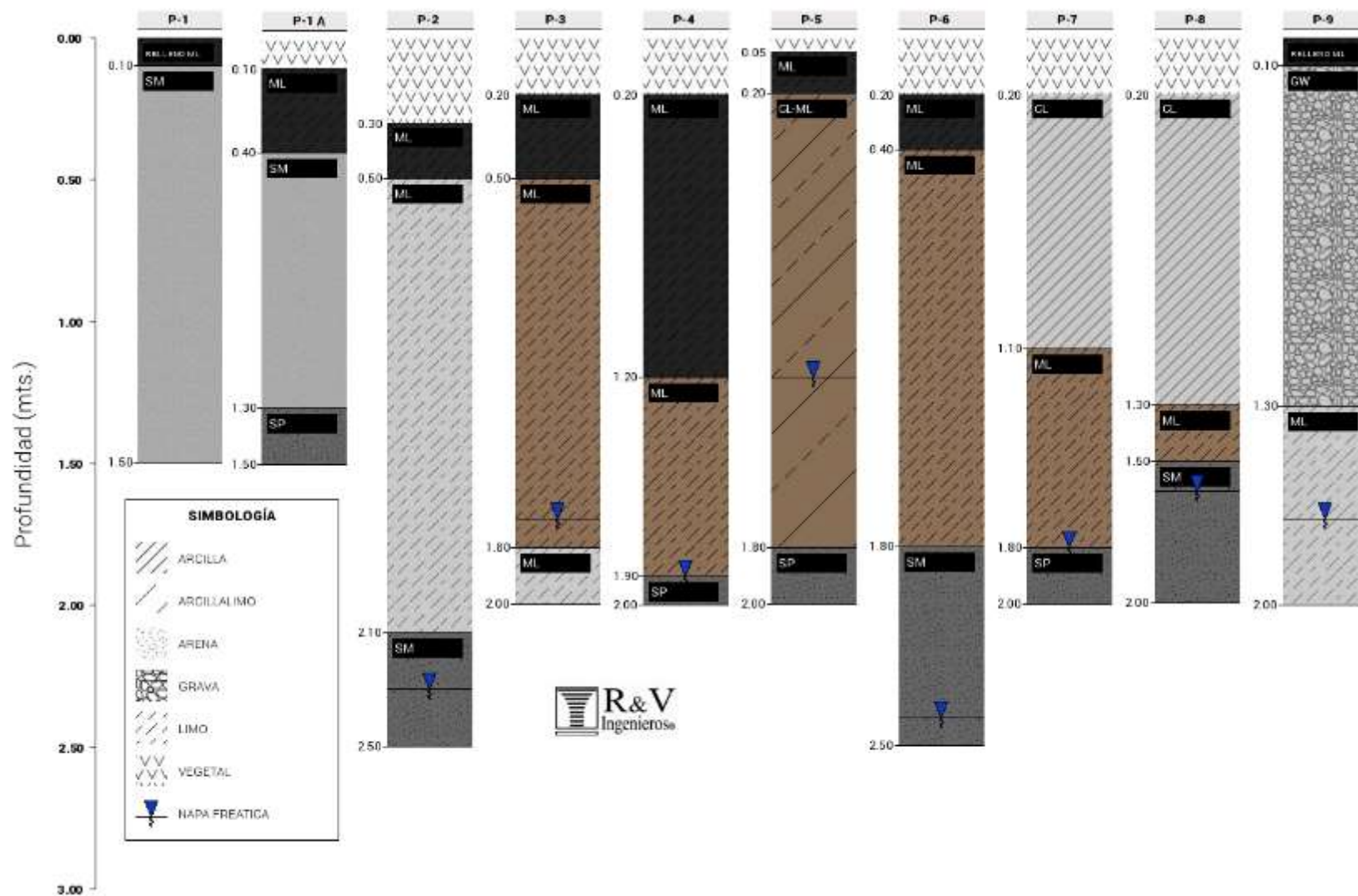
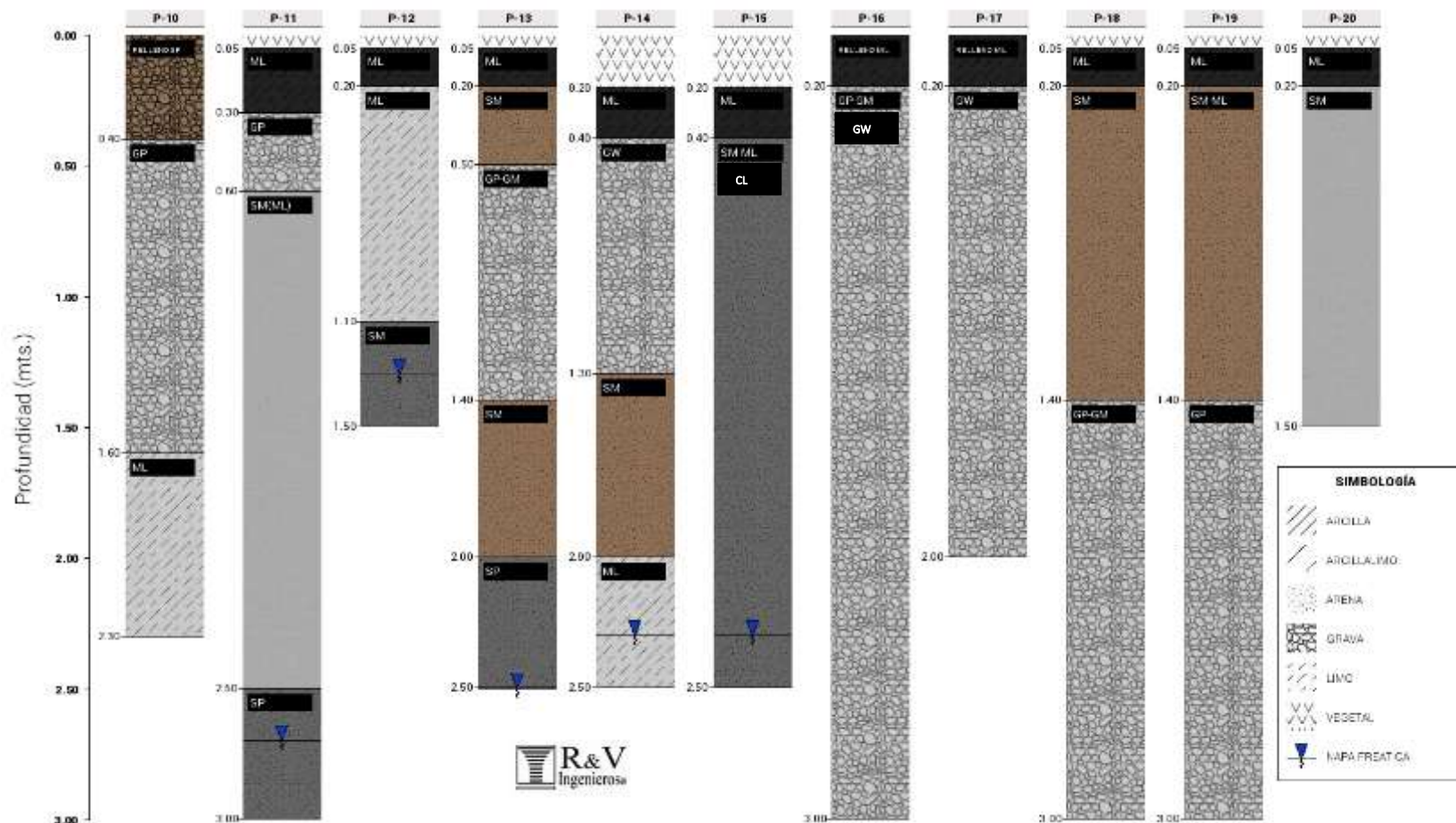


Figura 4.39: Perfiles



4.5.3 Propiedades del Diseño

4.5.3.1 PARAMETROS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS

Tabla 4.26: Resultados Proctor y CBR (al 95%)

CALICATA	PROFUNDIDAD	MATERIAL (USCS)	VALOR C.B.R. PARA 0,2"	VALORES ÓPTIMOS PROCTOR MODIFICADO	
				HUMEDAD OPTIMA	D.M.C.S.
	[m]		[%]	[%]	[g/cm³]
C1	0.70	SM	15.2	16.1	1.675
C1	1.50	SM	17.0	16.7	1.709
C2	0.60	ML	8.9	19.2	1.406
C2	2.50	SM	21.0	14.5	1.672
C3	0.60	ML	14.5	18.7	1.607
C3	2.00	ML	7.0	19.4	1.548
C4	0.60	ML	9.1	22.3	1.547
C4	1.90	ML	6.8	17.5	1.601
C5	0.60	CL	12.4	14.6	1.755
C5	1.80	ML	8.9	17.3	1.660
C6	0.60	ML	7.2	16.7	1.694
C6	2.50	SM	16.7	11.2	1.801
C7	0.60	CL	9.3	18.1	1.665
C7	1.80	ML	6.3	17.3	1.693
C8	0.60	CL	7.2	19.0	1.592
C8	2.00	SM	16.8	12.2	1.832
C9	2.00	ML	9.1	18.2	1.662
C10	2.30	ML	7.3	17.6	1.671
C11	0.70	SM	30.5	19.2	1.729
C11	2.50	ML	8.8	16.5	1.736
C12	0.60	ML	6.9	24.3	1.476
C12	1.50	SM	15.1	12.2	1.797
C13	2.00	SM	19.8	17.5	1.568
C14	2.00	SM	14.0	15.1	1.697
C15	0.60	SM	24.0	16.6	1.724
C15	2.50	CL	9.1	18.4	1.604
C18	0.60	SM	29.2	13.6	1.781
C19	0.70	ML	10.5	18.2	1.694
C20	0.70	SM	27.9	10.0	1.972
C20	1.50	SM	17.4	13.4	1.727

Fuente: Elaboración propia
Ensayo CBR realizado a muestra compactada al 95% del P.M.

Tabla 4.27: Resultados Proctor y CBR (al 80%)

CALICATA	PROFUNDIDAD	MATERIAL (USCS)	VALOR C.B.R. PARA 0,2"	Valores Densidad Relativa	
				DENSIDAD MÁXIMA	DENSIDAD MÍNIMA
	[m]		[%]	[g/cm³]	[g/cm³]
C9	0.60	GW	31.4	1.968	1.672
C10	0.60	GP	39.7	1.962	1.726
C13	0.60	GP-GM	36.6	1.969	1.718
C14	0.60	GW	46.5	2.032	1.747
C16	0.60	GW	49.7	1.991	1.767
C16	3.00	GP-GM	33.7	1.974	1.775
C17	0.60	GW	48.0	1.993	1.781
C17	2.00	GW	43.6	1.980	1.753
C18	3.00	GP-GM	36.9	2.018	1.743
C19	3.00	GP	29.4	1.981	1.739

Fuente: Elaboración propia
Ensayo CBR realizado a muestra compactada con D.R. (Densidad Relativa) de 80%

4.5.4 Consideraciones Ante el Congelamiento

El diseño de pavimentos en áreas sujetas a heladas estacionales requiere una atención especial. Los efectos pueden incluir deformaciones desiguales o pérdida de la resistencia del suelo durante los períodos cálidos y deshielos de primavera. Otros efectos adversos incluyen la posible pérdida de compactación, el desarrollo de protuberancias en el pavimento, la restricción del drenaje y el agrietamiento y deterioro de la superficie del pavimento (AC N°: 150/5320-6G, FHWA).

Considerando estos puntos, se estima que existen probabilidades de congelamiento superficial en el suelo por lo que existen dos recomendaciones para disminuir los daños producidos por hielo/deshielo. Estas son:

- Reemplazo mayor de suelo superficial, específico en calicatas C4, C8, C12 y C15, debido a su mayor susceptibilidad retirando el suelo que clasifica como CL o ML con un máximo de 1.0m
- Drenaje superficial que apoye la rápida evacuación superficial y fuera del pavimento, a modo de evitar la saturación del subsuelo de apoyo. En lo posible considerar una subrasante con pendiente hacia los laterales

4.5.4.1 SUELO SUSCEPTIBLE A CONGELAMIENTO

La circular de la FHWA, considera cuatro principales grupos de suelos los cuales están divididos por su distribución de índice de vacíos en la masa de suelo, indicando que empíricamente se correlaciona la susceptibilidad del suelo a congelarse con la cantidad de material de menor tamaño a 0.02mm. Según ello se define el siguiente cuadro:

Figura 4.40: Suelos según congelamiento

Soil Frost Groups^{1,2}

Frost Group	Kind of Soil	Percentage Finer than 0.02 mm by Weight ³	Soil Classification
FG-1	Gravelly Soils	3 to 10	GW, GP, GW-GM, GP-GM
FG-2	Gravelly Soils Sands	10 to 20 3 to 15	GM, GW-GM, GP-GM SW, SP, SM, SW-SM, SP-SM
FG-3	Gravelly Soils Sands, except very fine silty sands Clays, PI above 12	Over 20 Over 15 -	GM, GC SM, SC CL, CH
FG-4	Very fine silty sands All Silts Clays, PI = 12 or less Varved Clays and other fine-grained banded sediments	Over 15 - - -	SM ML, MH CL, CL-ML CL, CH, ML, SM

Note 1: Determination of the Frost Group is subjective. Rely on the geotechnical engineer's evaluation of impact of frost and permafrost effects

Note 2: This table is from FAA RD 74-30, *Design of Civil Airfield Pavements for Seasonal Frost and Permafrost Conditions*.

Note 3: ASTM D7928, *Standard Test Method for Particle Size Distribution (Gradation) of Fine Grain Soil Using the Sedimentation (Hydrometer) Analysis*.

Fuente: AC N°: 150/5320-6G

Sólo el 28% de las calicatas realizadas presenta suelos del tipo FG-1, por lo que el 72% restante pertenece a limos y arcillas o arenas limosas correspondientes a grupos FG-3 y FG-4. Se debe tener especial cuidado en calicatas 4, 8, 12 y 15 las cuales presentan suelos finos con mayor Índice de Plasticidad.

4.5.4.2 PROFUNDIDAD DE CONGELAMIENTO

Este depende de factores como las propiedades del pavimento y suelo, temperatura en superficie, contenido de humedad del suelo y temperaturas del pavimento y suelo. Considerando que en promedio las temperaturas bajas bordean los -1°C y que eventualmente se puede llegar hasta -9°C , se debe considerar penetración de congelamiento.

4.5.4.3 AGUA LIBRE NECESARIA PARA CONGELAMIENTO

Tal como lo indica la circular, agua libre en la masa de suelo es necesaria para la formación de lentes de hielo. Si bien el grado de saturación indicado supera el 70% para que probablemente ocurra el congelamiento, considerando que en los meses de menores temperaturas también se producen los mayores registros de agua nieve/nieve y lluvia, se recomienda considerar drenaje superficial suficiente para evacuar rápidamente el agua hacia los bordes de pavimento y evitar la infiltración y saturación del suelo de apoyo.

4.5.5 Especificaciones Técnicas Generales

4.5.5.1 ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS

4.5.5.1.1 ESCARPE

Previo al inicio de las excavaciones, bajo radieres y pavimentos deberá realizar un escarpe. Este consistirá en la excavación y retiro de todo material inadecuado. Sin embargo, se sigue realizando un escarpe de al menos de 20 a 40cm, en zonas de suelo natural.

No se recomienda el apoyo directo sobre unidad U2, por lo que en caso de detectar este estrato se deberá considerar un CBR mínimo de 3% o un remplazo de suelo de al menos 1m de profundidad, considerando el paquete estructural de pavimentos.

Se han detectado rellenos de muy variada calidad compactos y no compactos.

Los rellenos compactos, se podrán utilizar, previa evaluación in-situ de la densidad a distintas alturas.

Los rellenos gravosos, limpios, no compactos se podrán retirar y compactar de acuerdo con indicaciones de compactación indicadas en este informe.

El retiro de relleno inadecuado, vegetal, suelto o contaminado que se encuentre en la superficie, corresponde a los 20 a 40cm de escarpe. Este escarpe deberá ser revisado y evaluado en terreno por el Mecánico de Suelos.

El material escarpado debe ser transportado de inmediato a botadero autorizado, con la finalidad de evitar que contaminen las excavaciones o su uso en rellenos dentro de la obra.

4.5.5.1.2 COMPACTACION DE LA SUBRASANTE

Una vez realizados los escarpes, se compactará la subrasante hasta alcanzar una densidad equivalente a un 95% de la D.M.C.S. del ensayo Proctor Modificado.

4.5.5.1.3 BASE Y SUBBASE

De acuerdo a proyecto de pavimentación

4.5.5.1.4 CONTRO DE COMPACTACION

Durante las faenas de colocación de la base, se deberá contar con el apoyo de un Laboratorio especializado, debiéndose controlar la densidad de terreno y la granulometría del material cada 150m² por cada capa.

4.5.5.2 ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA RELLENOS Y SELLOS

4.5.5.2.1 RELLENOS ESTRUCTURALES

En la ejecución de rellenos estructurales podrá emplearse un material granular grueso, limpio, del tipo "estabilizado", cuya curva granulométrica deberá estar dentro del siguiente rango:

Tabla 4.28: Granulometría

Criba o malla ASTM	%, en peso pasando
2"	100
1"	55-100
3/8"	40-70
Nº 4	35-65
Nº 10	20-50
Nº 40	10-30
Nº 200	0-15

Bajo pavimentos también es posible emplear material integral de río o esteros, limitando el tamaño máximo de 4" y que el contenido de finos bajo la malla Nº 200 sea inferior a 10%. Alternativamente, podrá emplearse material granular, compuesto por arena limpia.

El material deberá estar libre de desperdicios, conglomerados, escombros e impurezas y deberán ser químicamente inertes.

El material seleccionado deberá ser aprobado previamente por un especialista en Mecánica de Suelos, y deberá ser respaldado con ensayos pertinentes obtenidos dentro de los últimos 60 días, emitidos por un laboratorio certificado INN.

Los ensayos mínimos a realizar deberán ser los siguientes:

- Granulometría
- Límites de consistencia
- Clasificación de suelos
- Densidad de partículas sólidas
- Humedad natural
- Proctor modificado o Densidad Relativa.

El material deberá ser esparcido en capas horizontales de espesor uniforme y según el contenido de fino se tendrá que proceder de la siguiente forma:

- En caso de que el material que pasa la malla Nº 200 sea mayor al 7%, deberá humedecerse homogéneamente hasta lograr el valor óptimo del ensayo Proctor Modificado con una variación máxima de $\pm 2\%$ y luego compactarlo hasta alcanzar una densidad no inferior al 95% de la D.M.C.S. del ensayo de Proctor Modificado.
- En caso de que el material que pasa la malla Nº 200 sea menor al 7%, el material tendrá que ser compactado hasta lograr una Densidad Relativa no inferior al 80%.

El espesor de las capas será establecido de forma tal que pueda lograrse la densidad especificada en todo su espesor con el equipo de compactación que se utilizará, en todo caso éste no podrá ser superior a 25 cm.

El avance deberá ser parejo, de modo tal que no se produzcan desniveles superiores a 0.50m. entre sectores contiguos.

En caso de detectar material muy duro y/o presencia de roca, se recomienda que las excavaciones se realicen con excavadora y picotón.

Si el tamaño de la excavación lo permite, se recomienda el uso de rodillo de 1500 kg. de peso estático o superior, En el caso que al momento de hacer las obras existan construcciones vecinas cercanas, se debe limitar la energía del rodillo ya que puede afectar a las construcciones vecinas y producir daños.

Bajo radieres y pavimentos, inicialmente, los controles de densidad se realizarán por lo menos cada 50m² por capa, comprobada la eficacia del operador y el procedimiento, podrán extenderse a 100m² por capa y, finalmente hasta 300m² por capa.

Cada capa deberá ser aprobada por la IF y no podrá ser recubierta antes que se dé por aceptada la densidad.

Los controles de densidades se deberán efectuar por un laboratorio especializado de reconocida calidad, que cuente con la aprobación previa de la IF.

4.5.5.2.2 RECEPCION SELLOS DE PAVIMENTOS

Dadas las condiciones de la exploración, en su totalidad, los sellos de pavimentos deben ser formalmente aprobados y recibidos por un Ingeniero Civil especialista en Mecánica de Suelos.

4.6 **ESTUDIO GEOMENSURA Y TOPOGRAFÍA**

4.6.1 **Introducción**

Las actividades previas al trabajo en terreno se relacionaron con la obtención de las autorizaciones por parte del inspector fiscal para el ingreso al aeródromo y las coordinaciones con el área operativa para trabajar en el área de movimiento, de manera de no interferir con las operaciones aéreas.

Las actividades previas al trabajo en terreno se complementan con la recopilación de información como puntos de apoyo, reconocimiento del aeródromo, entre otras, de manera que se tenga un conocimiento del sector a trabajar.

La actividad ha sido ejecutada por una brigada compuesta por ingenieros Geomensores y alarifes, con instrumentos GNSS, Estación Total, Nivel y sus respectivos accesorios.

En el desarrollo de los trabajos topográficos, se han considerado metodologías que aseguren la calidad de las mediciones, máxima cobertura de las aéreas involucradas en el proyecto y sistemas de autocontrol, de manera de asegurar los resultados y evitar los errores humanos en que se puede incurrir en las diferentes etapas de gabinete.

Del mismo modo, complementando las metodologías, se tuvo especial cuidado en atender las consideraciones medio ambientales y de seguridad del personal.

4.6.2 Estudio de Concesiones Mineras

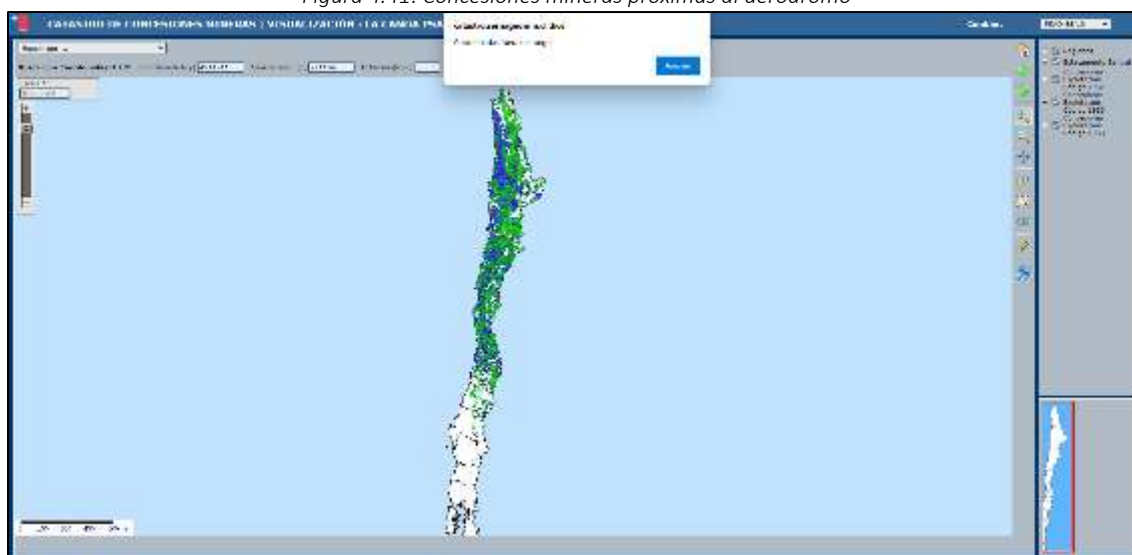
El presente estudio se enmarca en las representaciones cartográficas de las concesiones mineras y las propiedades superficiales en el área de estudio.

En el ordenamiento jurídico-administrativo del Estado de Chile, corresponde al Servicio Nacional de geología y minería (SERNAGEOMIN) la custodia de los registros de concesiones mineras otorgados, según el Código Minero, a personas naturales y/o jurídicas por los respectivos Tribunales jurisdiccionales.

Para obtener el registro de las concesiones mineras, se obtuvo la información del Sistema de Visualización del Catastro de Concesiones Mineras que datan con fecha del mes de junio de 2022.

En la siguiente figura se muestran que no existe concesiones mineras cercanas al aeródromo de interés.

Figura 4.41: Concesiones mineras próximas al aeródromo



Fuente: <http://catastro.sernageomin.cl/>

4.6.3 Objetivos

4.6.3.1 GENERAL

Ejecutar los procedimientos topográficos de acuerdo con las normas y recomendaciones indicadas por la Dirección de Aeropuertos (DAP), alineados con los procedimientos establecidos en el Manual de Carreteras volumen 2 (MCv2) y Especificaciones Técnicas Generales (ETG) N°40, con la finalidad de definir las características planimétricas y altimétricas del área comprendida por el aeródromo.

4.6.3.2 ESPECÍFICO

Para determinar la topografía del aeródromo es necesario realizar los siguientes procedimientos:

- Monumentación de Puntos de Referencia (PRs).
- Nivelación geométrica de precisión.
- Poligonal principal.
- Vinculación geodésica.
- Levantamiento topográfico.

4.6.4 Antecedentes Área Emplazamiento Aeródromo Balmaceda

El aeródromo de Balmaceda (código OACI: SCBA), está Ubicado en la localidad del mismo nombre en la Región de Aysén, comuna de Coyhaique a 55 km al sureste de la capital regional, su referencia geográfica es 45° 54' 44" Latitud Sur y 71° 41' 35" Longitud Oeste y su elevación sobre el Nivel Medio del Mar (NMM) es de 525m.

Figura 4.42: Vista de planta aeródromo Balmaceda



Fuente: Google Earth Pro

El aeródromo cuenta con una pista con orientación Este – Oeste de 2501m de largo, además de cuatro rodajes que conectan la pista con calle de rodaje Alfa, y una plataforma al norte de este rodaje principal.

4.6.5 Metodología e Instrumentos

4.6.5.1 METODOLOGÍA GENERAL

Dentro de las actividades, se realizaron con estación total perfiles longitudinales cada 10 m. en pista y calles de rodaje, así como perfiles transversales cada 20 m. a las mismas secciones con la extensión necesaria para cubrir toda la propiedad del aeródromo, tales como, zonas pavimentadas, sectores a intervenir, levantamientos topográficos y seguimiento de drenes y cerco perimetral. Además de esto, se realizaron nivelaciones geométricas a zonas de empalmes, eje de pista, PRs y puntos de interés para obtener sus respectivas cotas geométricas.

Complementariamente, se realizó una poligonal topográfica con los PRs monumentados y la respectiva vinculación geodésica de ésta con la Red Geodésica Nacional (RGN), por medio de un punto IGM (BLMC) que pertenece al Instituto Geográfico Militar (IGM).

A la red monumentada en terreno se le dieron coordenadas a partir del punto IGM antes mencionado a través de mediciones GNSS según indica el MCv2 en su ítem 2.303.3 haciendo mediciones en sesiones y con vectores ordenados el tiempo necesario para garantizar un buen proceso de datos.

En cuanto a altimetría de la red se hizo una nivelación cerrada de alta precisión como indica el MCv2 en el ítem 2.303.2 para obtener cotas a nivel medio del mar (NMM). Esta nivelación tomó de referencia un punto de la red de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), ya que no existe en el sector ninguna referencia altimétrica cercana al aeródromo.

Con la red de puntos con cota a nivel medio del mar (NMM) y coordenadas globales (UTM) debido al transporte de coordenadas por medio de GNSS se puede comenzar con los levantamientos y trabajos de topografías, sin embargo, se debe generar una proyección local (LTM-PTL), puesto que las proyecciones globales deforman las mediciones directas como distancias y ángulos, es por esto que como lo indica el MC v2 se creó un Plano Topográfico Local (PTL).

4.6.5.2 INSTRUMENTOS EMPLEADOS

En la siguiente figura se adjuntan los instrumentos topográficos empleados. Para la realización de la nivelación geométrica se utilizó un nivel marca TopCon, modelo AT-B4A. La poligonal y el levantamiento topográfico fue realizado con estación total marca Trimble, modelo 3605 DR GDM 600CU. Mientras que la vinculación a la RGN se llevó a cabo con receptores GNSS doble frecuencia marca Topcon Hiper II y Sokkia GRX2.

Es importante mencionar que cada uno de estos instrumentos fue apoyado con sus respectivos accesorios es decir, el nivel fue acompañado con trípode y mira de aluminio; la estación total contó con trípode y prisma; mientras que los receptores contaron con los respectivos trípodes para la realización de las mediciones en estático relativo post proceso.

4.6.6 Procedimientos

4.6.6.1 PROCEDIMIENTOS EN TERRENO

4.6.6.1.1 CONSTRUCCIÓN DE PRS

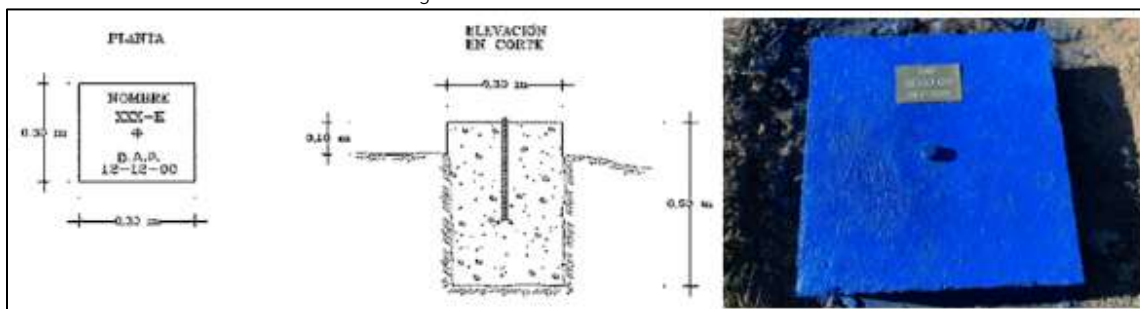
Previo a la realización de las distintas mediciones en terreno se define la configuración espacial de los PRs, los cuales deben tener 50 cm de profundidad, 30 cm de ancho, 30 cm de largo y no sobresalir más de 10 cm del terreno, de acuerdo con la ETG N°40, capítulo 1.4.3.7, tal como se indica en las figuras siguientes. El nombre de cada PR queda definido por el prefijo "SCBA22" acompañado por el número secuencial, por lo tanto, queda definido el primero como "SCBA22 - 01", el segundo como "SCBA22 - 02" y así sucesivamente hasta el octavo PR, según lo dispuesto en los Términos de Referencia (TDR).

Figura 4.43: Configuración espacial de PRs.



Fuente: elaboración propia.

Figura 4.44: Monumentación de PRs.



Fuente: ETG N°40.

4.6.6.1.2 NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

Posterior a la materialización de los PRs se procedió a otorgarles las cotas por medio de la nivelación geométrica de precisión, siguiendo la especificación de la ETG N°40 en el capítulo 1.4.3.8, en el que indica que se deberán realizar nivelaciones cerradas en tramos ida y vuelta entre PRs consecutivos, cuidando que la distancia de lectura no exceda los 50 m. Para los puntos de cambio se utilizó un pizón de nivelación para que la mira no sufriera alteraciones de posición en estos puntos.

Una vez verificado que el error de cierre se encuentra dentro de tolerancia, se realiza la compensación del error y se itera el procedimiento hasta nivelar todos los PRs, los cuales quedan establecidos con cotas locales. Estas cotas, posterior a la vinculación de los PRs a la RGN, fueron reducidas a cotas a nivel medio del mar (NMM)

Este proceso se hizo a través de la nivelación con un punto de cota conocida el cual fue el punto denominado SCBA B ubicación al sureste de pista en las denominadas luces PAPI, este punto se niveló con nuestro PR creado SCBA22-01. Luego, se realizó una radiación desde SCBA22 – 01 con la finalidad de entregar cota geométrica para futuros trabajos y obras a realizar en el aeródromo. La radiación se hizo a través de una nivelación cerrada pasando por todos los PRs construidos de forma consecutiva, de modo se nivelaron SCBA22 – 02, SCBA22 – 03, etc.

4.6.6.1.3 POLIGONAL TOPOGRÁFICA

El procedimiento ejecutado fue regido por las ETG N°40, capítulo 1.4.3.6, específicamente en los párrafos referidos a la “poligonal topográfica”, que menciona todas las aceptaciones y restricciones al medir la poligonal con instrumental GNSS.

Se utilizaron 3 receptores GNSS con los cuales se generó un procedimiento de medición, para así tener una continuidad de las mediciones. Además, se tiene registro de cada medición para así poder procesar de buena forma la información obtenida en terreno.

4.6.6.1.4 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Una vez que se han establecido los PRs se ha realizado la poligonal y la nivelación geométrica, se realiza el levantamiento topográfico en la zona comprendida por el proyecto. Se tuvo en cuenta las partes más relevantes dentro de la zona de interés.

Para el inicio del levantamiento, en cada instalación, se miden los datos atmosféricos (temperatura y presión) para ser incluidos en la estación total, con la finalidad de mejorar la precisión de las observaciones.

A partir de los PRs se realiza un barrido de puntos radiados, sin embargo, para sectores de escasa visibilidad entre la estación y el prisma, se hace necesario la utilización de puntos auxiliares, los cuales quedan materializados en terreno mediante clavos empotrados firmemente en lugares inamovibles (clavos que fueron removidos de terreno posterior al término de las mediciones).

Este procedimiento consiste en medir todo tipo de singularidades ubicadas en la propiedad a estudiar del aeródromo. Las zonas de interés como pista, proximidades a la pista, calle de rodaje Alfa y los empalmes a estas desde la zona de interés se levantaron con instrumental geométrico como lo es el nivel y sus accesorios, con el fin de tener mejor precisión altimétrica. Las zonas de complemento y sectores a estudiar se levantaron con métodos trigonométricos como los son la estación total junto a sus accesorios.

Se adjunta el archivo de puntos de levantamiento con el código del punto y su descriptor, denominado “Levantamiento topografico.csv”, donde las coordenadas se encuentran en proyección UTM y “Levantamiento topográfico-DAP.csv” los puntos con coordenadas locales del aeródromo de Balmaceda.

4.6.6.1.5 DRENAJES

En cuanto al curso de las aguas dentro del aeródromo se hizo un seguimiento de la recolección y desembocaduras de estas. Como es de conocimiento la región de Aysén es una zona de altas precipitaciones anualmente, por tanto, el estudio hídrico del curso de las aguas es un factor influyente en posibles proyectos a ejecutarse en un futuro.

Para entender el curso del agua se procedió a hacer un seguimiento visual en terreno se todos los drenes influyentes del aeródromo, esto consiste en seguir los drenes desde el inicio donde se incorporan a los terrenos del aeródromo hasta el lugar donde desembocan las aguas en sectores aledaños del mismo.

Luego se comenzaron a hacer levantamientos topográficos de los drenes y las obras de artes que cruzan, obteniendo información topográfica e información fotográfica de los drenes de mayor influencia, como lo es el dren que pasa entre calle de rodaje alfa y pista.

Como conclusión de los sentidos de descarga de los drenes se observa que gran parte de los drenes desembocan hacia el este a terrenos cercanos al aeródromo. Finalmente, el curso de las aguas y recolección de las mismas dentro del aeródromo es la que se muestra en la siguiente figura.

Figura 4.45: Desembocadura de drenes de aeródromo Balmaceda.



Fuente: Elaboración propia

4.6.6.1.6 VINCULACIÓN GEODÉSICA

El primer paso para la vinculación de la Red a la RGN fue la planificación del procedimiento para marzo de 2022, lo cual contempla verificar aspectos tales como la elevación de los satélites con respecto al horizonte, cantidad de satélites disponibles, dilución de la precisión respecto a la geometría de los satélites y a la posición del receptor y visibilidad de los satélites.

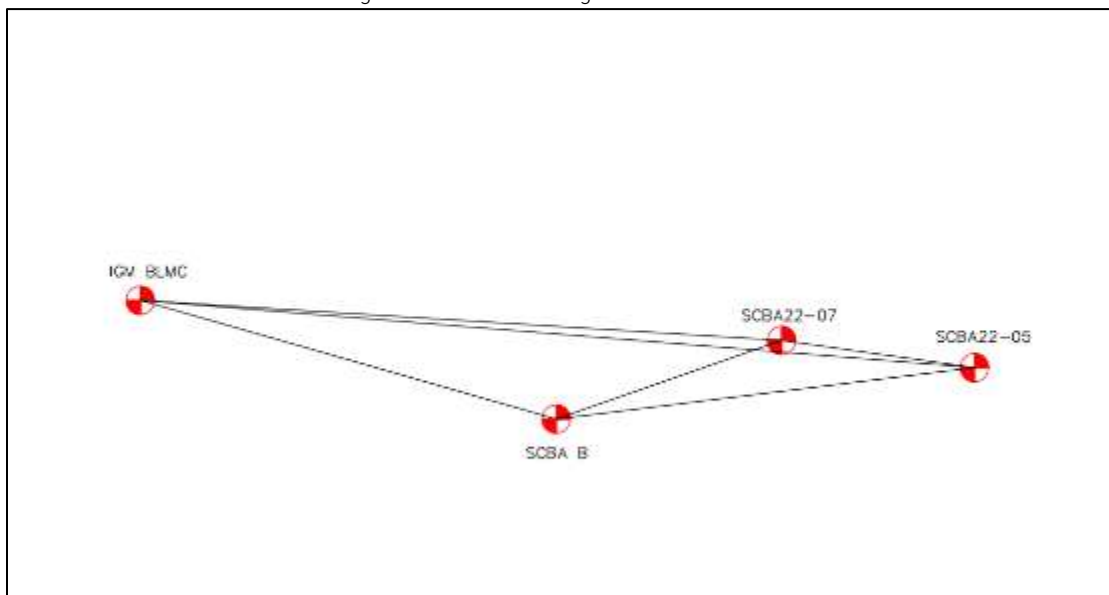
Se debe tener en cuenta que la vinculación del proyecto a los marcos de referencias nacionales se debe hacer en cuanto a planimetría y altimetría. Respecto a la planimetría por temas de ubicación del proyecto no se pudo ocupar un punto de medición continua de la red geodésica nacional por distancia al recinto aeroportuario, sin embargo, dentro del aeródromo existe un punto de referencia del Instituto geográfico militar (IGM) con la denominación de aeropuerto Balmaceda (BLMC) cuyo certificado se adjunta en el Anexo C. Esta estación entrega coordenadas geodésicas (elipsoidales) latitud, longitud y altura elipsoidal.

La referencia altimétrica será ubicada en puntos de referencia internos del aeródromo que tienen cota a nivel medio del mar (NMM) y que fueron ubicados en terreno para así poder entregar cota geométrica a los puntos de la red creada.

El datum planimétrico a utilizar para apoyar las mediciones fue el datum WGS84 y la referencia geométrica para la altura fue el EGM08.

La vinculación se hizo desde el punto IGM (BLMC) al SCBAB, SCBA22 – 05 y SCABA – 07 como se muestra en la Figura siguiente.

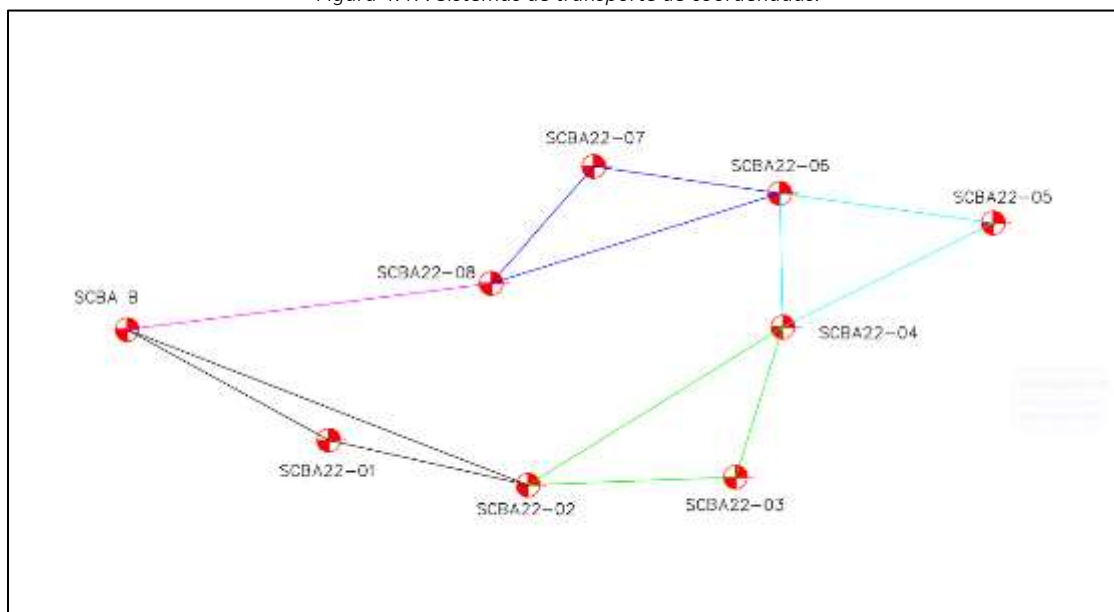
Figura 4.46: Líneas base generadas entre PRs.



Fuente: Elaboración propia

El sistema de transporte de coordenadas se hizo iniciando en el punto SCBA B y en orden creciente de los puntos de referencia. Lo anterior se visualiza a continuación.

Figura 4.47: Sistemas de transporte de coordenadas.



Fuente: Elaboración propia

El tiempo necesario para obtener precisiones óptimas, para receptores doble frecuencia, se calcula basándose en 30 minutos.

4.6.6.2 PROCEDIMIENTOS EN GABINETE

4.6.6.2.1 NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

Se procedió a verificar que el error de cierre estuviera dentro de tolerancia la cual está dada por la expresión:

$$T = 0,005 \times \sqrt{K} \text{ (m)}$$

Donde:

- T: Tolerancia
- K: Distancia total del recorrido, expresado en km.

Una vez verificado que el error de cierre se encuentra dentro de tolerancia se realiza la compensación del error para obtener cotas compensadas locales. Estas cotas, posterior a la vinculación a la RGN, fueron reducidas a alturas ortométricas (H).

La cota asociada a SCBA B corresponde a 508.411 m sobre el NMM.

A continuación, se adjunta el registro de cada tramo ida y vuelta, en el que se incluye: lecturas de los hilos, diferencias de altura, sumatoria de lecturas adelante y atrás, errores de cierre (ec), errores unitarios (eu), cotas a priori y cotas compensadas.

Tabla 4.29: Registro nivelación geométrica con tramos ida y vuelta.

PUNTO	LECTURA ATRÁS				PUNTO	LECTURA ADELANTE				ΔH	COTA	COTA COMP
	H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS		H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS			
SCBA B	1.215	1.469	1.723	1.469	PC 1	1.068	1.342	1.616	1.342	0.127	508.538	508.538
PC 1	1.595	1.830	2.065	1.83	PC 2	0.478	0.747	1.016	0.747	1.083	509.621	509.622
PC 2	2.413	2.530	2.648	2.5305	PC 3	0.053	0.142	0.231	0.142	2.388	512.009	512.010
PC 3	2.424	2.485	2.547	2.4855	PC 4	0.078	0.178	0.278	0.178	2.307	514.316	514.318
PC 4	2.693	2.735	2.777	2.735	PC 5	0.207	0.285	0.363	0.285	2.450	516.766	516.768
PC 5	2.213	2.264	2.316	2.2645	SCBA22-01	0.924	0.978	1.033	0.9785	1.286	518.052	518.054
SCBA22-01	1.186	1.257	1.328	1.257	PC 6	1.380	1.443	1.506	1.443	-0.186	517.866	517.869
PC 6	0.478	0.478	0.531	0.5045	PC 7	2.634	2.680	2.726	2.68	-2.202	515.664	515.667
PC 7	0.236	0.317	0.397	0.3165	PC 8	2.187	2.261	2.336	2.2615	-1.944	513.720	513.723
PC 8	0.450	0.563	0.676	0.563	PC 9	2.398	2.535	2.673	2.5355	-1.972	511.748	511.752
PC 9	0.116	0.217	0.318	0.217	PC 10	2.634	2.763	2.892	2.7625	-2.546	509.202	509.206
PC 10	0.430	0.577	0.724	0.577	PC 11	1.657	1.831	2.005	1.8305	-1.254	507.948	507.953
PC 11	1.043	1.248	1.454	1.2485	SCBA B	0.523	0.790	1.057	0.79	0.458	508.406	508.411
										ERROR NIV.	0.005	
										COMP	0.0004	

PUNTO	LECTURA ATRÁS				PUNTO	LECTURA ADELANTE				ΔH	COTA	COTA COMP	DISTANCIA
	H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS		H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS				
SCBA22-01	1.583	1.824	2.064	1.8235	PC1	1.125	1.388	1.650	1.3875	0.436	518.490	518.490	100.600
PC1	1.755	2.007	2.260	2.0075	PC2	1.342	1.601	1.859	1.6005	0.406	518.896	518.896	102.200
PC2	1.033	1.273	1.512	1.2725	PC3	2.164	2.409	2.655	2.4095	-1.136	517.760	517.760	97.000
PC3	1.012	1.210	1.408	1.2100	SCBA22-02	0.967	1.254	1.542	1.2545	-0.044	517.716	517.716	97.100
SCBA22-02	1.939	2.176	2.417	2.1780	PC4	1.113	1.343	1.572	1.3425	0.833	518.549	518.549	93.700
PC4	1.982	2.240	2.500	2.2410	PC5	2.400	2.650	2.902	2.6510	-0.41	518.139	518.139	102.000
PC5	1.556	1.770	1.987	1.7715	SCBA22-01	1.637	1.855	2.073	1.8550	-0.085	518.054	518.054	86.700
Σ		12.500					12.500						679.300
T	0.0058												
ec	0.0000												
eu	0.0000												

PUNTO	LECTURA ATRÁS				PUNTO	LECTURA ADELANTE				ΔH	COTA	COTA COMP	DISTANCIA
	H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS		H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS				
SCBA22-02	0.967	1.254	1.542	1.2545	PC1	2.240	2.488	2.735	2.4875	-1.234	516.482	516.482	107.000
PC1	0.430	0.681	0.932	0.681	PC2	2.167	2.413	2.658	2.4125	-1.732	514.750	514.750	99.300
PC2	0.079	0.320	0.562	0.3205	PC3	2.570	2.659	2.748	2.6590	-2.339	512.411	512.411	66.100
PC3	0.156	0.226	0.298	0.2270	SCBA22-03	3.769	3.903	4.037	3.9030	-3.677	508.734	508.734	41.000
SCBA22-03	3.489	3.608	3.727	3.6080	PC4	0.151	0.282	0.413	0.2820	3.326	512.060	512.060	50.000
PC4	2.598	2.775	2.952	2.7750	PC5	0.236	0.441	0.645	0.4405	2.334	514.394	514.394	76.300
PC5	2.768	2.949	3.131	2.9495	PC6	0.115	0.310	0.504	0.3095	2.639	517.033	517.032	75.200
PC6	1.823	2.029	2.236	2.0295	SCBA22-02	1.056	1.345	1.634	1.3450	0.684	517.717	517.716	99.100
Σ		13.842					13.841						614.000
T	0.0055												
ec	0.0010												
eu	0.0001												

PUNTO	LECTURA ATRÁS				PUNTO	LECTURA ADELANTE				ΔH	COTA	COTA COMP	DISTANCIA
	H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS		H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS				
SCBA22-03	0.098	0.165	0.232	0.1650	PC1	2.748	2.861	2.977	2.8625	-2.696	506.038	506.038	36.300
PC1	0.139	0.289	0.441	0.2900	PC2	1.641	1.851	2.063	1.852	-1.562	504.476	504.475	72.400
PC2	0.729	0.946	1.161	0.9450	SCBA22-04	0.696	1.017	1.339	1.0175	-0.071	504.405	504.404	107.500
SCBA22-04	0.738	1.059	1.378	1.0580	PC3	0.823	1.057	1.290	1.0565	0.002	504.407	504.406	110.700
PC3	1.551	1.751	1.951	1.7510	PC4	0.619	0.747	0.878	0.7485	1.004	505.411	505.409	65.900
PC4	2.583	2.668	2.755	2.6690	PC5	0.145	0.221	0.297	0.2210	2.447	507.858	507.856	32.400
PC5	1.708	1.752	1.799	1.7535	SCBA22-03	0.816	0.874	0.932	0.8740	0.878	508.736	508.734	20.700
Σ		8.630					8.628						445.900
T	0.0047												
ec	0.0020												
eu	0.0003												

PUNTO	LECTURA ATRÁS				PUNTO	LECTURA ADELANTE				ΔH	COTA	COTA COMP	DISTANCIA
	H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS		H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS				
SCBA22-04	0.470	0.850	1.230	0.8500	PC1	1.804	2.036	2.268	2.036	-1.186	503.218	503.218	122.400
PC1	0.485	0.759	1.032	0.7585	PC2	1.483	1.710	1.936	1.7095	-0.951	502.267	502.266	100.000
PC2	0.724	0.990	1.258	0.9910	SCBA22-05	1.095	1.335	1.575	1.3350	-0.345	501.922	501.921	101.400
SCBA22-05	1.213	1.422	1.631	1.4220	PC3	0.967	1.182	1.391	1.1790	0.240	502.162	502.161	84.200
PC3	1.464	1.757	2.048	1.7560	PC4	0.516	0.772	1.029	0.7725	0.985	503.147	503.145	109.700
PC4	1.883	2.149	2.415	2.1490	SCBA22-04	0.511	0.890	1.270	0.8905	1.259	504.406	504.404	129.100
Σ		7.927					7.925						646.800
T	0.0057												
ec	0.0020												
eu	0.0003												

PUNTO	LECTURA ATRÁS				PUNTO	LECTURA ADELANTE				ΔH	COTA	COTA COMP	DISTANCIA
	H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS		H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS				
SCBA22-05	1.339	1.608	1.878	1.6085	PC1	0.659	0.936	1.212	0.9355	0.672	502.593	502.593	109.200
PC1	1.380	1.610	1.840	1.6100	PC2	0.828	1.071	1.312	1.0700	0.539	503.132	503.132	94.400
PC2	1.348	1.568	1.790	1.5690	SCBA22-06	1.078	1.309	1.541	1.3095	0.259	503.391	503.391	90.500
SCBA22-06	0.98	1.252	1.526	1.2530	PC3	1.248	1.488	1.731	1.4895	-0.236	503.155	503.155	102.900
PC3	0.629	0.868	1.108	0.8685	PC4	1.282	1.531	1.782	1.5320	-0.663	502.492	502.492	97.900
PC4	0.861	1.075	1.291	1.0760	SCBA22-05	1.388	1.646	1.902	1.6450	-0.571	501.921	501.921	94.400
Σ		7.981					7.981						589.300
T	0.0054												
ec	0.0000												
eu	0.0000												

PUNTO	LECTURA ATRÁS				PUNTO	LECTURA ADELANTE				ΔH	COTA	COTA COMP	DISTANCIA
	H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS		H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS				
SCBA22-06	1.506	1.765	2.022	1.7640	PC1	0.771	1.025	1.278	1.0245	0.740	504.131	504.130	102.300
PC1	1.349	1.584	1.821	1.5850	PC2	0.802	1.031	1.262	1.0320	0.553	504.684	504.683	93.200
PC2	1.012	1.222	1.433	1.2225	SCBA22-07	0.982	1.085	1.190	1.0860	0.137	504.821	504.819	62.900
SCBA22-07	0.895	1.014	1.133	1.0140	PC3	1.016	1.247	1.478	1.2470	-0.233	504.588	504.586	70.000
PC3	0.791	1.022	1.250	1.0205	PC4	1.332	1.563	1.792	1.5620	-0.541	504.047	504.044	91.900
PC4	0.808	1.048	1.287	1.0475	SCBA22-06	1.461	1.701	1.941	1.7010	-0.653	503.394	503.391	95.900
Σ		7.655					7.652						516.200
T	0.0051												
ec	0.0030												
eu	0.0005												

PUNTO	LECTURA ATRÁS				PUNTO	LECTURA ADELANTE				ΔH	COTA	COTA COMP	DISTANCIA
	H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS		H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS				
SCBA22-07	1.388	1.512	1.637	1.5125	PC1	1.455	1.551	1.649	1.552	-0.039	504.780	504.781	44.300
PC1	1.388	1.622	1.859	1.6235	PC2	0.708	0.934	1.162	0.9350	0.688	505.468	505.469	92.500
PC2	1.509	1.780	2.050	1.7795	SCBA22-08	0.717	0.938	1.158	0.9375	0.842	506.310	506.311	98.200
SCBA22-08	0.810	0.922	1.035	0.9225	PC3	1.198	1.379	1.561	1.3795	-0.457	505.853	505.855	58.800
PC3	0.749	0.968	1.188	0.9685	PC4	1.668	1.932	2.199	1.9335	-0.964	504.889	504.891	97.000
PC4	1.160	1.396	1.630	1.3950	SCBA22-07	1.344	1.468	1.591	1.4675	-0.072	504.817	504.819	71.700
Σ		8.200					8.202						462.500
T	0.0048												
ec	-0.0020												
eu	-0.0003												

PUNTO	LECTURA ATRÁS				PUNTO	LECTURA ADELANTE				ΔH	COTA	COTA COMP	DISTANCIA
	H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS		H. INF	H. M.	H. SUP	PROM. HILOS				
SCBA22-08	1.691	1.921	2.149	1.920	PC1	0.430	0.638	0.842	0.6360	1.283	507.594	507.594	87.000
PC1	1.609	1.789	1.970	1.7895	PC2	0.124	0.173	0.222	0.1730	1.616	509.210	509.210	45.900
PC2	2.821	3.022	3.222	3.0215	PC3	0.288	0.470	0.655	0.4715	2.552	511.762	511.762	76.800
PC3	3.147	3.352	3.564	3.3555	PC4	0.118	0.171	0.224	0.1710	3.181	514.943	514.942	52.300
PC4	3.415	3.544	3.672	3.5435	SCBA22-01	0.218	0.431	0.648	0.4330	3.113	518.056	518.055	68.700
SCBA22-01	0.489	0.703	0.919	0.7040	PC5	2.862	2.956	3.048	2.9550	-2.253	515.803	515.802	61.600
PC5	0.349	0.442	0.533	0.4410	PC6	2.699	2.848	3.000	2.8495	-2.406	513.397	513.396	48.500
PC6	0.001	0.251	0.499	0.2500	PC7	3.424	3.687	3.952	3.6880	-3.436	509.961	509.959	102.600
PC7	0.01	0.225	0.439	0.2245	PC8	2.482	2.683	2.883	2.6825	-2.458	507.503	507.501	83.000
PC8	0.609	0.719	0.829	0.7190	SCBA22-08	1.770	1.909	2.049	1.9095	-1.190	506.313	506.311	49.900
Σ		15.968					15.966						676.300
T	0.0058												
ec	0.0020												
eu	0.0002												

Fuente: elaboración propia.

4.6.6.2.2 POLIGONAL TOPOGRÁFICA

Como se menciona con anterioridad la medición de la poligonal se hizo a través de mediciones GNSS, las cuales siguen la disposición vista anteriormente, donde se distinguen triangulaciones para el procesamiento de las coordenadas y el traslado de estas. La medición busca generar series de vectores que generen redundancias para procesar los vectores.

El proceso de ajuste se hace a través de mínimos cuadrados el cual busca determinar las coordenadas y error de las coordenadas de la red. Además, el proceso de ajuste debe superar pruebas estadísticas como la de CHI-cuadrado o TAU.

La tolerancia se define como la raíz cuadrada de las diferencias de las coordenadas al cuadrado.

$$T = \sqrt{((Nf - Ni)^2 + (Ef - Ei)^2 + (Hf - Hi)^2)}$$

La tolerancia del proceso es de 4 PPM (partes por millón) o 4 mm por KM lo que se refleja en la razón 1:250000.

El registro de la poligonal y su compensación se adjuntan en el archivo denominado “Informe de ajuste de poligonal.xlsx”.

4.6.6.2.3 VINCULACIÓN GEODÉSICA

El método de procesamiento de los datos GNSS se denomina diferencial de post proceso, el cual consiste en obtener datos brutos de dos o más receptores GNSS, en ventanas de tiempo coincidentes, para obtener vectores que permitan trasladar coordenadas desde la EAF del IGM hasta cada uno de los tres PRs vinculados.

Los vectores formados por los receptores GNSS se resumen en la Tabla 4.30:

Tabla 4.30: Detalle observaciones GNSS.

ID punto	Hora de inicio	Hora término	Duración	Archivo	Altura (m)	Tipo de antena
IGM BLMC	15:58:00	17:40:00	01:42:00	060522_IGM	0.998	Topcon Hiper II
SCBA B	16:07:00	17:45:00	01:38:00	060522_SCBAB	1.039	Topcon Hiper II
SCBA22-05	16:23:00	17:04:00	00:41:00	060522_PR5	1.045	Sokkia GRX2
SCBA22-07	17:10:00	17:55:00	00:45:00	060522_PR7	1.023	Sokkia GRX2

Fuente: elaboración propia.

Con la información de los vectores obtenida, se realiza el cálculo de éstos, y se comienza a densificar las coordenadas en los PRs materializados, lo que se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 4.31: Información PRs.

ID punto	Hora de inicio	Hora término	Duración	Archivo	Altura (m)	Tipo de antena
SCBA B	14:08	15:25	1:17	LOG01052022_SCBA-B	1.077	TopCon Hiper II
SCBA22-01	14:25	15:33	1:08	LOG01052022_PR1	1.087	Sokkia GRX2
SCBA22-02	14:53	16:25	1:32	LOG01052022_PR2	1.038	TopCon Hiper II
SCBA22-03	15:47	16:31	0:44	LOG01052022_PR3	1.063	Sokkia GRX2
SCBA22-04	15:58	17:25	1:27	LOG01052022_PR4	1.049	TopCon Hiper II
SCBA22-05	16:53	17:45	0:52	LOG01052022_PR5	0.901	Sokkia GRX2
SCBA22-06	17:04	18:30	1:26	LOG01052022_PR6	0.996	TopCon Hiper II
SCBA22-07	18:10	18:35	0:25	LOG01052022_PR7	0.912	Sokkia GRX2
SCBA22-08	17:37	19:45	2:08	LOG01052022_PR8	1.087	TopCon Hiper II
SCBA B	19:05	19:35	0:30	LOG01052022_SCBA_B_	0.986	TopCon Hiper II

Fuente: elaboración propia.

A continuación, es necesario calcular las coordenadas de cada punto. Al haber formado con los vectores circuitos cerrados, se posibilita la realización del ajuste de las posiciones de cada PR. El informe de este ajuste se presenta a continuación.

Tabla 4.32: Vectores de la poligonal GNSS.

ID del punto de origen	Al ID de punto	Tipo de solución	Estado	PDOP	Precisión h. (95%)	Precisión v. (95%)	Satélites	Largo del vector
SCBA22-01	SCBA22-02	Fija	Habilitado	2.53	0.003	0.003	7	279.646
SCBA22-02	SCBA22-03	Fija	Habilitado	4.44	0.003	0.006	6	284.65
SCBA22-02	SCBA22-04	Fija	Habilitado	3.67	0.003	0.007	9	410.68
SCBA22-03	SCBA22-04	Fija	Habilitado	4.44	0.003	0.009	6	215.249
SCBA22-05	SCBA22-04	Fija	Habilitado	2.86	0.003	0.004	6	321.37
SCBA22-05	SCBA22-06	Fija	Habilitado	3.25	0.003	0.004	6	294.923
SCBA22-05	SCBA22-08	Fija	Habilitado	2.97	0.004	0.004	6	692.441
SCBA22-06	SCBA22-04	Fija	Habilitado	2.8	0.003	0.004	10	182.769
SCBA22-07	SCBA22-06	Fija	Habilitado	2.16	0.004	0.004	8	257.572
SCBA22-07	SCBA22-08	Fija	Habilitado	2.52	0.004	0.004	8	212.722
SCBA22-08	SCBA22-06	Fija	Habilitado	2.22	0.002	0.003	14	414.061
SCBA B	SCBA22-01	Fija	Habilitado	3.08	0.003	0.003	7	314.911
SCBA B	SCBA22-02	Fija	Habilitado	1.8	0.003	0.004	11	588.701
SCBA B	SCBA22-08	Fija	Habilitado	1.91	0.002	0.004	12	502.562

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.33: Informe de ajuste de la red.

Configuraciones del ajuste	
Errores de configuración	
GNSS	
Error en la altura de antena:	0.003 m
Error de centrado:	0.000 m
Visualización de la covarianza	
Horizontal:	
Error lineal propagado [E]:	EE.UU.
Término constante [C]:	0.000 m
Escalar en error lineal [S]:	1.96
Tridimensional	
Error lineal propagado [E]:	EE.UU.
Término constante [C]:	0.000 m
Escalar en error lineal [S]:	1.96
Estadísticas del ajuste	
Número de iteraciones para un ajuste exitoso:	3
Factor de referencia de red:	1
Prueba de chi al cuadrado (95%):	Pasado
Nivel de confianza de la precisión:	95%
Grados de libertad:	20
Estadísticas de vectores con posprocesamiento	
Factor de referencia:	1
Número de redundancias:	20
Escalar a priori:	1.45

Nota:
incluye configuraciones,
estadísticas,
punto de control,
coordenadas de grilla ajustadas,
geodésicas ajustadas,
geocéntricas ajustadas

Comparación de coordenadas de control							
ID de punto	ΔValor norte (Metro)	ΔEste (Metro)	ΔElevación (Metro)	ΔAltura (Metro)			
SCBA22-05	?	?	0.005	?			
SCBA22-07	?	?	0.177	?			
Límites de punto de control							
ID de punto	Tipo	Norte σ (Metro)	Este σ (Metro)	Altura σ (Metro)	Elevación σ (Metro)		
SCBA B	Global	Fijo	Fijo	Fijo			
SCBA22-05	Cuadrícula	Fijo	Fijo				
SCBA22-07	Cuadrícula	Fijo	Fijo				
Fijo = 0.000001(Metro)							
Coordenadas de cuadrícula ajustadas							
ID de punto	Valor norte (Metro)	Valor norte Error (Metro)	Este (Metro)	Este Error (Metro)	Elevación (Metro)	Elevación Error (Metro)	Límite
SCBA B	4911575.2516	?	292363.9043	?	509.762	?	LLh
SCBA22-01	4911424.0698	0.003	292640.0195	0.002	519.385	0.010	
SCBA22-02	4911362.6848	0.002	292912.8713	0.002	519.056	0.010	
SCBA22-03	4911373.4751	0.003	293197.2020	0.002	510.076	0.015	
SCBA22-04	4911578.7413	0.002	293261.9149	0.001	505.751	0.012	
SCBA22-05	4911721.0760	?	293550.0690	?	503.267	0.013	NE
SCBA22-06	4911761.4812	0.002	293257.9020	0.001	504.738	0.013	
SCBA22-07	4911798.1960	?	293002.9380	?	505.992	0.015	NE
SCBA22-08	4911638.3739	0.002	292862.5341	0.001	507.826	0.011	

Fuente: Elaboración propia

4.6.6.2.4 COORDENADAS LOCALES

Se define una proyección LTM de medio grado de cobertura a cada lado del Meridiano Central Local (MCL) y un PTL para resolver el problema de reducción de distancias.

Primeramente, se define la proyección LTM con sus parámetros requeridos:

- Ancho de huso: 1°.
- MCL: se define una longitud como meridiano central lo más cerca al proyecto, con el fin de minimizar las deformaciones producidas a partir de la lejanía a este y este se define cada $\frac{1}{4}$ de grados de meridiano según MCV 2 (Manual de Carreteras vol. 2 en el ítem 2.302.203(2)).
- MCL = -71°45'00".
- Norte Falso Local (NFL) para la proyección: NFL = 7.000.000 m.
- Este Falso Local (EFL) para la proyección: EFL = 200.000 m.
- Factor de escala cartográfico (Ko): Ko = 0,999995.

La elevación del PTL (H_{PTL}) sobre el NMM elegido para este proyecto, dado que el terreno no presenta variaciones altimétricas significativas, se define en:

$$H_{PTL} = 500 \text{ m.}$$

Una vez seleccionada H_{PTL} , es necesario definir el factor de escala (Kh) por efecto de la altura, a la cota H_{PTL} , según la siguiente fórmula:

$$Kh = \frac{R + H_{ptl}}{R}$$

$$Kh = 1.00007839448$$

Donde:

- R: corresponde al radio medio de la Tierra, equivalente a 6.378.000 m.

Los parámetros requeridos para el entorno LTM-PTL se resumen en la tabla siguiente.

Tabla 4.34: Parámetros proyección LTM con altura PTL.

PARÁMETRO	VALOR
MCL	-71°45'00"
NFL	7.000.000
EFL	200.000
Ko	0,999995
Kh	1.00007839448
H_{PTL}	500 m.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se trasladan y rotan las coordenadas al sistema local del aeródromo de Balmaceda el cual tiene su origen en el inicio de la pista de aterrizaje en el umbral 09, puesto que las coordenadas PTL se encuentran teóricamente sobre un plano para hacer el traslado y rotación de coordenadas se toma como coordenadas de origen (X_o , Y_o) las coordenadas ptl del inicio de pista y el ángulo de rotación requerido para alinear pista en dirección horizontal.

Con estos datos se hizo la transformación de coordenadas a partir de las siguientes ecuaciones trigonométricas:

$$X_{DAP} = (X_{PTL} - X_o) * \cos(\alpha) + (Y_{PTL} - Y_o) * \text{seno}(\alpha)$$

$$Y_{DAP} = (Y_{PTL} - Y_o) * \cos(\alpha) - (X_{PTL} - X_o) * \text{seno}(\alpha)$$

Donde:

X_o e Y_o son las coordenadas ptl del origen de la pista en umbral 09.

X_{ptl} e Y_{ptl} son las coordenadas PTL del punto.

α es el ángulo de rotación requerido en grados sexagesimales.

Tabla 4.35: Parámetros de traslación y rotación coordenadas planas.

PARAMETRO	VALOR
X_o	203469.532 m.
Y_o	1913071.619 m.
α	-10.05343004 °

Fuente: Elaboración propia

4.6.7 Coordenadas Finales

Tabla 4.36: Coordenadas geodésicas de los PRs y estación de referencia.

ID de punto	Latitud (grad)	Longitud (grad)	Altura (h) (m)
SCBA B	S45°55'04.848360000"	071°40'39.343700000"	528.540
SCBA22-01	S45°55'10.041598255"	071°40'26.774621162"	538.163
SCBA22-02	S45°55'12.324522080"	071°40'14.216679029"	537.832
SCBA22-03	S45°55'12.283436461"	071°40'01.014086771"	528.849
SCBA22-04	S45°55'05.709751344"	071°39'57.694601253"	524.519
SCBA22-05	S45°55'01.414601720"	071°39'44.111363550"	522.030
SCBA22-06	S45°54'59.790739971"	071°39'57.597240180"	523.502
SCBA22-07	S45°54'58.326212917"	071°40'09.363440067"	524.759
SCBA22-08	S45°55'03.346849549"	071°40'16.122579297"	526.598

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4.37: Coordenadas UTM de los PRs y estación de referencia.

ID de punto	NORTE (m)	ESTE (m)	Elevación (H) (m)
SCBA B	4911575.2516	292363.9043	509.762
SCBA22-01	4911424.0698	292640.0195	519.385
SCBA22-02	4911362.6848	292912.8713	519.056
SCBA22-03	4911373.4751	293197.2020	510.076
SCBA22-04	4911578.7413	293261.9149	505.751
SCBA22-05	4911721.0760	293550.0690	503.267
SCBA22-06	4911761.4812	293257.9020	504.738
SCBA22-07	4911798.1960	293002.9380	505.992
SCBA22-08	4911638.3739	292862.5341	507.826

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4.38: Coordenadas PTL con elevación respecto al NMM de los PRs.

id Punto	Norte PTL (m)	Este PTL (m)	Cota NMM (m)
SCBA22-01	1912464.978	205888.136	518.034
SCBA22-02	1912394.224	206158.695	517.705
SCBA22-03	1912395.203	206443.215	508.725
SCBA22-04	1912598.106	206514.965	504.400
SCBA22-05	1912730.413	206807.842	501.916
SCBA22-06	1912780.867	206517.256	503.387
SCBA22-07	1912826.349	206263.721	504.641
SCBA22-08	1912671.471	206117.897	506.475

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4.39: Coordenadas DAP de los PRs.

ID de punto	NORTE LOCAL (m)	ESTE LOCAL (m)	COTA (m)
SCBA22-01	-175.119	2487.366	518.034
SCBA22-02	-197.556	2766.122	517.705
SCBA22-03	-146.925	3046.103	508.725
SCBA22-04	65.387	3081.331	504.4
SCBA22-05	246.790	3346.615	501.916
SCBA22-06	245.743	3051.683	503.387
SCBA22-07	246.268	2794.101	504.641
SCBA22-08	68.312	2677.553	506.475

Fuente: elaboración propia.

4.6.8 Vuelo RPAS e Imagen Satelital

Para un análisis orográfico se deberá realizar un vuelo RPAS para obtener imágenes ortorectificadas y un modelo digital de terreno (MDT) en coordenadas UTM y locales aeroportuarios, como también en cota NMM.

Adicionalmente, se ha obtenido una imagen satelital de resolución espacial igual a 50cm/px, para una superficie de 50km², ortorectificada y actualizada al 13-10-2018.

4.6.8.1 IMAGEN SATELITAL

La imagen satelital corresponde a la capturada por el satélite “Pleiades”, el cual fue puesto en órbita a finales del año 2003. La superficie de captura correspondió a 25km², tomando como centro de captura el Aeródromo Balmaceda y zonas adyacentes restringidas por las SLO.

Los postprocesos aplicados a la imagen satelital son en general 2:

- Georreferenciación: En este nivel las imágenes son corregidas a través de parámetros orbitales que entrega el propio sensor, geométrica y radiométricamente. Este nivel de procesamiento básico permite que las imágenes puedan ser utilizadas directamente, están ubicadas en el espacio, según la proyección cartográfica del proyecto.
- Ortorectificación: Se utiliza como base un set de puntos de terreno como puntos de control junto con un modelo de elevación Aster. Como resultado, las imágenes se encuentran en su ubicación real en forma precisa, de acuerdo a la resolución de las Imágenes seleccionadas, corrección geométrica y radiometría.

4.6.8.2 VUELO RPAS

4.6.8.2.1 EQUIPO

Para la ejecución de los vuelos se empleó un RPA de despegue y aterrizaje vertical, acompañado en su interior con una cámara de 42MP que monta un lente de 35mm lo cual otorga un alto nivel de detalle y calidad en las fotografías. Este equipo además cuenta con un sistema PPK (Post-Processed Kinematic) que permite corregir la georreferenciación de las imágenes a un nivel de precisión centimétrico.

Figura 4.48: Referencia de dron VTOL empleado



Fuente: Elaboración propia

4.6.8.3 PLAN DE VUELO

El diseño del vuelo se realiza en función de la resolución (GSD) que se pretende obtener, ubicación geográfica, extensión de la zona de interés, condiciones meteorológicas como velocidad y dirección del viento, condición de luz, entre otros.

Con estos antecedentes se tramitan los permisos y documentos correspondientes con la DGAC por parte del cliente. Posteriormente se adjuntan estos documentos a los de la empresa y el dron, como son la certificación de operador aéreo AOC, pólizas de seguro, credencial de operador.

El plan de vuelo se realiza en el software propio del sistema y otorgado por el fabricante, instalado previamente en un computador personal. Este software cuenta con un mapa del proveedor ESRI sobre el cual se indica la zona de interés con un polígono que cubre toda el área y luego se configuran los parámetros de vuelo, con lo cual se genera de forma automática el recorrido que hará la nave e indica al dron la captura de imágenes. En particular para este estudio se configuró una altura de 280 metros sobre el punto de despegue que otorga un GSD inferior a 5 cm/px como fue requerido en los antecedentes de licitación.

4.6.8.4 APOYO TOPOGRÁFICO

Para realizar la verificación y control del levantamiento se solicitaron puntos topográficos medidos previamente en terreno por el cliente, dentro de los cuales algunos se emplearon para georreferenciar el modelo fotogramétrico respecto al modelo de terreno, y otros fueron utilizados durante la etapa de validación del modelo.

Se detallan los puntos de apoyo empleados,

Tabla 4.40: Coordenadas puntos topográficos de anclaje

ID	Y	X	Z
5490	4911966.3230	290203.1890	525.1620
5503	4911927.6790	290197.7540	525.1390
5506	4911614.8560	292683.6260	508.1330
5519	4911576.2330	292678.1590	508.2250
12500	4911452.9790	293709.7210	502.3520
12537	4912310.2040	291185.6250	515.0400
12539	4912310.6590	291212.8660	514.7740
14985	4911570.976	290796.886	521.361
14987	4911567.868	290796.766	521.321
14904	4911689.35	293798.769	501.699

Fuente: Elaboración propia

4.6.8.5 CAPTURA FOTOGRÁFICA

Al momento del vuelo se observa un nivel de viento adecuado para la operación cuyas ráfagas aumentaban considerablemente por sobre la altura planificada, la luminosidad no es óptima dada la dirección y cantidad de sombra que produce la posición del sol en esta zona geográfica, incluso presencia de humedad y escarcha en sectores de la zona de interés.

Las imágenes se obtuvieron según el plan de vuelo planificado con un total de 1102 imágenes para todo el polígono, al mismo tiempo que se despliega en el software en tiempo real toda la información de telemetría, altura, posición y velocidad del dron, velocidad del viento, estado general de los componentes y sensores del equipo, tiempo total de vuelo, entre otros.

Las imágenes se guardan de forma instantánea en una memoria SD ubicada en la cámara durante el vuelo. Una vez aterrizado, se descargan al computador tanto las imágenes como los datos de vuelo almacenados por el dron, que serán utilizados posteriormente para el procesamiento de la información y generación de los productos fotogramétricos

Figura 4.49: Registro fotográfico



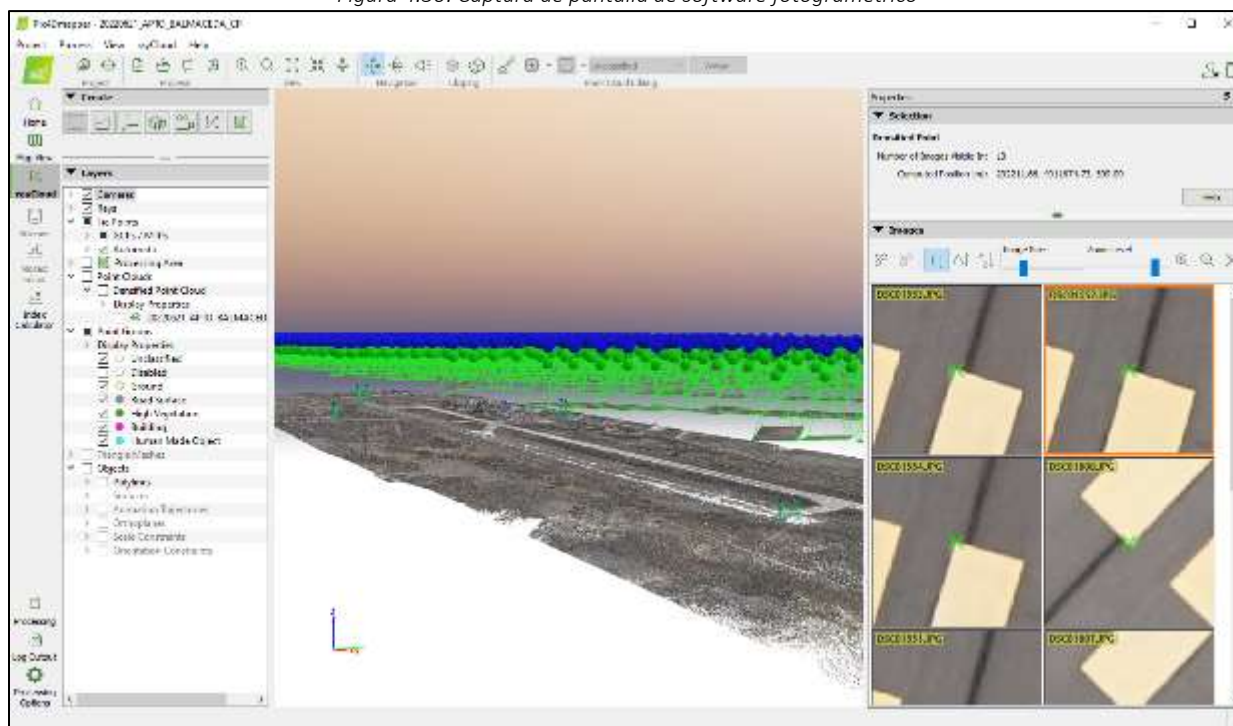
Fuente: Elaboración Propia

4.6.8.6 PROCESAMIENTO Y GENERACION DE PRODUCTOS

El primer paso a realizar es la descarga de información del vuelo desde la aeronave y las imágenes desde la cámara fotográfica hacia el computador personal. Luego en el mismo software de planificación otorgado por el fabricante, en un apartado distinto al módulo de vuelo, se genera la georreferenciación de las imágenes a través del sistema PPK con precisión centimétrica.

Una vez corregida la posición espacial de las imágenes, son importadas al software fotogramétrico “Pix4D” el cual en primera instancia realiza el cálculo de los parámetros de orientación externa e interna asociados a la cámara. Con esto es capaz de reconstruir estereoscópicamente la superficie de terreno que se ha levantado y permite también ajustarla a los puntos topográficos de apoyo entregados anteriormente. Así se obtiene una vista previa del levantamiento ajustado a las coordenadas entregadas por el cliente, de tal manera que todos los productos generados desde este proyecto se encuentren igualmente georreferenciados.

Figura 4.50: Captura de pantalla de software fotogramétrico

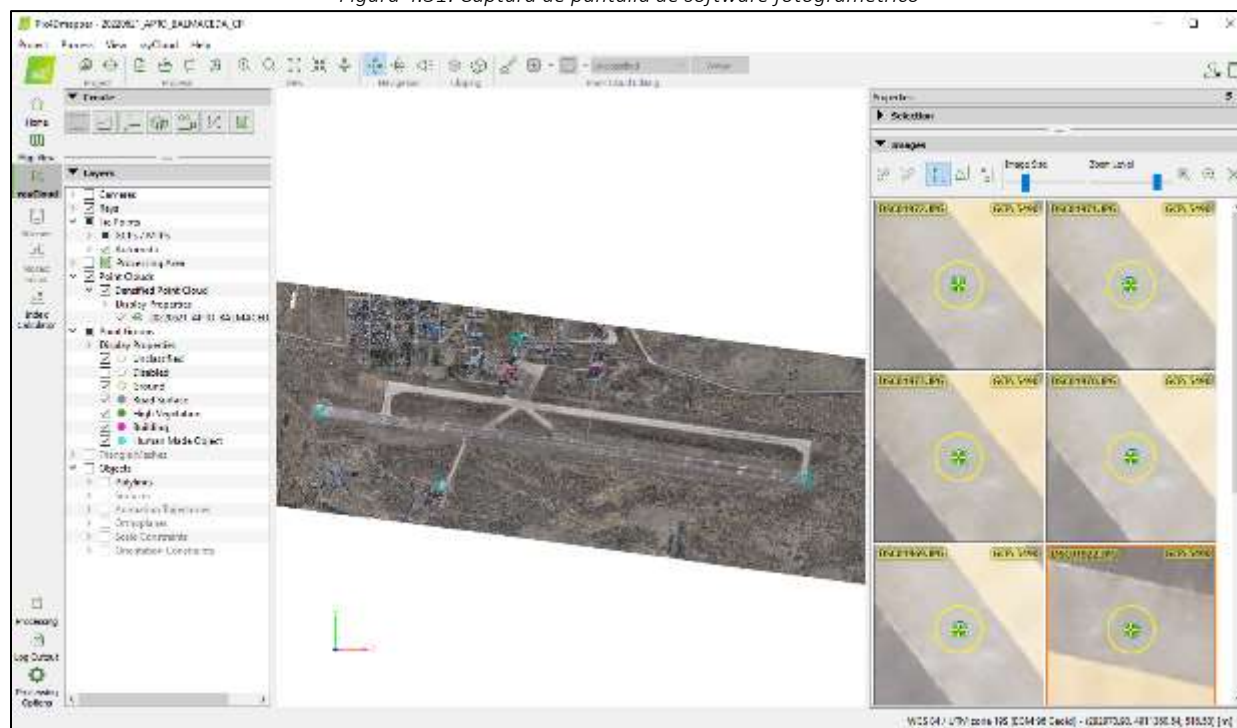


En vista lateral se observa la posición de las cámaras ajustadas y la vista previa del modelo de terreno a generar

Fuente: Elaboración propia

En un paso siguiente el software genera la Nube de Puntos Densa (Point Cloud) que corresponde a un conjunto de puntos tridimensionales (3D) que reconstruyen el modelo, a los cuales calcula y almacena la posición espacial X,Y,Z y el color de cada uno de forma independiente.

Figura 4.51: Captura de pantalla de software fotogramétrico

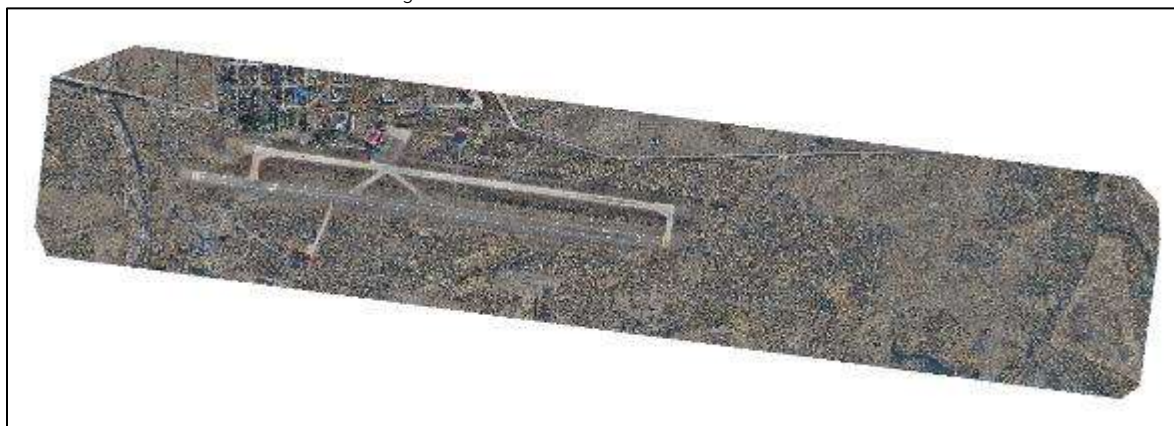


Vista en planta de la nube de puntos generada, con zoom sobre la pista. Se observa con marcadores color verde algunos puntos topográficos de apoyo utilizados, y en el panel de la derecha su identificación en las fotografías aéreas

Fuente: Elaboración propia

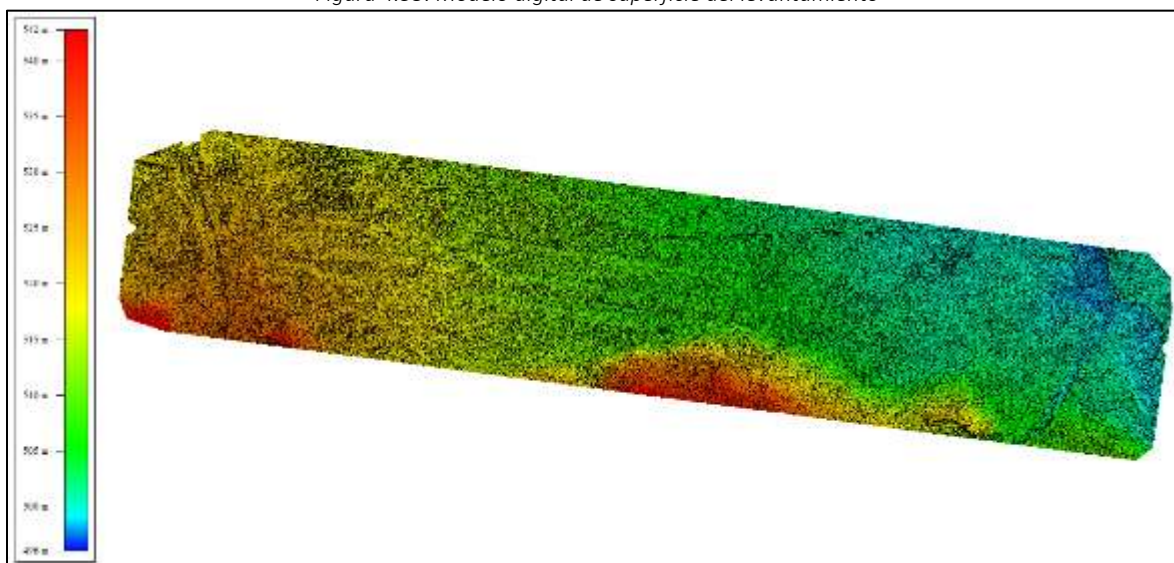
Luego el proceso sigue con la generación del ortomosaico y modelo digital de superficie. El primero es en esencia un mapa ortogonal (2D) del área completa donde cada punto X,Y va representado por su color. Se caracteriza por estar uniformemente escalado y corregido respecto a distorsiones o perspectiva de la propia cámara durante el proceso de captura de imágenes, por lo tanto, puede ser usado perfectamente para mediciones de distancia o superficie. Respecto al DSM, es una representación de la superficie mediante la triangulación de cada uno de los pares coordenados X,Y asignándole su valor Z correspondiente, lo que le otorga altura o profundidad. Esteno contiene la información de color propia del pixel fotografiado, sino más bien entrega información de relieve en escala de color

Figura 4.52: Ortomosaico del levantamiento



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.53: Modelo digital de superficie del levantamiento



Fuente: Elaboración propia

5 ETAPA 3: DESARROLLO INGENIERÍA DE DETALLES

5.1 ALTERNATIVAS ESTRUCTURALES SUSTENTABLES DE PAVIMENTOS - ST

5.1.1 Introducción

El presente informe consistirá en dar explicación concisa de cada alternativa para la estructura de pavimentos, incorporando además la siguiente información:

- a) Una lista con todos los tipos de materiales vírgenes (relleno, agregados, ligantes, químicos, agua, etc.) que se estima utilizar, indicando su volumen en unidades de m³.
- b) Una lista con todos los tipos de materiales reutilizados (suelo natural, agregados, etc.) que se estima usar, indicando su volumen en unidades de m³.
- c) Una lista con todos los desechos (suelo natural, agregados, estructuras de pavimento, etc.) que se estima serán destinados a botadero u otro sitio ubicado fuera de los límites del proyecto, indicando su volumen total en m³.
- d) Una lista indicando las distancias que deberán recorrer los áridos del proyecto (material de excavación, agregados, estructuras de pavimento, etc.), desde su fuente de origen hasta su destino final. La distancia debe estar en kilómetros y las canteras y botaderos utilizados en el análisis, deben ser autorizados. La ubicación de estas últimas debe ser la misma para todas las alternativas y debe ser especificada en el documento.
- e) Un listado con todos los tipos de equipos y maquinarias que se estima utilizar para su construcción.
- f) Tiempo estimado de construcción.
- g) Presentar el Plan de Mantenimiento de cada alternativa propuesta, describiendo las mantenciones que requerirán las estructuras propuestas durante la vida de diseño, y la periodicidad en la cual deberá realizarse.
- h) Presentar los resultados de la evaluación de los impactos en el ciclo de vida (ACV), utilizando un software que cumpla con este fin y que se acoja a la norma ISO 14040 o equivalente. El software al menos debe incluir, el análisis de los indicadores del consumo de agua, consumo de recursos energéticos, emisión de GES (CO₂), acidificación atmosférica, contaminación del aire, contaminación del agua, formación de ozono y formación de desechos sólidos.

5.1.2 Alternativas Estructurales de Pavimentos

El presente Proyecto “Normalización Área de Movimiento Aeródromo de Balmaceda”, no contempla alternativas en planta. El diseño únicamente considera el alargue de la Pista 09/27 y el Rodaje Alfa, ambas al oriente, con su respectivo empalme entre éstos, además del nuevo emplazamiento CONAF con calle y plataforma proyectada y la zona FACH que se contempla reconstruir.

El área total de pavimentos aeroportuarios nuevos es de aproximadamente: 93.400 m². Se excluye del análisis las zonas de fillets y márgenes, que representan una mínima parte del global, las que por su dimensión, ubicación y/o uso se consideran en pavimento asfáltico.

Las alternativas estructurales se consideran en hormigón, siendo estas

- a) HORMIGÓN+BASE ESTABILIZADA+BASE CHANCADA (P209)
- b) HORMIGÓN+BASE ESTABILIZADA+BASE TRITURADA (P219 DE HORMIGÓN TRITURADO)
- c) HORMIGÓN+BASE CHANCADA (P209)
- d) HORMIGÓN+BASE TRITURADA(P219)

Lo anterior con 1m mínimo de material bajo cada estructura, ya sea de reemplazo o como terraplén para alcanzar el nivel de terreno actual. Este material deberá tener un CBR de a lo menos 10%.

Tabla 5.1: Espesores de materiales

MATERIAL	TIPO	ESPESORES (cm)			
		ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4
HORMIGÓN	P-501	42,0	41,0	43,0	42,0
BASE ESTABILIZADA	P-401	12,5	12,5		
BASE CHANCADA	P-209	15,0		15,0	
BASE TRITURADA	P-219		15,0		15,0

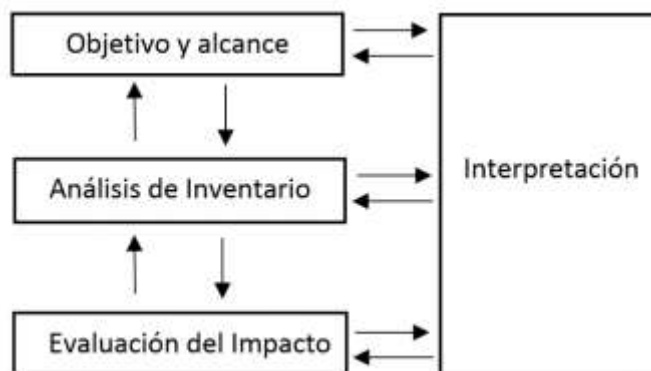
Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Evaluación de los Impactos en los Ciclos de Vida

5.1.3.1 FASES DEL CICLO DE VIDA

A continuación, se detallan las cuatro fases que componen un estudio de ACV: la fase de definición de objetivo y alcance, el análisis de inventario, evaluación de impacto e interpretación. (ISO 14040, 2006).

Figura 5.1: Fases del ACV. Fuente. Norma ISO 14040:2006



Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.2 OBJETIVO Y ALCANCE

El estudio tiene como objetivo identificar cuál es la mejor alternativa, en función de las consideraciones ambientales, entre cuatro alternativas estructurales de pavimentos de hormigón. El propósito es dar a la Dirección de Aeropuertos del Ministerio de Obras Públicas una herramienta para la toma de decisiones sobre un producto que cumpla con los objetivos de sustentabilidad propuestos.

Los resultados del análisis buscan identificar dentro de la cadena de producción y eliminación qué procesos o materiales son los más críticos desde el punto de vista ambiental y comprender si pueden ser reemplazados por alternativas que satisfagan las mismas especificaciones técnicas, necesidades del producto y del mercado.

5.1.3.2.1 DEFINICION DE LA UNIDAD FUNCIONAL

Para poder procesar y visualizar adecuadamente los datos e información del LCA, se ha elegido como unidad funcional **1 m² de vía pavimentada**.

A continuación, se presentan las 2 etapas principales del ciclo de vida del proyecto de construcción:

Figura 5.2: Etapas en la producción de pavimentos.

Construcción	Mantenimiento
• Suministro de materias primas. • Transporte de materiales • Construcción	• Sello de Junturas • Sello de Grietas • Bacheo total o parcial profundo • Reemplazo de losas • Trabajos de Conservación Mayor

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.2.2 LIMITES DEL SISTEMA

Considerando que las operaciones de mantenimiento se consideran iguales para las 4 alternativas constructivas, para todas las alternativas se decidió realizar un ACV con enfoque Cradle to Gate de acuerdo con la estructura de la norma ISO 14040:2006, considerando todas las operaciones desde la extracción de materia para la producción prima hasta el botadero de materiales.

5.1.3.2.3 FUENTES DE DATOS

Los datos utilizados corresponden a los entregados por el proyectista por medio de informe explicativo en el que se detallan actividades, cantidades de obra, maquinarias y equipos, tiempos de construcción y operación del proyecto y plan de mantenimiento. Para los procesos, materias primas y transporte se utilizó la base de datos "Ecoinvent 2.2", Product Environmental Footprint (PEF), European Platform of Life Cycle Assessment, (ELCD), y OzLCI2019, esta última posee inventario de obras civiles.

5.1.3.2.4 ELECCION DE CATEGORIAS DE IMPACTO Y METODO PARA LCIA

Por requerimientos y para cumplir con el objetivo de determinar el desempeño ambiental de las alternativas, los métodos de evaluación del impacto del ciclo de vida (LCIA) utilizados fueron ReCiPe Midpoint (H), ReCiPe es uno de los métodos de evaluación de impacto más recientes y actualizados disponibles para LCA (life cycle assessment). El método aborda una serie de preocupaciones ambientales en el nivel medio (Mid-Point) luego agrega los puntos medios en un conjunto de tres categorías de puntos finales. Los métodos de punto medio miden un efecto antes de que ocurriera el daño a una de las áreas de protección, por otra parte los métodos de punto final siguen las consecuencias de cierta emisión hasta que causa daño.

Las categorías de punto medio relevantes e importantes para el presente estudio se identificaron y se consideraron aquellas que se presentan a continuación:

- Agotamiento de Agua: Este indica la cantidad de agua consumida producto del proceso.
- Agotamiento de Fósiles: El término combustible fósil se refiere a un grupo de recursos que contienen hidrocarburos. El grupo va desde volátiles materiales como el metano, a la gasolina líquida, a materiales no volátiles como el carbón de antracita.
- Acidificación Terrestre: La acidificación se refiere a una reducción en el pH del agua, suelo durante un período prolongado.
- Ecotoxicidad en agua dulce: Medición de la toxicidad ambiental en agua dulce debido a las emisiones. La unidad de medida es CTUe (Unidad Comparativa de Tóxicos para ecosistemas).
- Eutroficación de Agua Dulce: eutrofización de agua dulce se refiere al crecimiento excesivo de plantas acuáticas o floraciones de algas, debido a los altos niveles de nutrientes en los ecosistemas de agua dulce como lagos, embalses y ríos.

- Agotamiento Ozono estratosférico: Este indicador indica los gases que agotan la capa de ozono, dañan el ozono estratosférico o la "capa de ozono". Hay gran incertidumbre sobre los efectos combinados de diferentes gases en la estratósfera, y todos los clorados y los compuestos bromados que son lo suficientemente estables como para llegar a la estratósfera pueden tener algún efecto. Los CFC, los halones y los HCFC son las principales causas del agotamiento del ozono.
- Material Particulado: Indicador de la incidencia de Emisión de partículas al aire cuyo diámetro se encuentra entre 2.5 a 10 μm .
- Cambio Climático: La temperatura al medir el cambio climático es primaria y puede medirse o reconstruirse para la superficie de la Tierra y la temperatura de la superficie del mar (TSM). La precipitación (lluvia, nevada, etc.) ofrece otro indicador de la variación climática relativa y puede incluir la humedad o el equilibrio del agua, y la calidad del agua está relacionada con las emisiones de gas CO₂

5.1.3.3 ANÁLISIS DE INVENTARIO

El análisis de inventario es una de las cuatro etapas del análisis del ciclo de vida de un producto, es la metodología utilizada para monitorear los flujos de materiales entrantes y salientes, así como la energía asociada a cada paso de un proceso o en la producción de un producto.

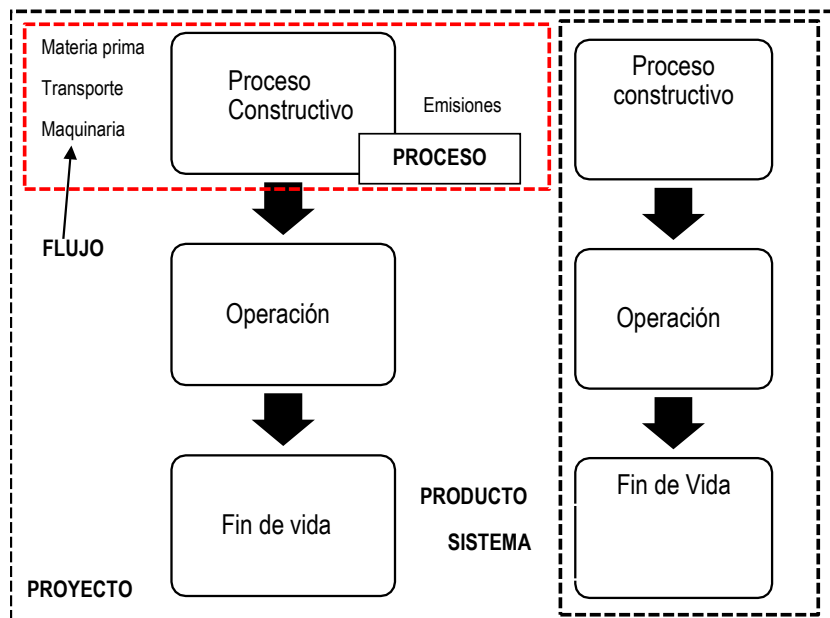
5.1.3.3.1 RECOPILACION DE DATOS

La calidad de los datos es uno de los aspectos fundamentales a la hora de realizar un ACV, la bondad de los resultados y de en consecuencia, las evaluaciones finales de los productos dependen en gran medida de esta fase. Con excepción de los pesos de los componentes individuales de los dos productos, obtenidos a partir de los cuadros de obra del proyecto, todos los demás datos se obtuvieron del material de información relacionado con los productos liberados de los fabricantes y de la base de datos.

5.1.3.3.2 DESARROLLO DEL MODELO

El enfoque de este análisis de ciclo de vida corresponde a un enfoque Cradle to Gate el cual considera la entrega del producto. Por lo que se considera el Proceso constructivo detallado en el cuadro rojo a continuación.

Figura 5.3: Esquema de los elementos de un Análisis de Ciclo de Vida



Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA.

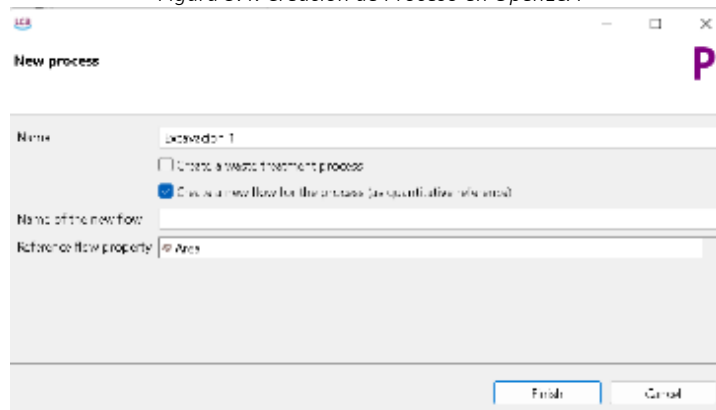
5.1.3.3.3 ETAPAS DE LA MODELACION

Creación de los procesos: creación de los flujos productos o flujos de referencia que son los que relacionarán cada proceso unitario con su predecesor y son la consecuencia de estos.

Creado el proceso unitario, ingresar la descripción general del proceso, en m3 desde la base de datos. (inputs y outputs).

- a) Creado de proceso: Primero se creó cada flujo por separado para establecer las etapas a evaluar.

Figura 5.4: Creación de Proceso en OpenLCA



Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA.

- a) Determinación de Flujos: Se agrega a cada flujo la cantidad de materias primas, maquinaria y residuos considerando la unidad funcional de 1 m2.

Ejemplo: Si se necesitan 5 camiones mixer durante 116 días.

$$(116 \text{ (días)} * 9 \text{ (horas de trabajo x día)} * 5) / 93.400 \text{ m}^2 = 0.0558 \text{ Hm/m}^2$$

Luego si consideramos un rendimiento de 28 m3/h $\rightarrow$ 1.564 m3/m2 $\rightarrow$ 3.639 ton/m2 * 50 km = 181.963 ton*km/m2
Este valor se incorpora al sistema para el modelamiento.

Figura 5.5: Ejemplo Inputs/Outputs de Proceso

Inputs/Outputs: Hormigon 4													
Inputs													
Row	Category	Amount (Bt)	Cost/Bt (€)	Unitarity	Av. dist. (m)	Proced.	Description						
Resistent, hydraulic cement	20,000 = 10		none		P. cement	Resistent cement							
Flow polydispersant	REF	0,0500 = 42	€		P. dispersant	Flow polydispersant							
Flowing admixt. (Plastimix 100)		0,0120 = 42	none		P. plasticizer	Flowing admixt.							
Flow retarder, Resistent cement		0,0005 = 42	none		P. retarder	Flow retarder							
Flow power saving admixt (Plastimix 100)		0,0005 = 42	none		P. power saving	Flow power saving admixt.							
Resistent, hydraulic cement	20,000 = 10		none		P. cement	Resistent cement							
Flow polydispersant	REF	0,0500 = 42	none		P. dispersant	Flow polydispersant							
Flowing admixt. (Plastimix 100)		0,0120 = 42	none		P. plasticizer	Flowing admixt.							
Flow retarder, Resistent cement		0,0005 = 42	none		P. retarder	Flow retarder							
Flow power saving admixt (Plastimix 100)		0,0005 = 42	none		P. power saving	Flow power saving admixt.							
Outputs													
Row	Category	Amount (Bt)	Cost/Bt (€)	Unitarity	Av. dist. (m)	Proced.	Description						
Hormigon 4		1,0000 = 42		none									

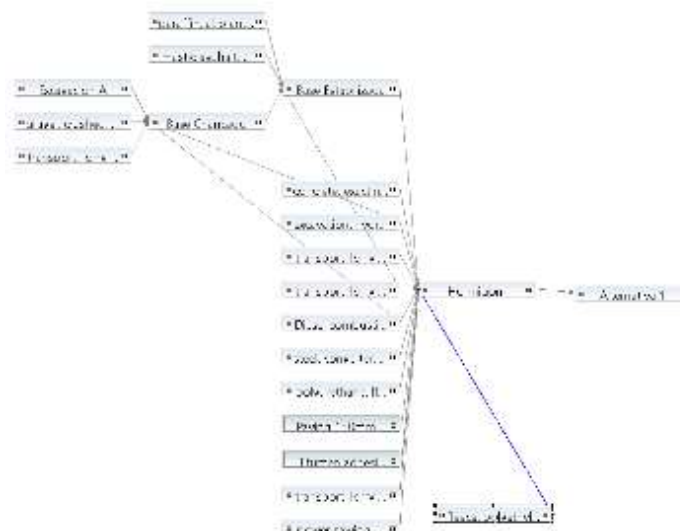
Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA.

Luego de haber creado todos los procesos involucrados en el ciclo de vida se creará el producto sistema que tendrá como proceso de referencia el último proceso del análisis del ciclo de vida, en el caso de las cuatro alternativas de pavimentos es la del hormigonado. A continuación, se presenta el diagrama de flujos de proceso para cada pavimento.

5.1.3.3.4 *DIAGRAMAS DE FLUJO*

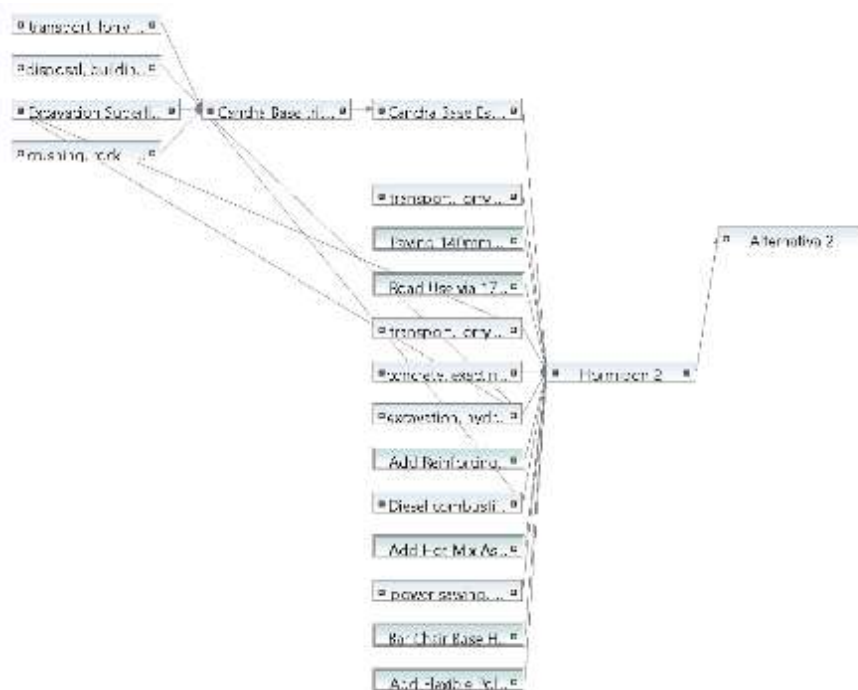
Los siguientes diagramas de flujo ilustran el ciclo de vida Cradle to Gate de las alternativas 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

a) *Alternativa 1: Hormigón + Base Estabilizada (P-401) + Base Chancado (P209)*



Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA.

a) *Alternativa 2: Hormigón + Base Estabilizada (P-401) + Base Triturada (P219)*



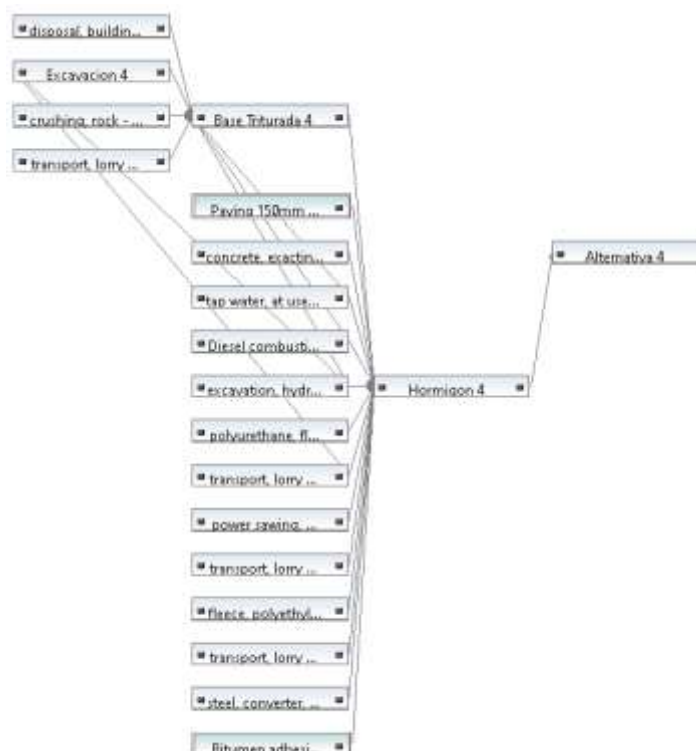
Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA.

b) Alternativa 3: Hormigón + Base Chancada (P209)



Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA.

a) Alternativa 4: Hormigón + Base Triturada (P-219)



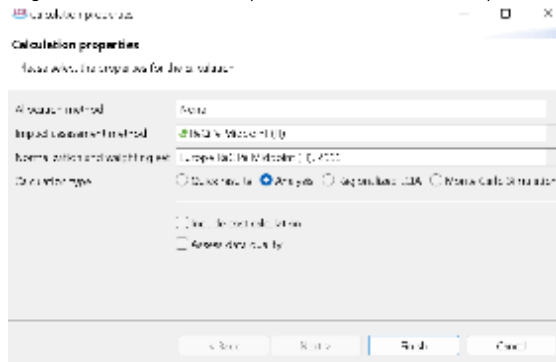
Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA.

En esta etapa del modelo aún no hay indicios sobre los impactos en los diversos indicadores ambientales sino simplemente las secuencias de materias primas, procesos y los insumos de energía requeridos a lo largo del ciclo de vida. En el diagrama de flujo de la etapa 2 y 4 se consideran la producción de reciclado de hormigón.

5.1.3.3.5 CARACTERIZACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

OpenLCA permite el uso de distintas metodologías de caracterización de impactos ambientales, en esta investigación se decidió aplicar la metodología ReCiPe 2013 Midpoint H, según lo señalado en punto 3.2.4. Los cálculos necesarios para obtener los impactos ambientales son realizados por el software.

Figura 5.6: Calculo de impactos ambientales en OpenLCA



Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA.

5.1.3.3.6 OBTENCIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los valores resultantes del cálculo se exportaron a Excel. De Manera tal de procesar los resultados acordes a los impactos ambientales solicitados en las diferentes categorías de impacto existentes:

Figura 5.7: Resultado de Análisis de Impacto ambiental para alternativa 2.

Hormigon 2

Impact analysis: ReCiPe Midpoint (H)

Subgroup by processes: ☒ Don't show: 1 %

Name	Category	Inventory result	Impact factor	Impact result	Unit
> Water depletion				377.53488	m3
> Climate Change				143.64868	kg CO ₂ e
> Fossil depletion				48.98855	kg oil eq
> Ionising radiation				16.20548	kg U-235
> Agricultural land occupation				7.98475	m2a
> Metal depletion				3.39832	kg Fe eq
> Human toxicity				2.11062	kg 1,4-DB eq
> Urban land occupation				1.22032	m2a
> Photochemical oxidant formation				0.59448	kg NMVOC eq
> Terrestrial acidification				0.43520	kg SO ₂ e
> Particulate matter formation				0.18392	kg PM ₁₀ e
> Marine ecotoxicity				0.07750	kg 1,4-DB eq
> Natural land transformation				0.04444	m2a
> Marine eutrophication				0.00251	kg N eq
> Terrestrial ecotoxicity				0.01978	kg 1,4-DB eq
> Freshwater eutrophication				0.00368	kg P eq
> Freshwater ecotoxicity				0.00159	kg 1,4-DB eq
> Ozone depletion				2.21635E-5	kg CFC-11 eq

Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA. Resultados Evaluación del Impacto LCIA

5.1.3.4 RESULTADOS EVALUACIÓN DEL IMPACTO LCIA

5.1.3.4.1 INDICADORES AMBIENTALES RECIPE 2013 MIDPOINT H

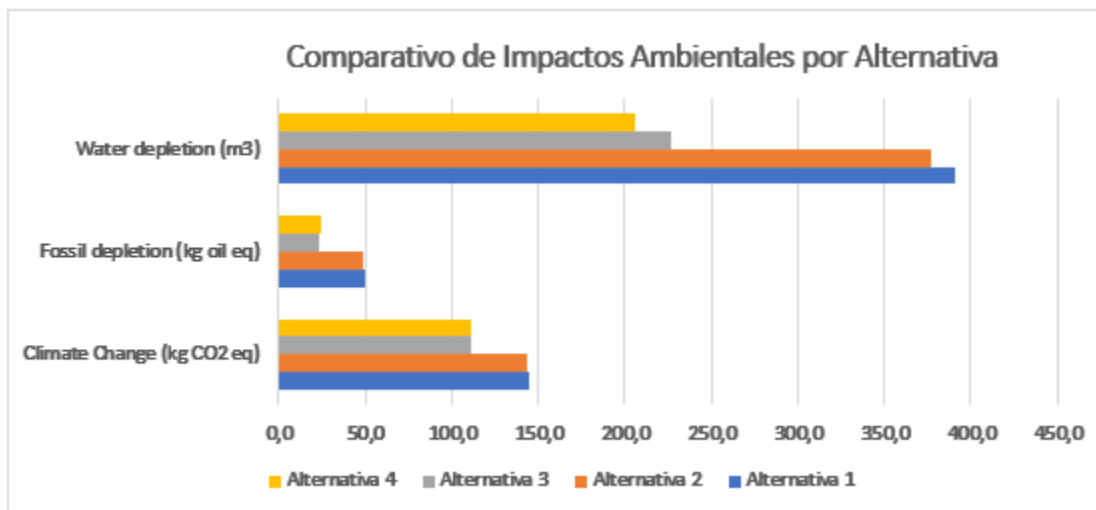
A continuación, se presentan los impactos potenciales obtenidos de aplicar la metodología de la Agencia de Protección Ambiental, Recipe 2013 Midpoint H en los modelos de ciclo de vida desarrollados. En el anexo 1 se muestran los flujos considerados en cada proceso unitario. A continuación, se presentan los resultados comparativos entre las 4 propuestas.

Tabla 5.2: ACV resultados de impactos para alternativas de pavimentos

Impact category	Reference unit	Alternativas			
		1	2	3	4
Climate Change (kg CO ₂ eq)	kg CO ₂ eq	144.5481421	142.9824098	110.7711848	111.2024632
Fossil depletion (kg oil eq)	kg oil eq	49.42217563	48.76736332	22.98234173	24.83176805
Freshwater ecotoxicity (kg 1,4-DB eq)	kg 1,4-DB eq	0.001599399	0.001586899	0.00052124	0.000449885
Freshwater eutrophication (kg P eq)	kg P eq	0.01018139	0.009830254	0.007773827	0.00698433
Ozone depletion (kg CFC-11 eq)	kg CFC-11 eq	2.23154E-05	2.20883E-05	8.55285E-06	7.66987E-06
Particulate matter formation (kg PM ₁₀ eq)	kg PM ₁₀ eq	0.172149769	0.181246054	0.134516879	0.149813905
Terrestrial acidification (kg SO ₂ eq)	kg SO ₂ eq	0.435023584	0.427938034	0.319977045	0.351612894
Water depletion (m3)	m3	391.2060638	377.2209535	227.2550308	206.4086144

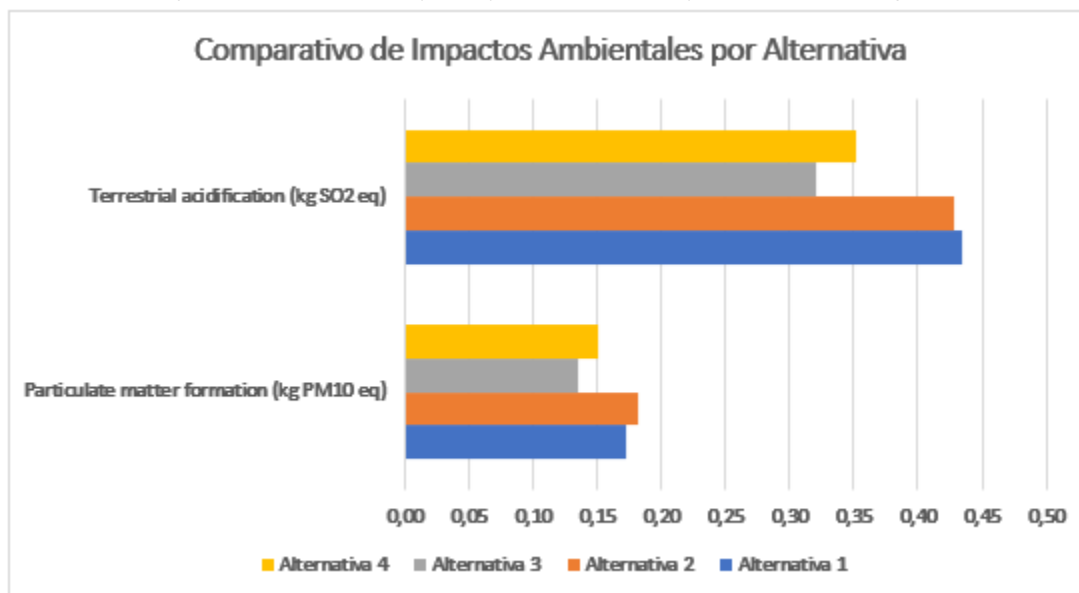
Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA.

Gráfico 5-1: Resultados de impactos para alternativas de pavimentos en 3 categorías.



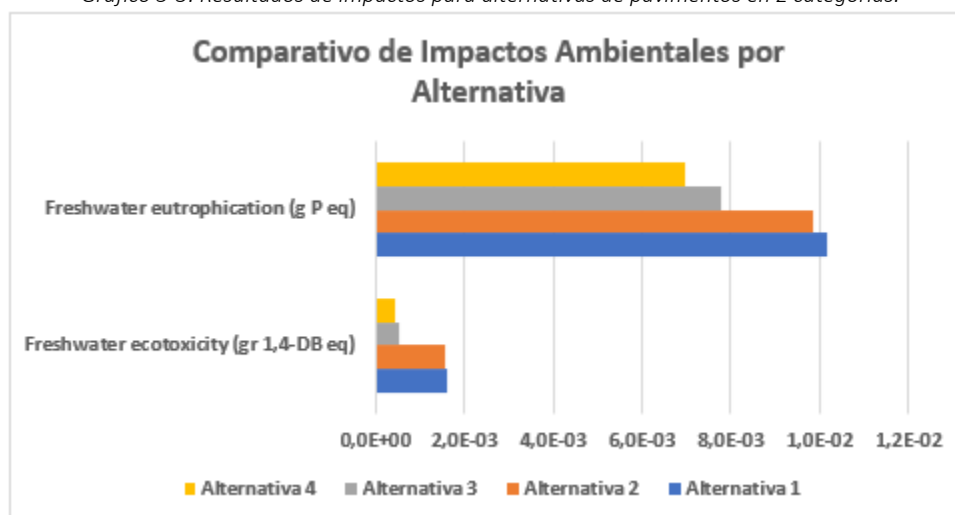
Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA.

Gráfico 5-2: Resultados de impactos para alternativas de pavimentos en 2 categorías.



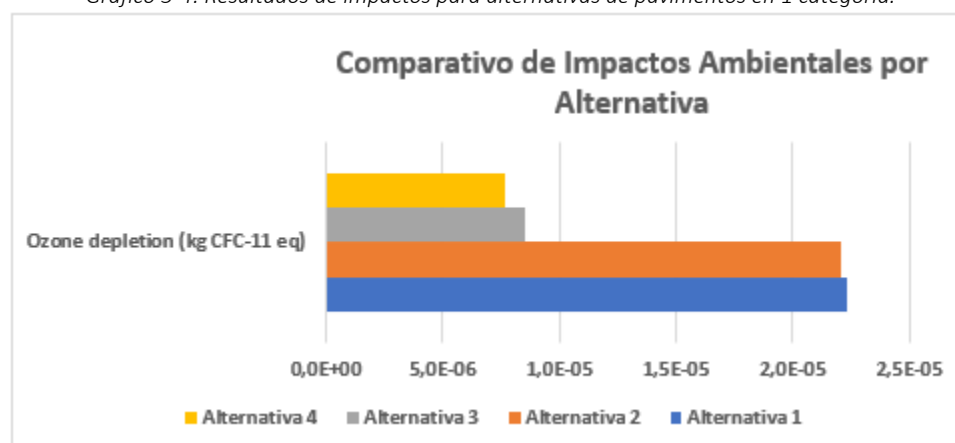
Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA.

Gráfico 5-3: Resultados de impactos para alternativas de pavimentos en 2 categorías.



Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA.

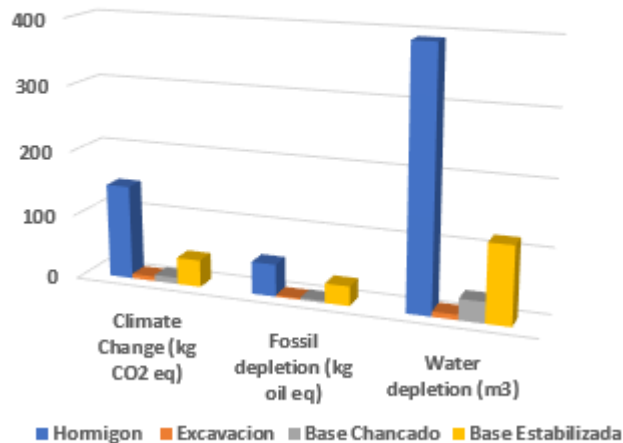
Gráfico 5-4: Resultados de impactos para alternativas de pavimentos en 1 categoría.



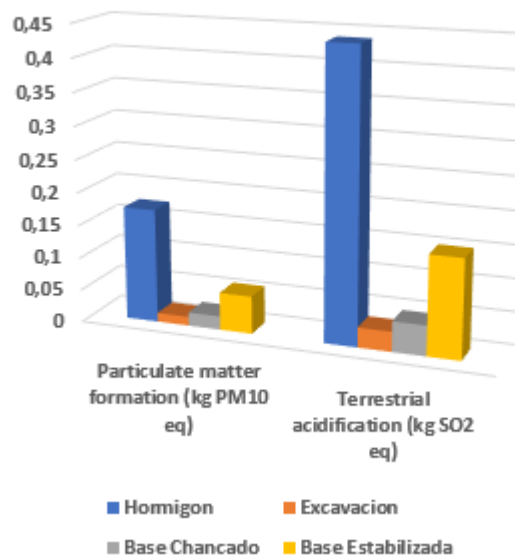
Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA.

5.1.3.4.2 COMPARATIVO POR PROCESO: ALTERNATIVA 1

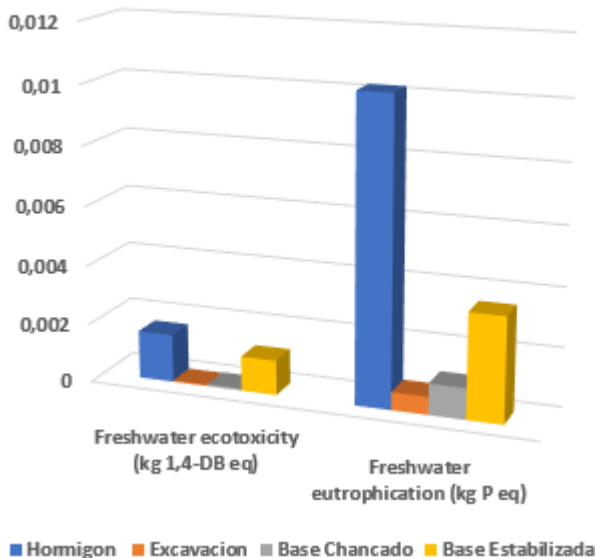
Comparativo de Impactos Ambientales por Proceso



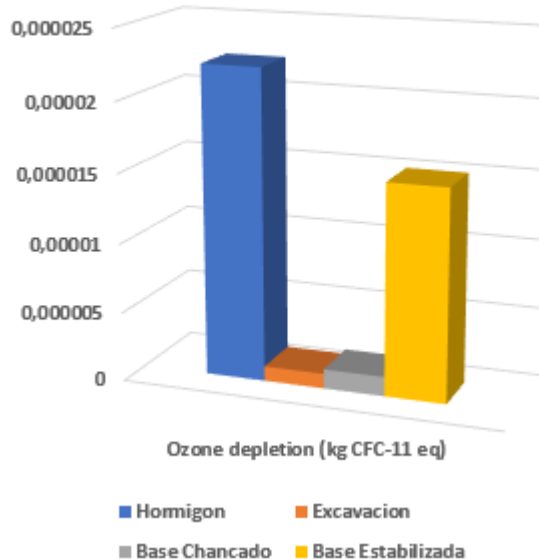
Comparativo de Impactos Ambientales por Proceso



Comparativo de Impactos Ambientales por Proceso



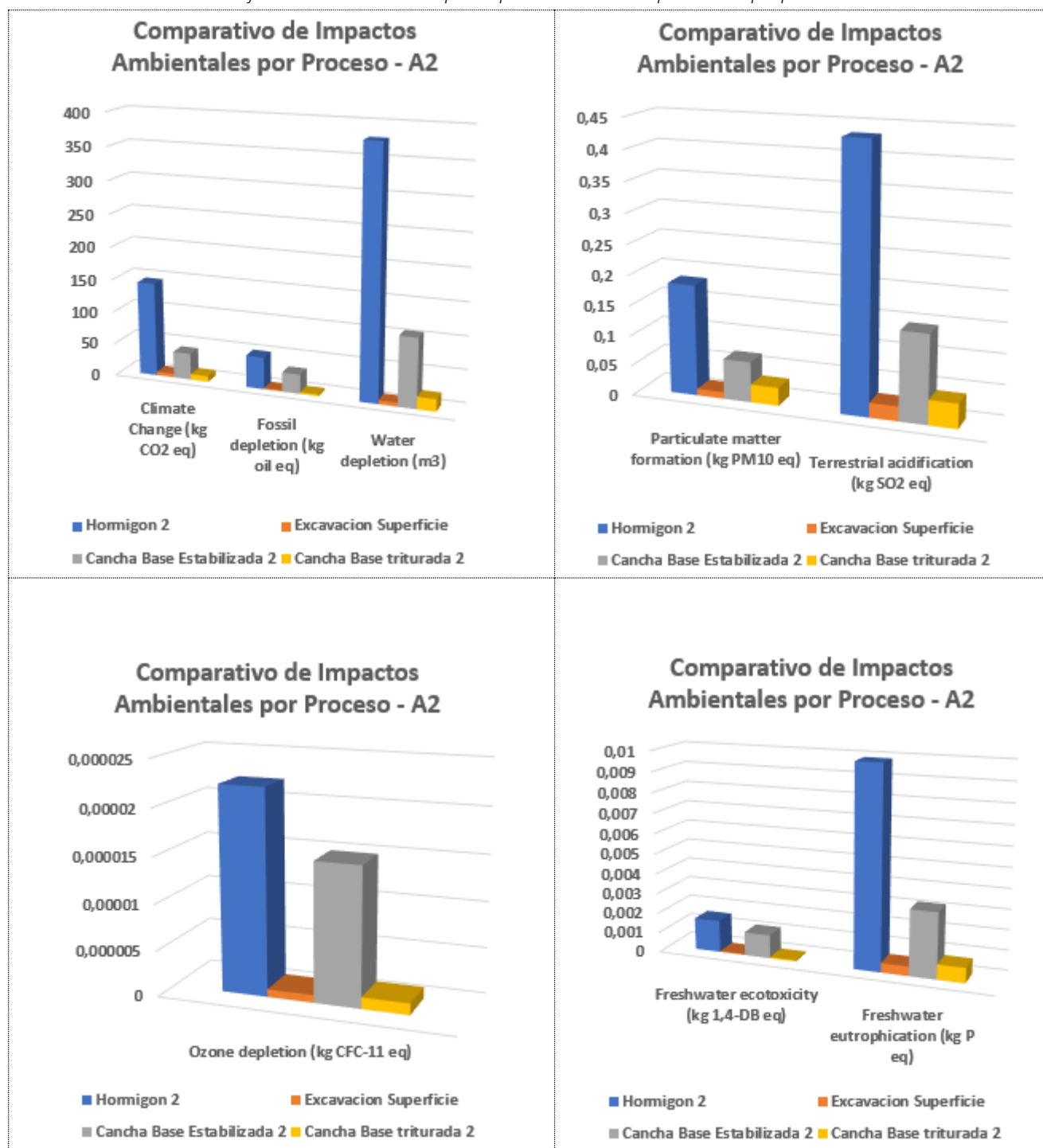
Comparativo de Impactos Ambientales por Proceso



Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA.

5.1.3.4.3 COMPARATIVO POR PROCESO: ALTERNATIVA 2

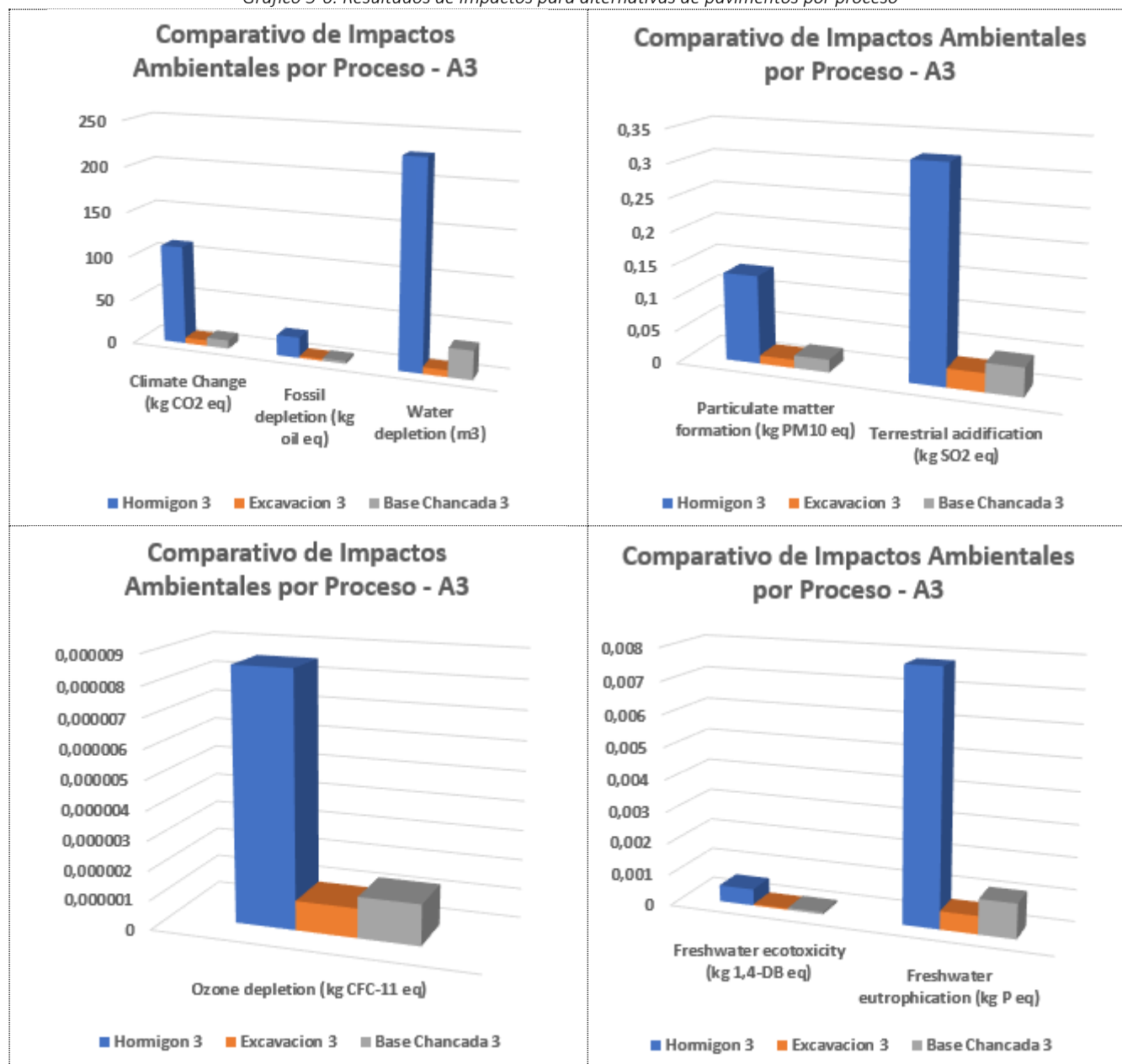
Gráfico 5-5: Resultados de impactos para alternativas de pavimentos por proceso



Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA.

5.1.3.4.4 COMPARATIVO POR PROCESO: ALTERNATIVA 3

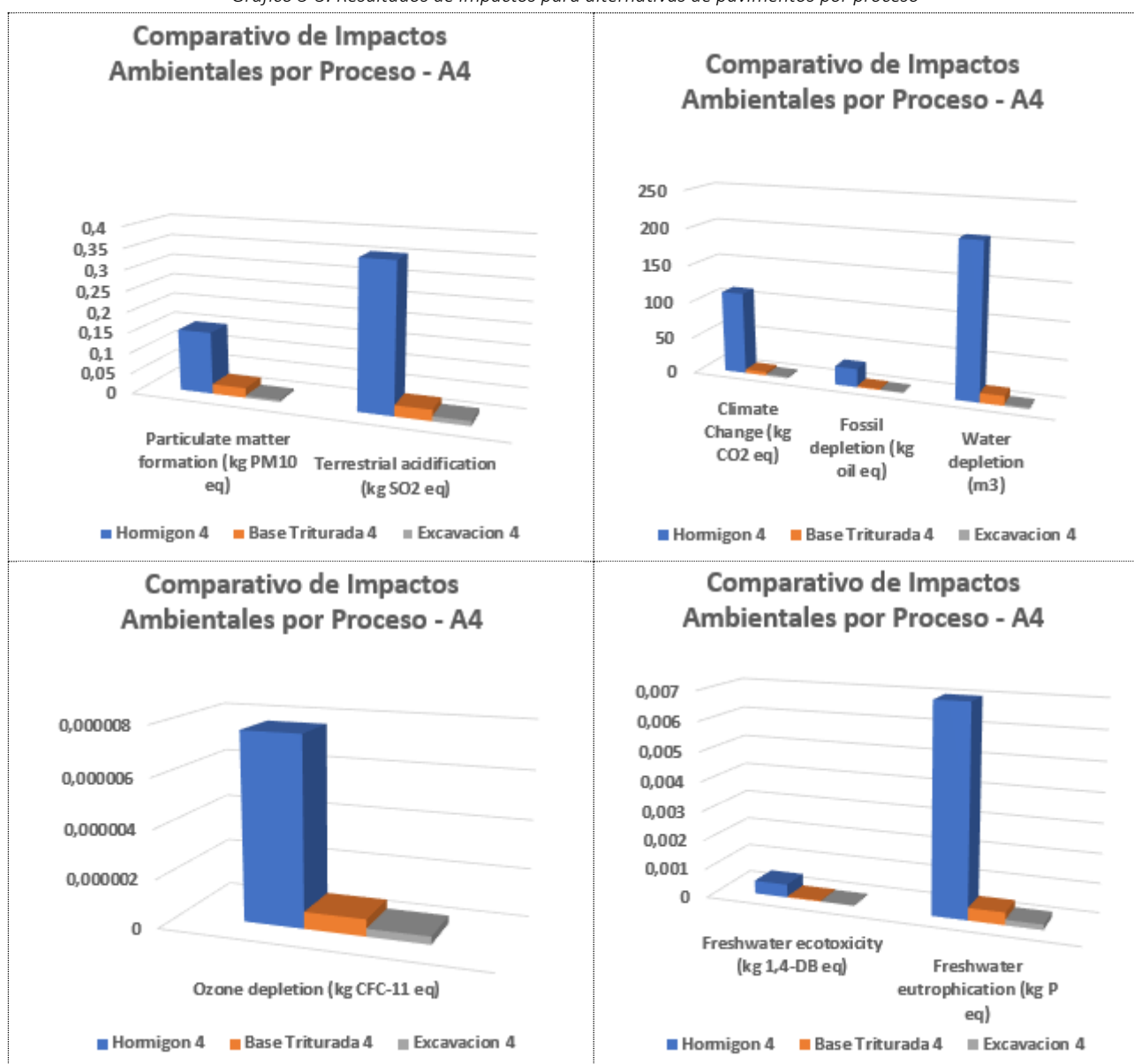
Gráfico 5-6: Resultados de impactos para alternativas de pavimentos por proceso



Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA.

5.1.3.4.5 COMPARATIVO POR PROCESO: ALTERNATIVA 4

Gráfico 5-3: Resultados de impactos para alternativas de pavimentos por proceso



Fuente: Elaboración propia a partir de openLCA.

5.1.3.5 INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

La alternativa 4 es la elección de menor impacto en las categorías adoptadas. La clara ventaja de la alternativa 4 se debe a la reutilización de materiales principalmente en la elaboración de la base triturada de hormigón para el proceso constructivo.

En relación con las demás alternativas la opción 1 es la más impactante considerando, que supera 6 de las 8 categorías de impacto propuestas. Seguidas por la alternativa 2 y 3.

La actividad que genera mayor impacto ambiental en todas las alternativas es el hormigonado. Esto principalmente debido al uso de maquinaria, equipos y transporte de alto tonelaje, estos últimos considerados de alto impacto en las actividades de movimiento de material y decisivos a la hora de determinar cuál es la alternativa que más emisiones emite y por lo tanto más impacto genera.

5.2 ANALISIS DE ESPACIO AEREO - EA

El desplazamiento de umbrales afecta (independiente de la magnitud del desplazamiento), principalmente aproximaciones y salidas del aeródromo evaluado. También en menor medida se pueden afectar procedimientos de llegadas por su adecuación a las nuevas aproximaciones. De igual manera los flujos de tránsito aéreo en territorio argentino se verán modificados en una proporción por determinarse en este informe.

5.2.1 Datos de Entrada para el Análisis

Como dato principal se muestran las nuevas coordenadas y elevaciones de los umbrales:

Tabla 5.3: SCBA. Nuevos Umbrales uso espacio aéreo.

Umbral	Coordenadas WGS84	Elevación (m)	Elevación (ft)
THR09N	45°54'52,17"S 71°42'05,31"W	523,39	1717,14
THR27N	45°55'06,23"S 71°40'11,04"W	507,21	1664,05

Fuente: Datos FAIC. Elaboración propia

Rumbos de nuevos umbrales y variación magnética.

Tabla 5.4:: SCBA. Rumbos de Pista.

Umbral	Rumbos de pista Verdadero	Rumbos de pista Magnético	Variación Magnética (1 ene 2022)
THR09N	100,01°	90,63°	9.38°E
THR27N	279,99°	270,6°	

Fuente: Datos FAIC. Elaboración propia

5.2.2 Cuantificación de Procedimientos VFR e IFR AIP

5.2.2.1 CUANTIFICACION DE SALIDAS

Tabla 5.5:: SCBA. Procedimientos de vuelo. Salidas.

Reglas de vuelo	Identificación AIP	RWY	Tipo de procedimiento	Sistema de Navegación	Impacto nuevo Umbral (S/N)	Comentario impacto / no impacto
IFR	SID 1: SURTA 3J	27	Convencional	VOR/DME	S	Menor, cambia primer tramo hasta VOR dado THR27N
IFR	SID 1: REKOD 3A	27	Convencional	VOR/DME	S	Menor, cambia primer tramo hasta VOR dado THR27N
IFR	SID 1: OPURA 3J	27	Convencional	VOR/DME	S	Menor, cambia primer tramo hasta VOR dado THR27N
IFR	SID 2: REKOD 3B	09	Convencional	VOR/DME	S	Menor, cambia primer tramo hasta 5000' dado THR09N

Reglas de vuelo	Identificación AIP	RWY	Tipo de procedimiento	Sistema de Navegación	Impacto nuevo Umbral (S/N)	Comentario impacto / no impacto
IFR	SID 2: OPURA 3K	09	Convencional	VOR/DME	S	Menor, cambia primer tramo hasta 5000' dado THR09N
IFR	SID 2: ROGEL 3B	09	Convencional	VOR/DME	S	Menor, cambia primer tramo hasta 5000' dado THR09N
IFR	SID 2: ROGEL 3A	27	Convencional	VOR/DME	S	Menor, cambia primer tramo hasta VOR dado THR27N
IFR	SID 3: REKOD 3D	09	PBN (RNAV)	GNSS	S	Medio, cambia distancia a evaluar primer tramo, coordenadas codificación, dado THR09N.
IFR	SID 3: REKOD 4C	27	PBN (RNAV)	GNSS	S	Medio, cambia distancia a evaluar primer tramo, coordenadas codificación, dado THR27N.
IFR	SID 4: SURTA 3K	09	PBN (RNAV)	GNSS	S	Medio, cambia distancia a evaluar primer tramo, coordenadas codificación, dado THR09N.

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.2 CUANTIFICACION DE LLEGADAS

Tabla 5.6:: SCBA. Procedimientos de vuelo. Llegadas

Reglas de vuelo	Identificación AIP	RWY	Tipo de procedimiento	Sistema de Navegación	Impacto nuevo Umbral (S/N)	Comentario impacto / no impacto
IFR	STAR 1: OPURA 3A	AI VOR	Convencional	VOR/DME	N	Trayectoria deja a aeronave en VOR.
IFR	STAR 1: UDOVI 3A	AI VOR	Convencional	VOR/DME	N	Trayectoria deja a aeronave en VOR.
IFR	STAR 1: ROGEL 3A	AI VOR	Convencional	VOR/DME	N	Trayectoria deja a aeronave en VOR.
IFR	STAR 1: SURTA 3A	AI VOR	Convencional	VOR/DME	N	Trayectoria deja a aeronave en VOR.
IFR	STAR 2: OPURA 3B	RWY09	Convencional	VOR/DME	N	D20 VOR BAL no se modifica.
IFR	STAR 2: UDOVI 3B	RWY09	Convencional	VOR/DME	N	D20 VOR BAL no se modifica.
IFR	STAR 3: OPURA 4C	RWY09	PBN (RNAV)	GNSS	S	Menor, posible modificación último punto de recorrido por adecuación de APP RNAV (GNSS).
IFR	STAR 3: UDOVI 3C	RWY09	PBN (RNAV)	GNSS	S	Menor, posible modificación último punto de recorrido por adecuación de APP RNAV (GNSS).
IFR	STAR 3: SURTA 3B	RWY09/27	PBN (RNAV)	GNSS	S	Menor, posible modificación último punto de recorrido por adecuación de APP RNAV (GNSS).
IFR	STAR 4: OPURA 4D	RWY27	PBN (RNAV)	GNSS	S	Menor, posible modificación último punto de recorrido por adecuación de APP RNAV (GNSS).
IFR	STAR 4: UDOVI 3D	RWY27	PBN (RNAV)	GNSS	S	Menor, posible modificación último punto de recorrido por adecuación de APP RNAV (GNSS).
IFR	STAR 4: SURTA 3C	RWY27	PBN (RNAV)	GNSS	S	Menor, posible modificación último punto de recorrido por adecuación de APP RNAV (GNSS).

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.3 CUANTIFICACION DE APROXIMACIONES

Tabla 5.7:: SCBA. Procedimientos de vuelo. Aproximaciones.

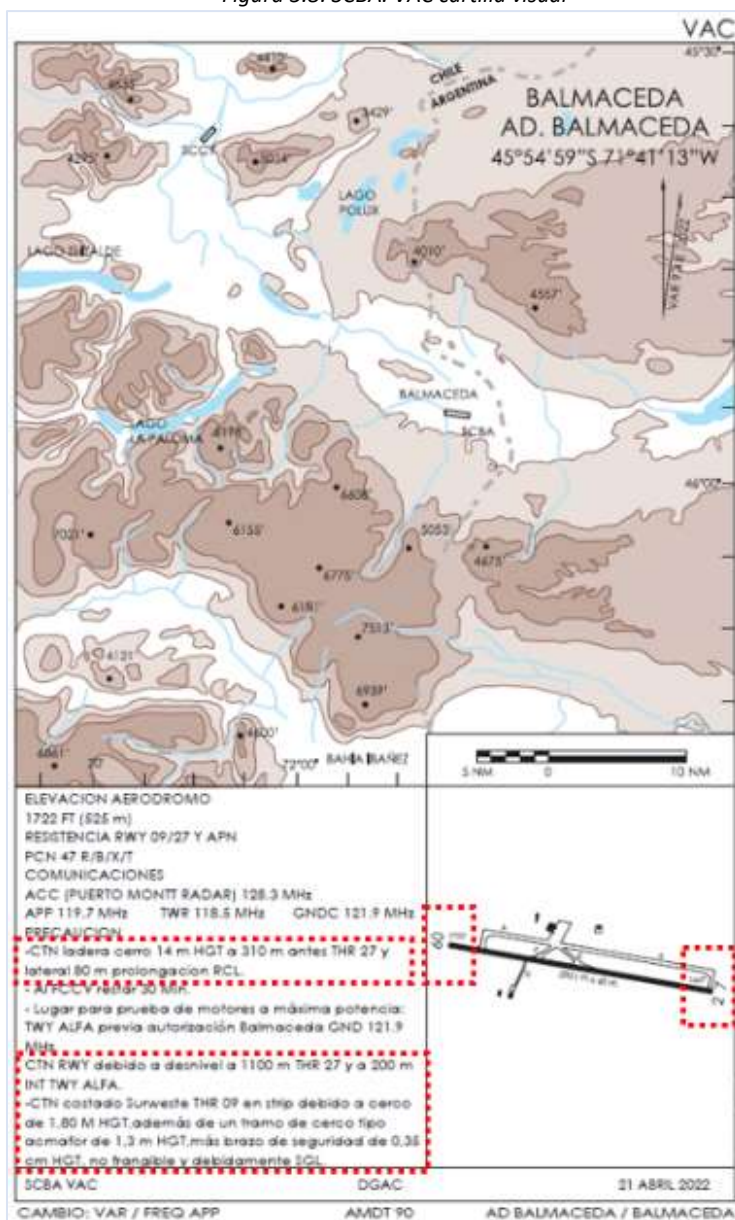
Reglas de vuelo	Identificación AIP	RWY	Tipo de procedimiento	Sistema de Navegación	Impacto nuevo Umbral (S/N)	Comentario impacto / no impacto
VFR	SCBA VAC	27	Visual	No aplica	N	No aplica, solo cambio en cartilla vista superior (INFO RWY)
IFR	IAC 1, VOR RWY 09	09	Convencional	VOR/DME	S	Menor, cambia distancia VOR a THR09N
IFR	IAC 2, VOR RWY 27	27	Convencional	VOR/DME	S	Menor, cambia largo segmento final respecto THR09N
IFR	IAC 3, RNAV GNSS Y RWY 09	09	PBN (RNP APCH)	GNSS	S	Medio, cambia largo segmento final respecto THR09N, coordenadas codificación.
IFR	IAC 4, RNAV GNSS Y RWY 27	27	PBN (RNP APCH)	GNSS	S	Medio, cambia largo segmento final respecto THR27N, coordenadas codificación.
IFR	IAC 5, RNAV RNP Z RWY 09	09	PBN (RNP AR)	GNSS	S	Medio, cambia largo segmento final respecto THR09N, coordenadas codificación.
IFR	IAC 6, RNAV RNP Z RWY 27	27	PBN (RNP AR)	GNSS	S	Medio, cambia largo segmento final respecto THR27N, coordenadas codificación.
IFR	IAC 7, RNAV RNP X RWY 27	27	PBN (RNP AR)	GNSS	S	Alto, cambia largo segmento final respecto THR27N, coordenadas codificación, varios puntos de recorrido.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Procedimientos VFR

Para procedimientos VFR el aeródromo cuenta con una VAC (Visual Approach Chart) publicada en el AIP VOL II. El desplazamiento de umbrales implica cambio menor en la vista superior de layout de pista y en las notas de obstáculos respecto a umbrales actuales.

Figura 5.8: SCBA. VAC cartilla visual



Fuente: Jeppesen.

5.2.4 IFR-Salidas (SID)

Balmaceda cuenta con 10 Salidas Instrumentales, agrupadas en 4 publicación SID en el AIP VOL II. Dichos procedimientos son convencionales basados en VOR/DME y PBN Satelitales con especificación de navegación RNAV-1. A continuación un análisis del impacto del desplazamiento de umbrales en dichos procedimientos:

5.2.4.1 SALIDAS CONVENCIONALES

Se cuantifican 7 salidas convencionales agrupadas en SID 1 y SID 2 de SCBA.

1) SID 1: SURTRA 3J, REKOD 3A y OPURA 3J

Afecta en tramo desde RWY27N hasta el VOR BAL, agregando 300 mts (0,1620 NM) de la distancia recorrida del THR 27N al VOR BAL. Efecto en gradiente de ascenso requerida despreciable. Resto del procedimiento se mantiene sin efectos ni cambios.

2) SID 2: REKOD 3B, OPURA 3K, ROGEL 3B y ROGEL 3A (RWY27)

Donde SID ROGEL 3A incrementa la distancia recorrida 0.1620 NM desde nuevo umbral 27N a VOR BAL. Sin afectar gradiente de ascenso.

Para salidas por pista 09N (REKOD 3B, OPURA 3K, ROGEL 3B), recorren 14.28 NM hacia el este dada la restricción de gradiente de ascenso de 350 ft/NM hasta 5000 ft. Cuando se desplaza umbral a posición de THR09N, esta distancia se incrementa a 14.442 NM.

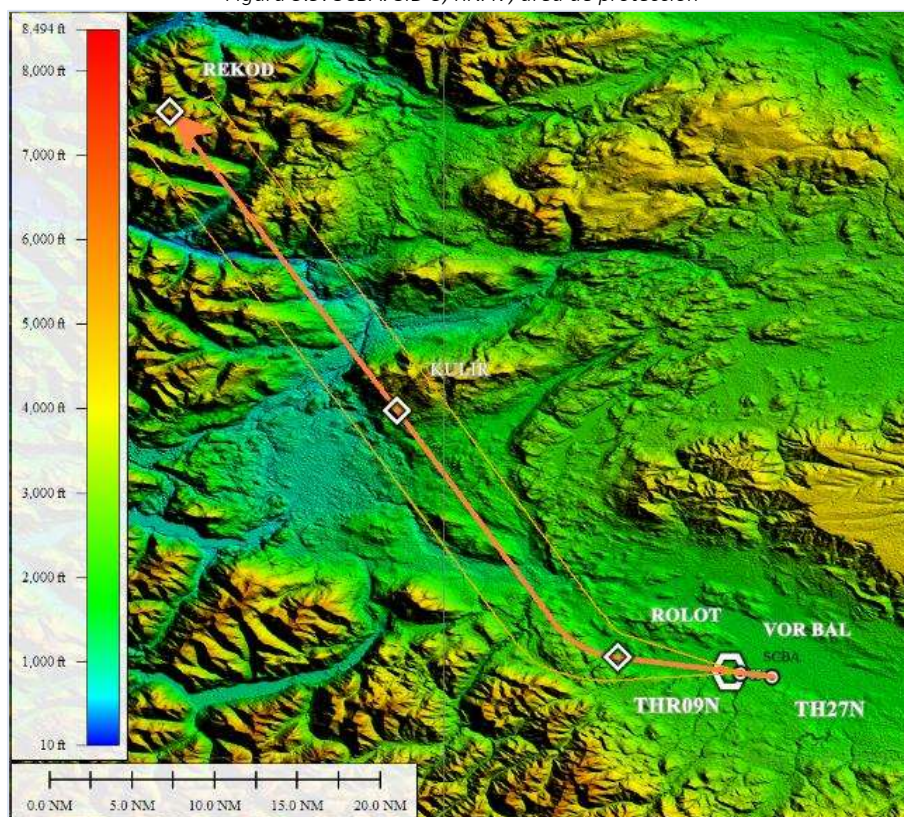
5.2.4.2 SALIDAS PNB (RNAV)

Se cuantifican 3 salidas de navegación satelital agrupadas en SID 3 y 4.

1) SID 3: REKOD 4C (RWY27) y REKOD 3D (RWY09)

Para REKOD 4C desde pista 27N, procedimiento basado en PBN con especificación de navegación RNAV 1, se contemplan el siguiente escenario con su respectiva área de protección:

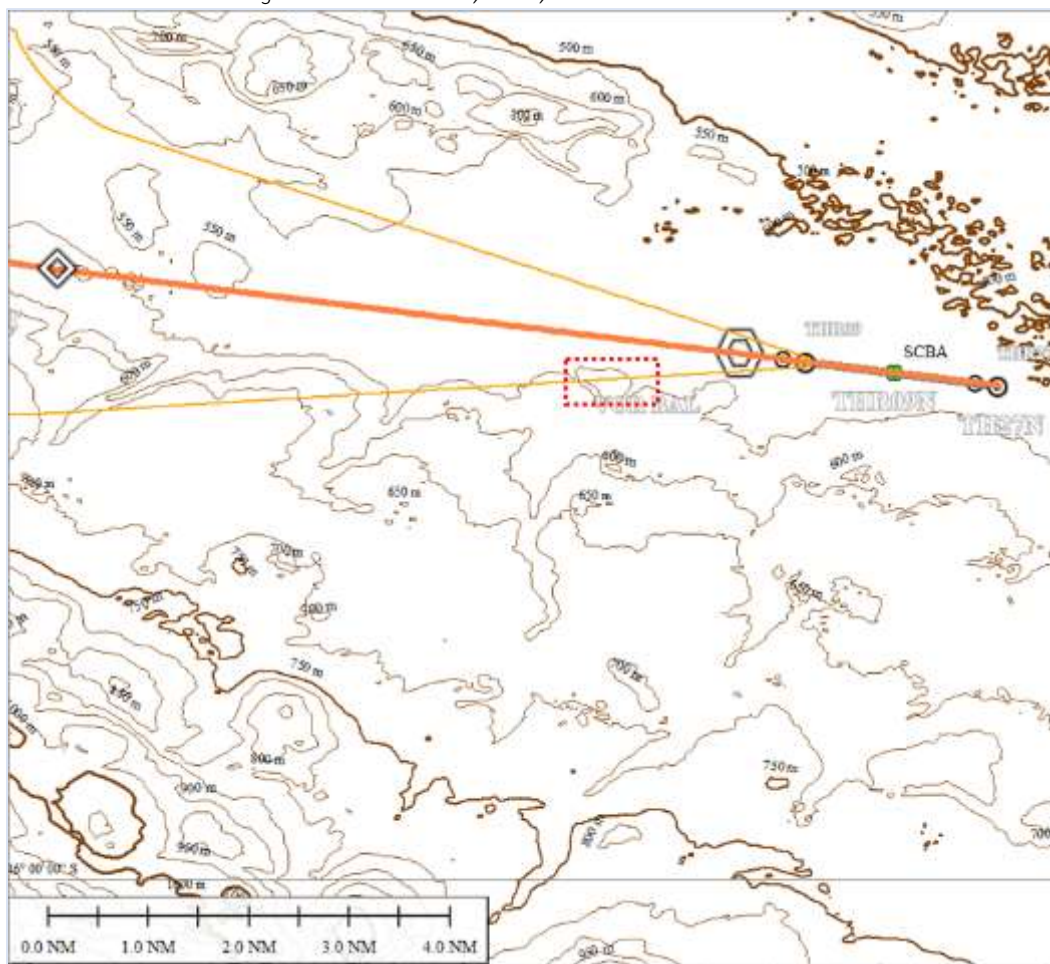
Figura 5.9: SCBA. SID 3, RNAV, área de protección



Fuente: Elaboración Propia

Previo a punto ROLOT se tiene lo siguiente:

Figura 5.10: SCBA. SID 3, RNAV, detalle obstáculos naturales.



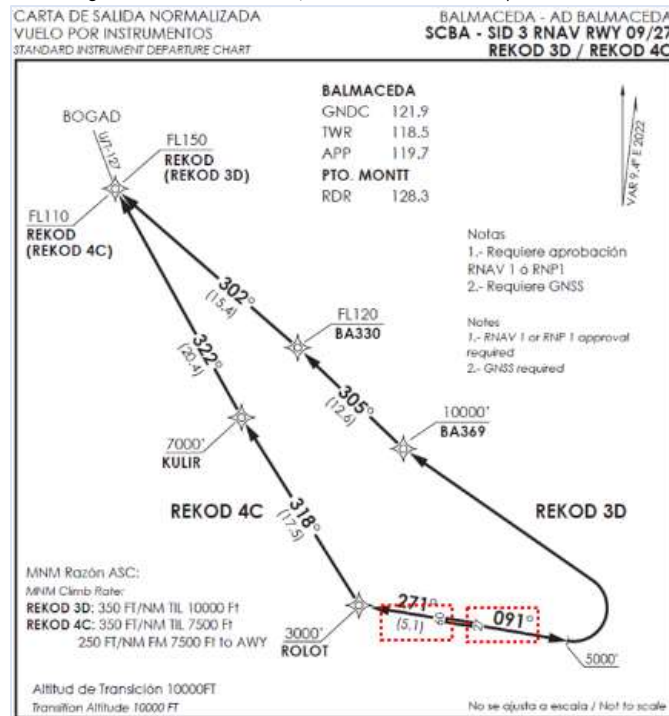
Fuente: Elaboración Propia

Imagen anterior muestra curva de nivel de 550 mts a 1.258 NM desde DER operación desde THR 27N, margen de franqueamiento de obstáculos sin problemas con limitación actual de 350 ft/NM, lo anterior implica que no se modifica requisito de gradiente de ascenso.

Efecto de cambio de umbral 27N: se incrementa distancia de tramo inicial de 5.1 NM a 5.262 NM.

Cambios en ambas salidas, para caso de REKOD 4C se modifica distancia. Para REKOD 3D umbral de origen.

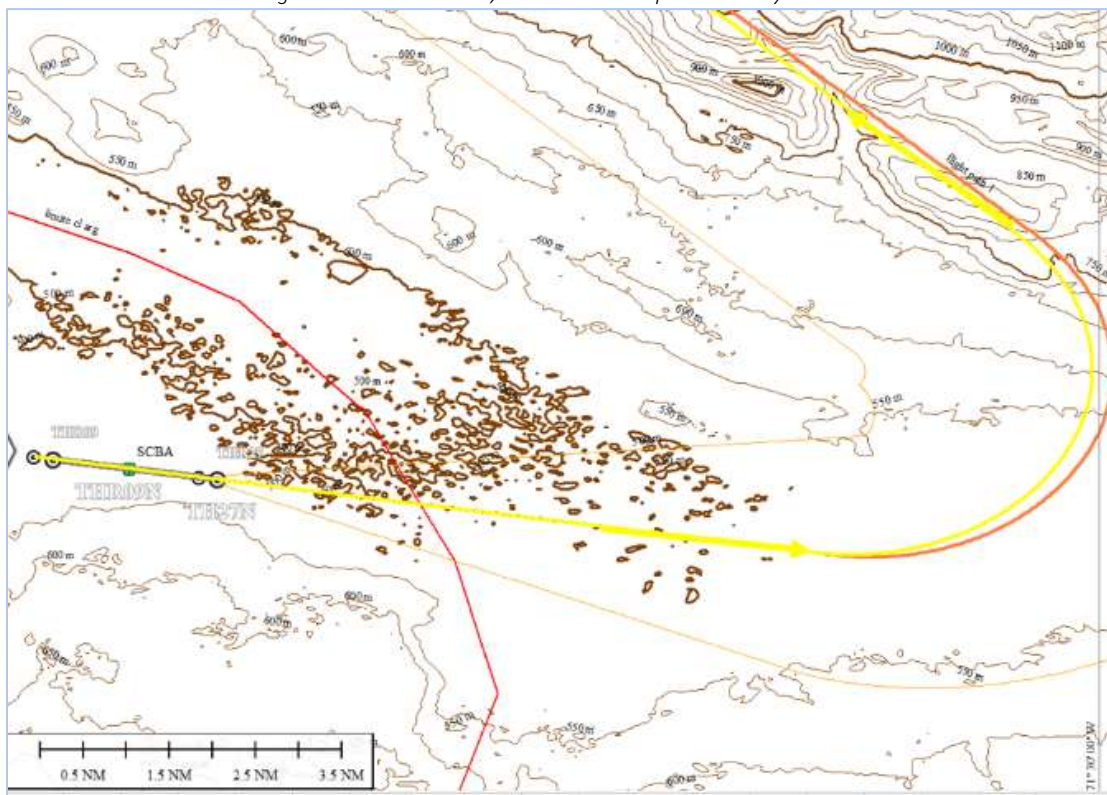
Figura 5.11: SCBA. SID 3, zona de cambios en publicación



Fuente: AIP VOL II.

Detalle pista 09 versus pista 09N caso REKOD:

Figura 5.12: SCBA. SID 3, REKOD 3D. Comparación trayectorias.



Fuente: Elaboración Propia

Línea Roja muestra limite Chile – Argentina.

Línea amarilla muestra trayectoria aeronave operando desde pista 09. línea Naranja muestra cambio de operación con umbral 09N. Se aprecia mínimo cambio de trayectorias al efectuar el viraje a 5000 ft requerido por la SID en análisis.

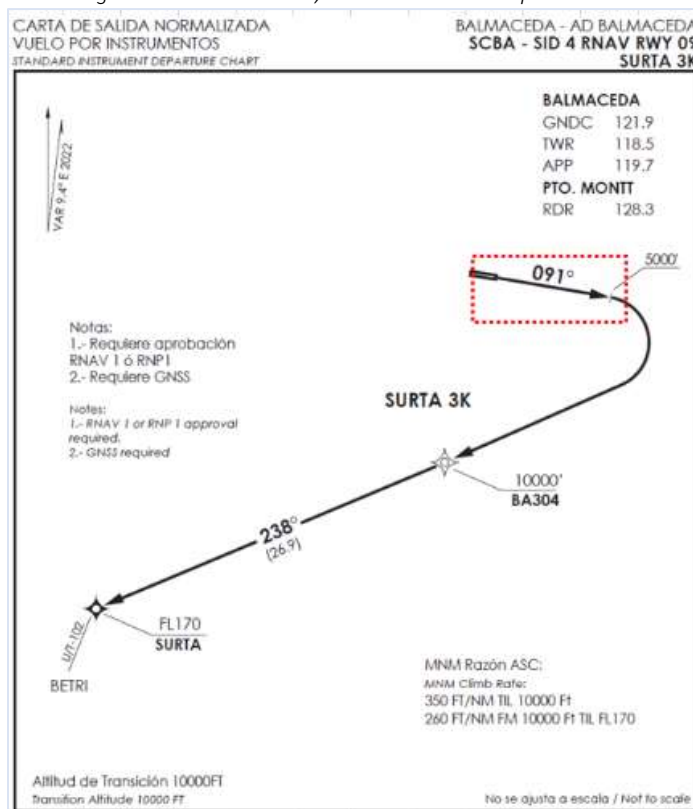
En teoría salida requiere una gradiente de ascenso de 350 ft/NM hasta 5000' lo que implica para pista 09 recorrer 14,28 NM hacia el Este. Cambio de umbral 09N requiere 14,442 NM. En la práctica dada performance de aeronaves tipo A320FAM, dicha distancia es menor requiriendo aproximadamente 5 NM para llegar a 5000', lo que implica menor recorrido en territorio argentino.

2) SID 3: SURTA 3K (RWY09)

Para este caso análisis es homologo a SID REKOD 3D. Cambia umbral de origen de SID a 09N, afectando la codificación del procedimiento. En términos de distancia recorrida se aumenta en 0.162 NM, manteniendo viraje a los 5000'.

Se muestra publicación actual con zona de cambio destacado.

Figura 5.13: SCBA. SID 4, zona de cambios en publicación



Fuente: AIP VOL II.

Conclusiones salidas: El cambio de umbral no implica desmedro en las operaciones ni cambios necesarios en restricciones de altitud ni gradientes de ascenso. Para las salidas desde RWY 09N, la distancia extra recorrida en espacio aéreo argentino no es significativa llegado a 0.162 NM.

5.2.5 IFR-Llegadas (STAR)

El aeródromo de Balmaceda cuenta con 12 procedimientos instrumentales de llegada (STAR) agrupados en 4 catillas de llegadas. Tiene procedimientos convencionales basados en VOR-DME y PBN con especificación de navegación RNAV-1.

5.2.5.1 LLEGADAS CONVENCIONALES

Presenta 6 llegadas convencionales agrupadas en 2 cartillas:

- 1) STAR 1: OPURA 3A, UDOVI 3A, ROGEL 3A y SURTA 3A

Para estos procedimientos no se tiene mayor impacto al considerar los nuevos umbrales debido a que las trayectorias están desarrolladas directo al VOR BAL.

- 2) STAR 2: OPURA 3B, UDOVI 3B

Al igual que caso anterior, las llegadas OPURA 3B y UDOVI 3B no tienen mayores cambios ya que están basadas en VOR DME BAL alimentando la aproximación VOR DME a RWY09 en el arco D20 VOR BAL.

5.2.5.2 LLEGADAS PBN (RNAV)

El aeródromo cuenta con 6 llegadas RNAV agrupadas en 2 cartillas.

- 1) STAR 3: OPURA 3C, UDOVI 3C y SURTA 3B

En este caso llegadas OPURA 3C y UDOVI 3C se utilizan para conectar a pista 09. SURTA 3B se puede utilizar para ambas pistas 09 y 27.

Los procedimientos antes mencionados solo se modificarían, dado el cambio de umbrales, si el último punto de cada procedimiento debiese ser cambiado. Se constata que la modificación de los umbrales en 0.162 NM, no demanda que todas las aproximaciones deban desplazarse en esa misma medida por lo que el desplazamiento puede ser “absorbido” por un cambio en los segmentos finales de los procedimientos de aproximación, dejando el resto de puntos de la aproximación sin cambios, lo que implica que el punto de conexión con las llegadas tampoco cambia. Lo anterior se alinea con un uso eficiente de los recursos públicos al minimizar los cambios requeridos.

- 2) STAR 4: OPURA 4D, UDOVI 3D y SURTA 3C

En este caso las 3 llegadas son a pista 27 para conectar con aproximación RNAV GNSS Y RWY 27.

Con la misma lógica anterior procedimientos no deberían ser modificados dado que aproximación RNAV GNSS Y RWY 27N, que solo modificaría su segmento final (cambio distancia TH27N a KOLNI).

Conclusión de Llegadas: son los procedimientos instrumentales con menor afectación dado el desplazamiento de umbrales.

5.2.6 IFR-Aproximaciones (IAC)

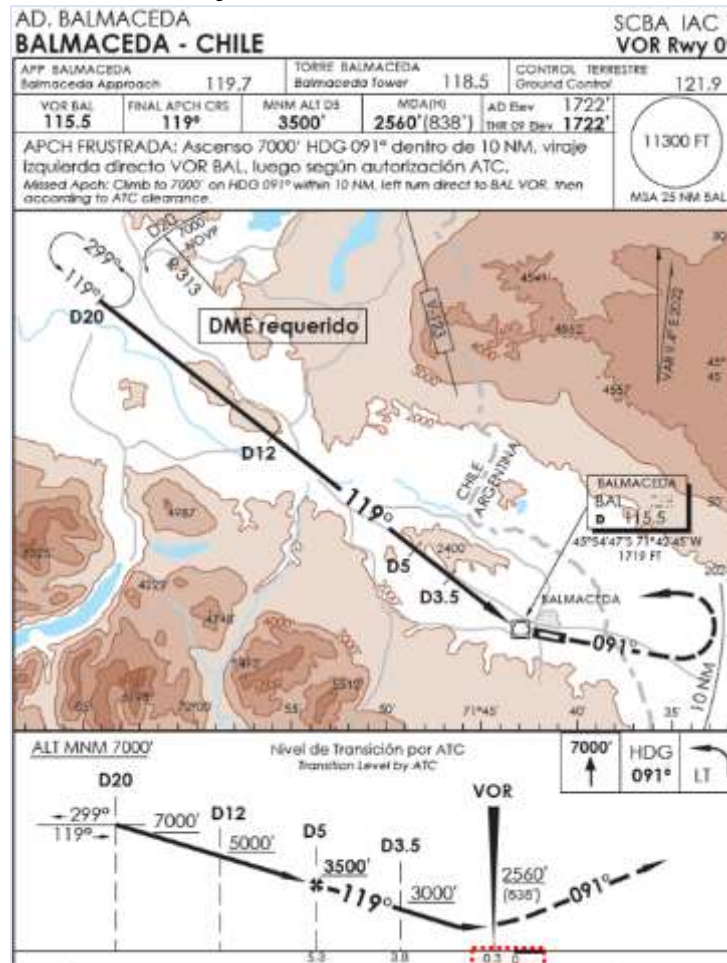
En cuanto a aproximaciones convencionales cuenta con 2 aproximaciones detalladas en IAC 1 e IAC 2, basadas en VOR-DME.

- 1) IAC 1, VOR RWY09.

Aproximación basada en VOR DME, desalineada en 28° con respecto a la pista lo que la limita para operaciones de aeronaves categoría A y B. Esta situación se mantiene para el caso de THR09N.

Muestra publicación AIP:

Figura 5.14: SCBA. IAC 1. VOR RWY09



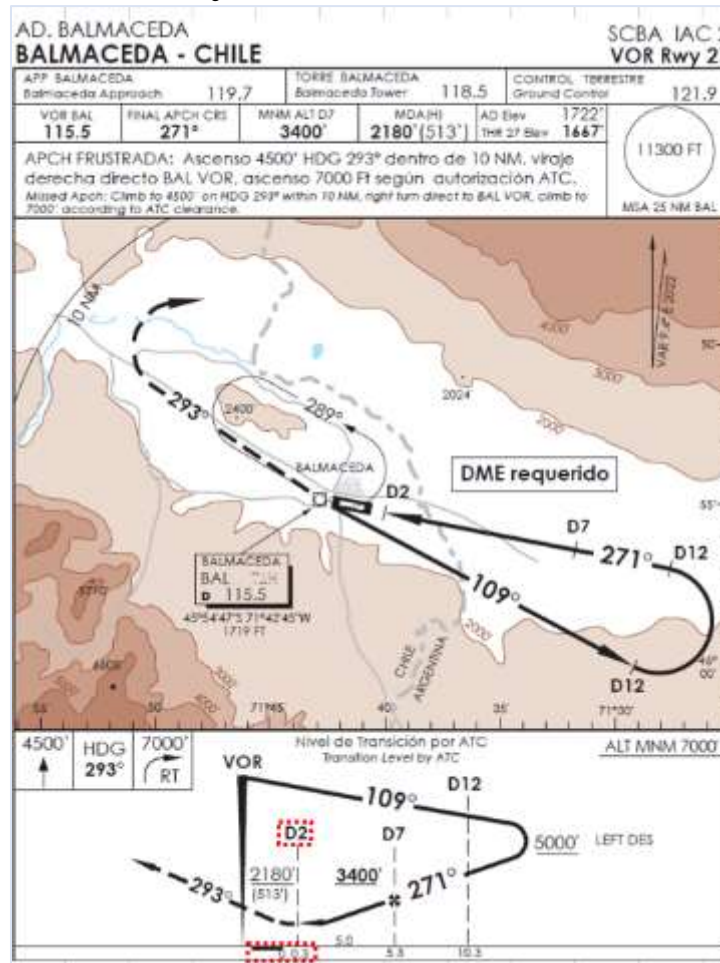
Fuente: AIP VOL II.

Dicho procedimiento no cambia en estructura ni mínimos operaciones (ya que los mínimos están condicionados por el segmento anterior al VOR o la Frustrada, las cuales no requieren cambios). El único impacto en el desplazamiento de umbrales para este procedimiento es la distancia desde el VOR BAL al umbral THR09N, pasa de 0.3 NM a 0.462 NM lo que en la publicación se representará como 0.5 NM.

1) IAC 2, VOR RWY27.

Procedimiento en gota basado en VOR-DME. Al igual que el caso anterior, mínimos están determinados por segmento anterior a D2 BAL o frustrada sin modificaciones dado cambio de umbral.

Figura 5.15: SCBA. IAC 2. VOR RWY27



Fuente: AIP VOL II.

Se destaca cambio en distancia de umbral o establecimiento de mínimos en D3 BAL para adecuar nueva distancia.

Conclusión aproximaciones convencionales: sin mayores cambios dado desplazamiento de umbrales al ser trayectorias basadas en una radio ayuda que no cambia como lo es el VOR-DME BAL.

5.2.7 Aproximaciones PBN

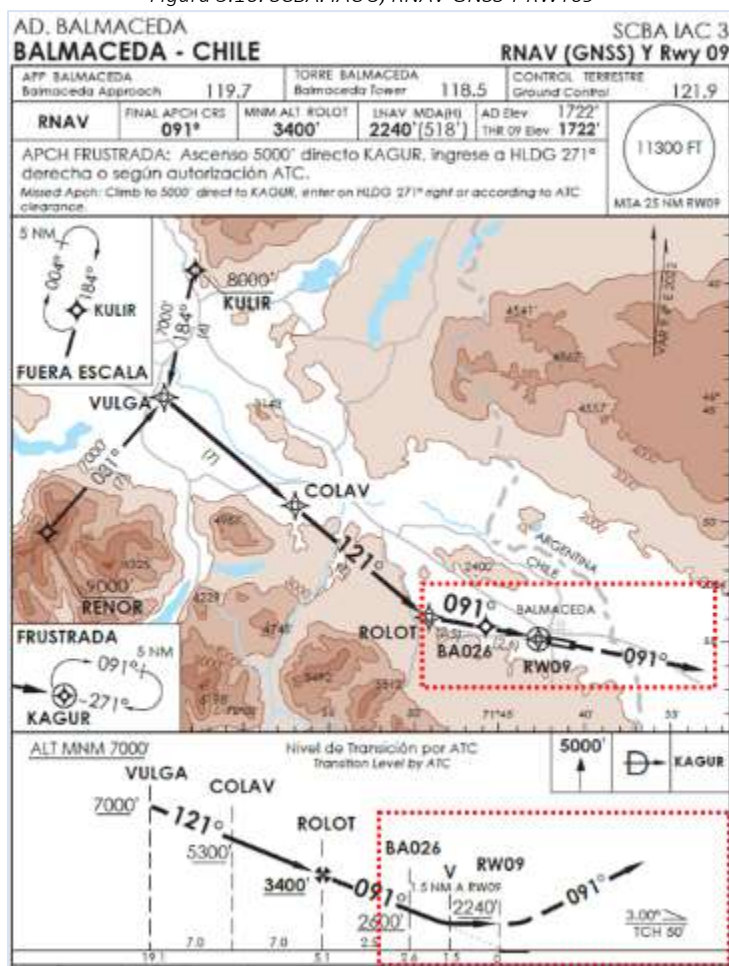
SCBA cuenta con 5 aproximaciones PBN.

En general las aproximaciones PBN cambian más que las convencionales al modificar los umbrales ya que las PBN requieren de codificación en base de datos de navegación de cada uno de sus elementos que la componen.

1) IAC 3, RNAV (GNSS) Y RWY09

Requiere especificación de navegación RNP APCH.

Figura 5.16: SCBA. IAC 3, RNAV GNSS Y RWY09



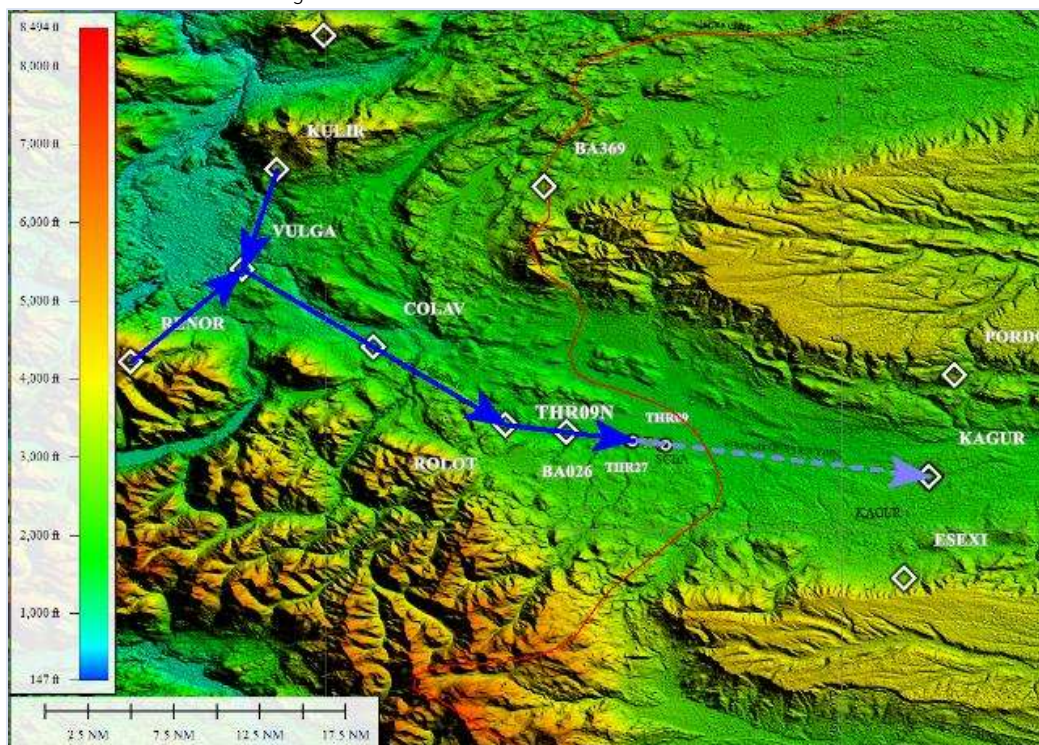
Fuente: AIP VOL II.

En este caso al desplazar el umbral 09N, se genera que el segmento final de la aproximación se “extiende” en 0.162 NM y el segmento de frustrada se “reduce” en misma proporción.

Cabe señalar que este procedimiento solo cuenta con guía horizontal por obstáculos naturales en segmento final que condicionan los mínimos y que no permiten generar la superficie de evaluación para procedimientos RNAV GNSS con guía vertical, lo cual se mantiene para el caso del umbral desplazado THR09N.

Vista superior estructura de procedimiento RNAV GNSS a pista 09N:

Figura 5.17: SCBA. Estructura RNAV GNSS Y RWY09N



Fuente: Elaboración propia

Línea azul, muestra aproximación. Línea azul claro segmentada, muestra procedimiento de frustrada.

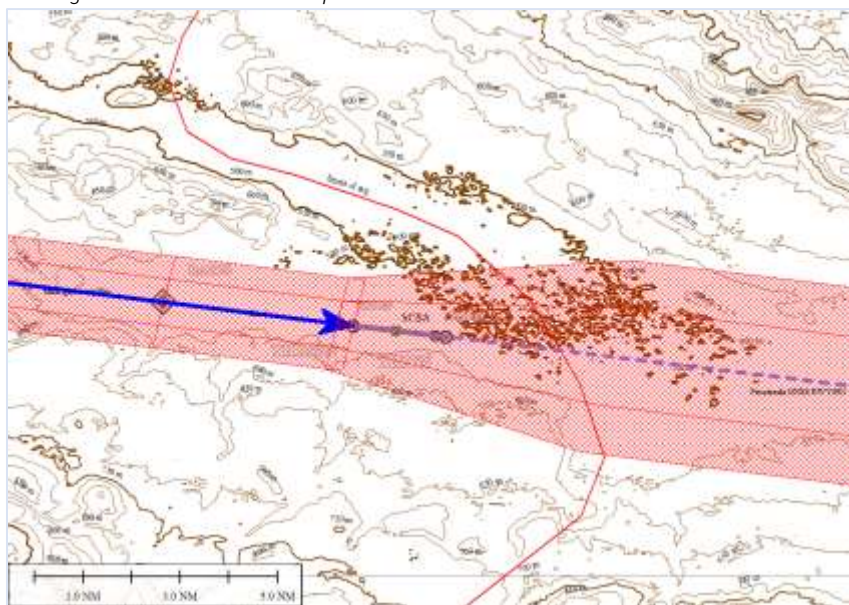
Se mantienen mismos puntos de recorrido de procedimiento original. Solo se afecta distancia entre BA026 a THR09 quedando en 2.762 (anterior 2.6 NM) y 2 restricciones verticales.

Efecto en restricciones verticales:

- Se mantiene ángulo de descenso de procedimiento en 3°. TCH 50' y elevación del umbral 09N es 1717'.
- BA026: 2646', redondeado lógica operacional 2640'.
- ROLAV: 3442', redondeado lógica operacional 3440'.
- En la practica una diferencia de 40'.

Por otra parte, en particular en zona de cambio se tiene con respecto a sus áreas de protección:

Figura 5.18: SCBA. Áreas de protección zona de cambios RNAV GNSS Y RWY09N



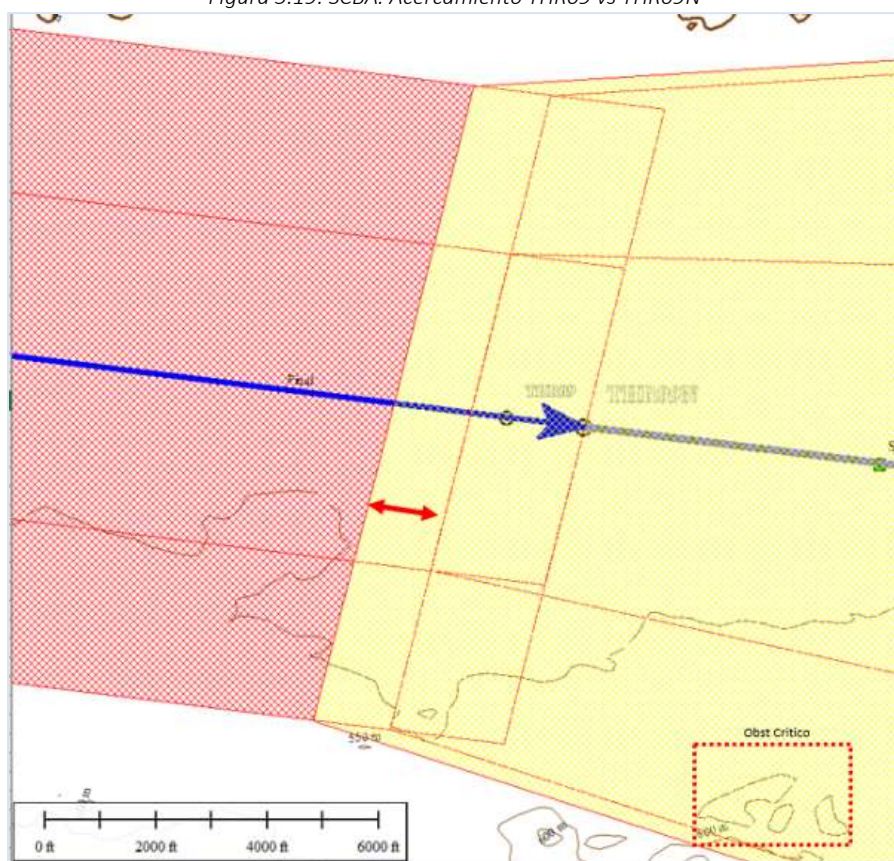
Fuente: Elaboración propia

Detalle área de protección en Final anchura para especificación de navegación RNP APCH Final de 0.95NM. Frustrada 2 NM.

Datos técnicos frustrada: SOC (star of climb) 18 seg CAT D, AP elev, 10 kt viento cola, entrega distancias de 1,026 NM desde MAPt. (Datos solo expuesto para validación de mínimos operacionales).

Diferencia comienzo de frustrada por cambio de umbral:

Figura 5.19: SCBA. Acercamiento THR09 vs THR09N



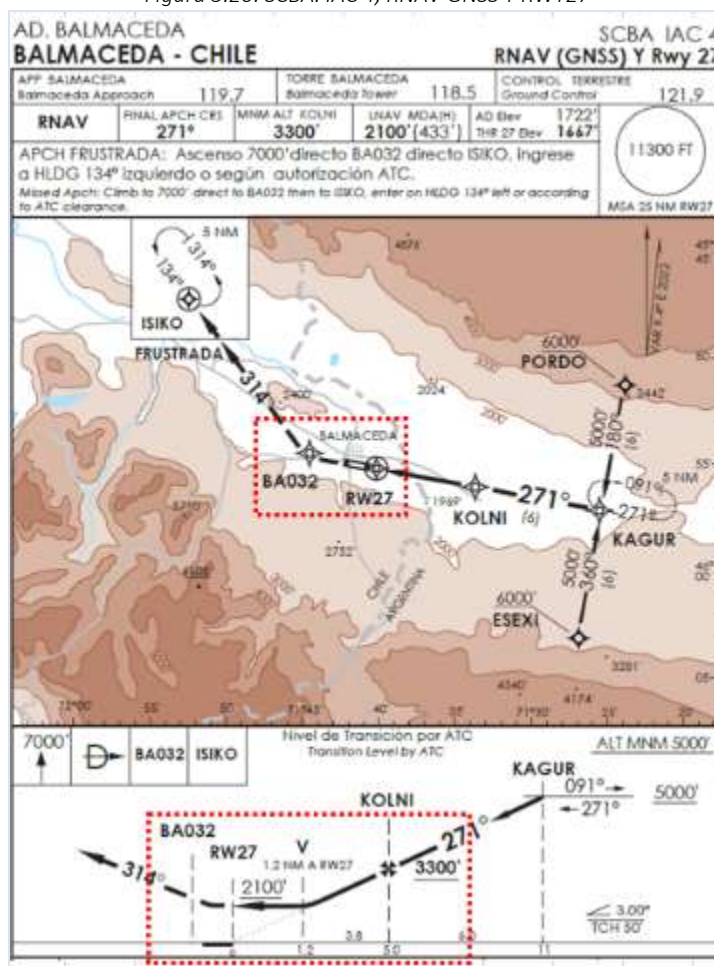
Fuente: Elaboración propia

Diferencia equivalente al cambio de umbral no afecta resultado de evaluación de obstáculos manteniendo mínimos en procedimiento: LNAV MDA (H) 2240' (518').

- 1) IAC 4, RNAV (GNSS) Y RWY27

Requiere especificación de navegación RNP APCH.

Figura 5.20: SCBA. IAC 4, RNAV GNSS Y RWY27



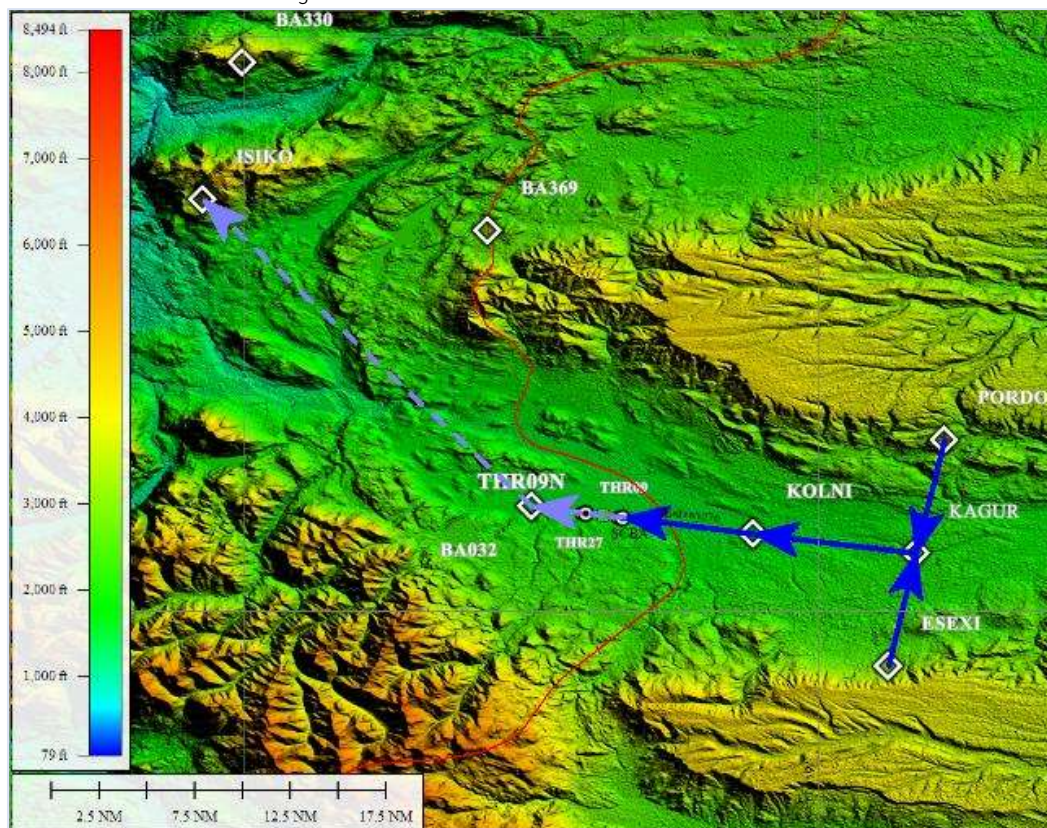
Fuente: AIP VOL II.

En este caso al desplazar el umbral 27N, se genera que el segmento final de la aproximación se “reduce” en 0.162 NM y el segmento de frustrada se “extiende” en misma proporción.

Al igual que para pista actual 09 procedimiento solo cuenta con guía horizontal por obstáculos en segmento final que condicionan los mínimos y que no permiten generar la superficie de evaluación para procedimientos RNAV GNSS con guía vertical, lo cual se mantiene para el caso del umbral desplazado THR27N.

Vista superior estructura de procedimiento RNAV GNSS a pista 27N:

Figura 5.21: SCBA. Estructura RNAV GNSS Y RWY27N



Fuente: Elaboración propia

Línea azul, muestra aproximación. Línea azul claro segmentada, muestra procedimiento de frustrada.

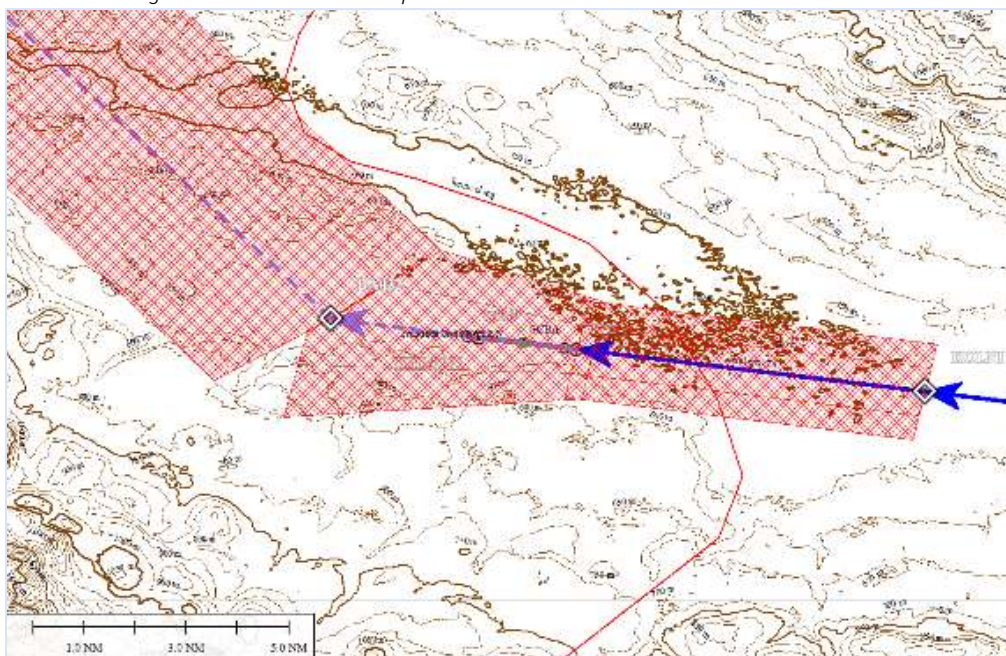
Se mantienen mismos puntos de recorrido de procedimiento original. Solo se afecta distancia entre THR27N a KOLNI quedando en 4.833 (anterior 5 NM) y 1 restricción vertical.

Efecto en restricciones verticales:

- Se mantiene ángulo de descenso de procedimiento en 3°. TCH 50' y elevación del umbral 27N 1664'.
- KOLNI: 3253', redondeado lógica operacional 3260'. Reducción de restricción vertical en KOLNI no impacta evaluación de obstáculos segmento anterior (intermedio de KAGUR a KOLNI).
- En la práctica una diferencia de 40'.

Así también, se muestran áreas de protección zona de cambios para procedimientos RNAV GNSS RWY27N.

Figura 5.22: SCBA. Áreas de protección zona de cambios RNAV GNSS Y RWY09N



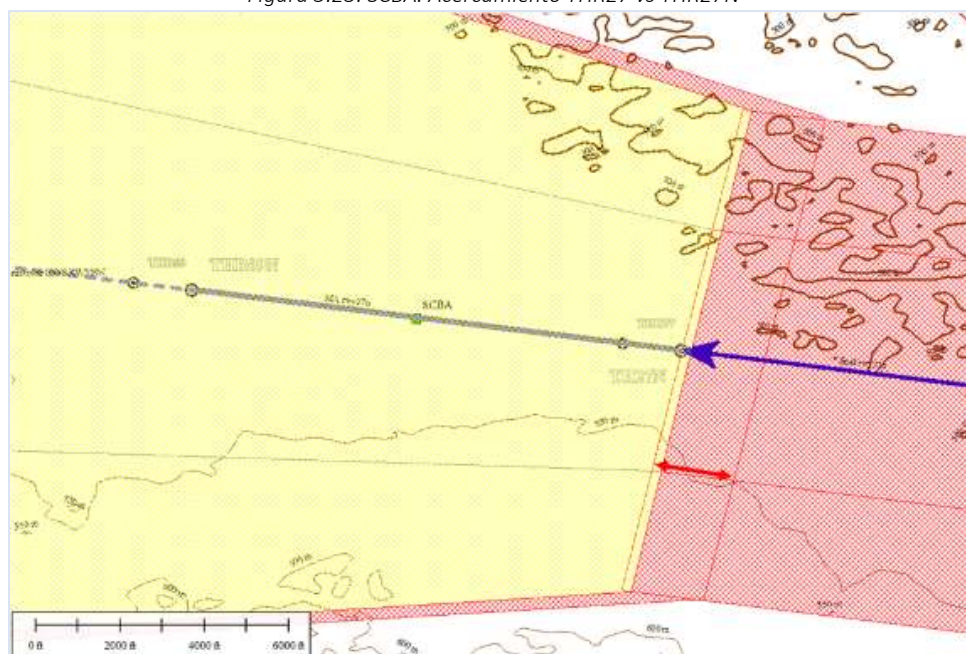
Fuente: Elaboración propia

Detalle área de protección en Final anchura para especificación de navegación RNP APCH Final de 0.95NM. Frustrada 2 NM.

Datos técnicos frustrada: SOC (star of climb) 18 seg CAT D, AP elev, 10 kt viento cola, entrega distancias de 1,026 NM desde MAPt. (Datos solo expuesto para validación de mínimos operacionales).

Y se explicita cambio en zona de frustrada por desplazamiento de umbrales:

Figura 5.23: SCBA. Acercamiento THR27 vs THR27N



Fuente: Elaboración propia

Zona amarilla muestra área de protección umbral 27. Se aprecia diferencia sin impacto en evaluación de obstáculos, manteniendo mínimos de procedimiento MDA(H) 2100' (433').

- 1) IAC 5, RNAV (RNP) Z RWY09

Requiere especificación de navegación RNP-AR.

AD. BALMACEDA SCBA IAC 5
BALMACEDA - CHILE RNAV (RNP) Z Rwy 09

AFF. BALMACEDA Balmaceda Approach		TORRE BALMACEDA Balmaceda Tower		CONTROL TERRESTRE Ground Control	
RNAV	FINAL APCH CRS 091°	MNM ALT GENAB 3000'	DA/H ver mínimos DA/H refer to minimums	AD Elev. THR 09 Elev.	1722'

APCH FRUSTRADA: Ascenso en TR091° hacia BA060, posterior LT RF hacia BA310, luego directo a TONEP 9000FT e ingresar en HLDG.
 Missed Apch: Climb on TR091° a BA060, then via LT RF to BA310, then direct to TONEP 9000FT, and enter HLDG.

MSA 25 NM RWY

Nota / Note:
 - Seg. Inicial Sur: RNP 1 hasta BA374 luego RNP 0.3
 - Seg. Inicial Norte: RNP 1 hasta TONEP luego RNP 0.3
 - Seg. Intermedio: RNP 0.3
 - APCH Frustrada: RNP 1

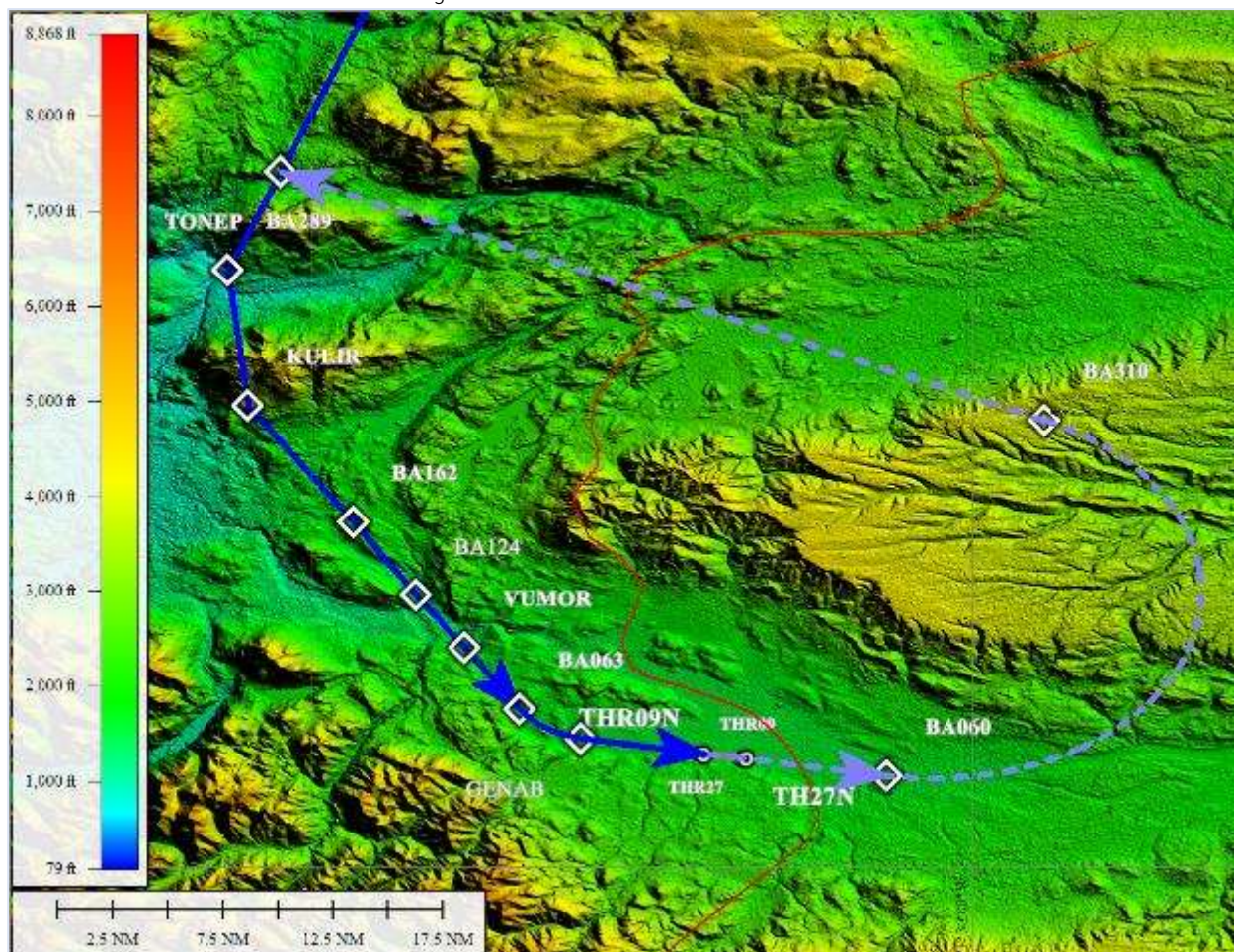
Nivel de Transición por ATC
 Transition Level by ATC

Diagram showing transition levels: 3000' (GENAB), 3500' (BA063), 4200' (VUMOR). The chart also shows the final approach segment from GENAB to RW09 and the missed approach path from RW09 to BA310 and TONEP.

En este caso al desplazar el umbral 09N, se genera que el segmento final de la aproximación se “extiende” en 0.162 NM y el segmento de frustrada se “reduce” en misma proporción.

Página 103 de 302

Figura 5.25: SCBA. Estructura RNAV RNP Z RWY09N



Fuente: Elaboración propia

Línea azul, muestra aproximación. Línea azul claro segmentada, muestra procedimiento de frustrada.

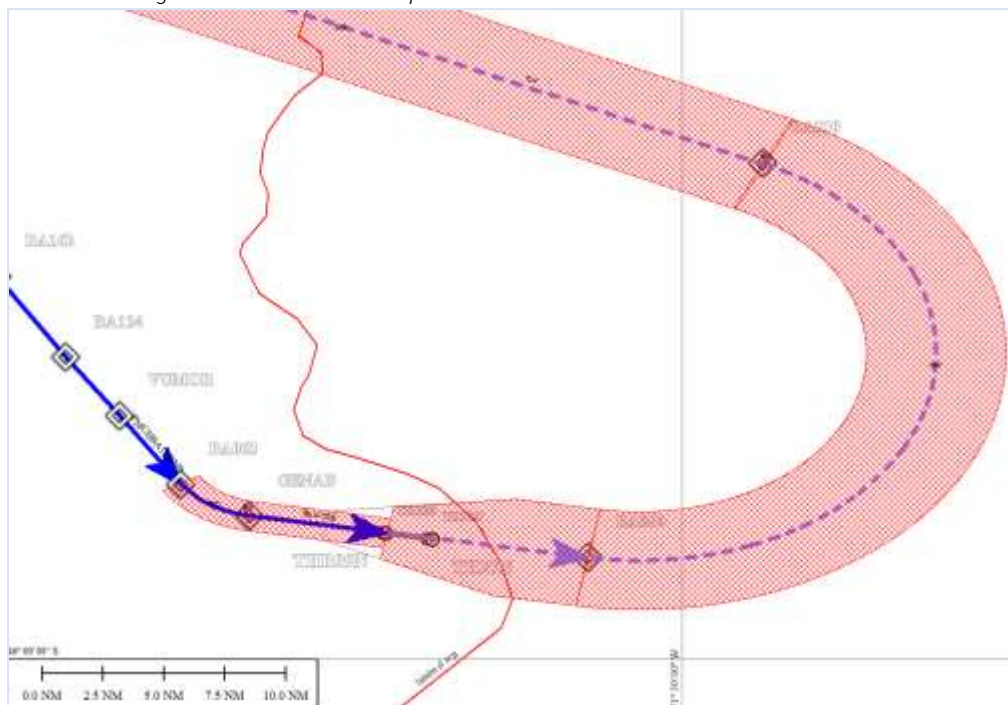
Se mantienen mismos puntos de recorrido de procedimiento original. Se afecta distancia segmento final 3,9262 NM (anterior 3.8NM), distancia entre THR09N a BA060 quedando en 5.838 (anterior 6 NM), gradiente descenso 3° (anterior 3,05°) y restricción vertical punto GENAB.

Efecto en restricciones verticales:

- Ángulo de descenso de procedimiento en 3°. TCH 50' y elevación del umbral 09N 1717'.
- GENAB: 3028,6', redondeado lógica operacional 3020'.
- En la práctica una diferencia de 20'.
- Desplazamientos de área de protección tienen menos impacto que en caso de RNAV GNSS dado que la magnitud de estas áreas (RNP-AR) son menores.

Acercamiento zonas de cambio con áreas de protección:

Figura 5.26: SCBA. Áreas de protección zona de cambios RNAV RNP Z RWY09N



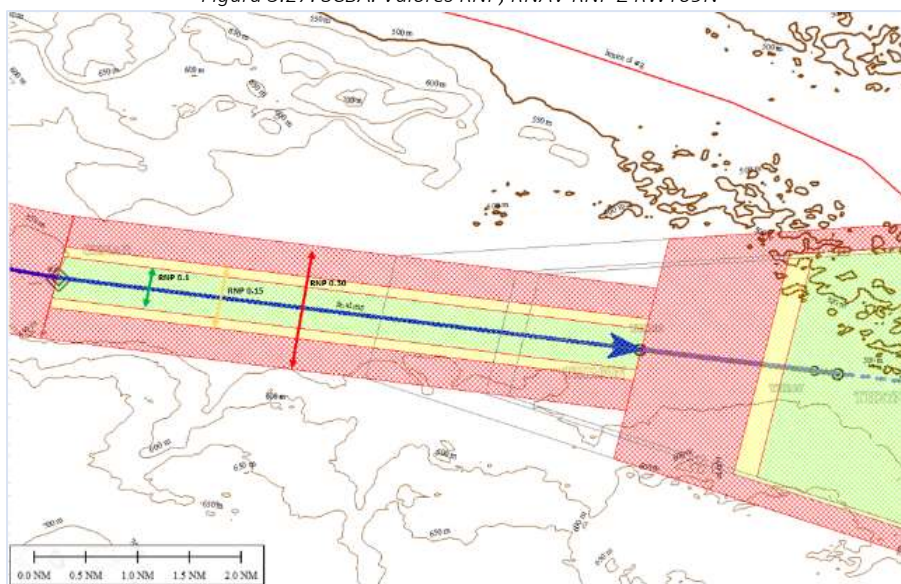
Fuente: Elaboración propia

Áreas de protección en final con valor RNP 0.3, 0.15 y 0.1 (representada RNP 0.3 – estándar-). Valor RNP frustrada RNP1.0.

Datos técnicos frustrada: SOC (star of climb) 15 seg CAT D, AP elev, 10 kt viento cola, TrD (transition distance) =1,435 NM desde OCH – HL CAT D 161 ft. (Datos solo expuesto para validación de mínimos operacionales).

Acercamiento valores RNP:

Figura 5.27: SCBA. Valores RNP, RNAV RNP Z RWY09N



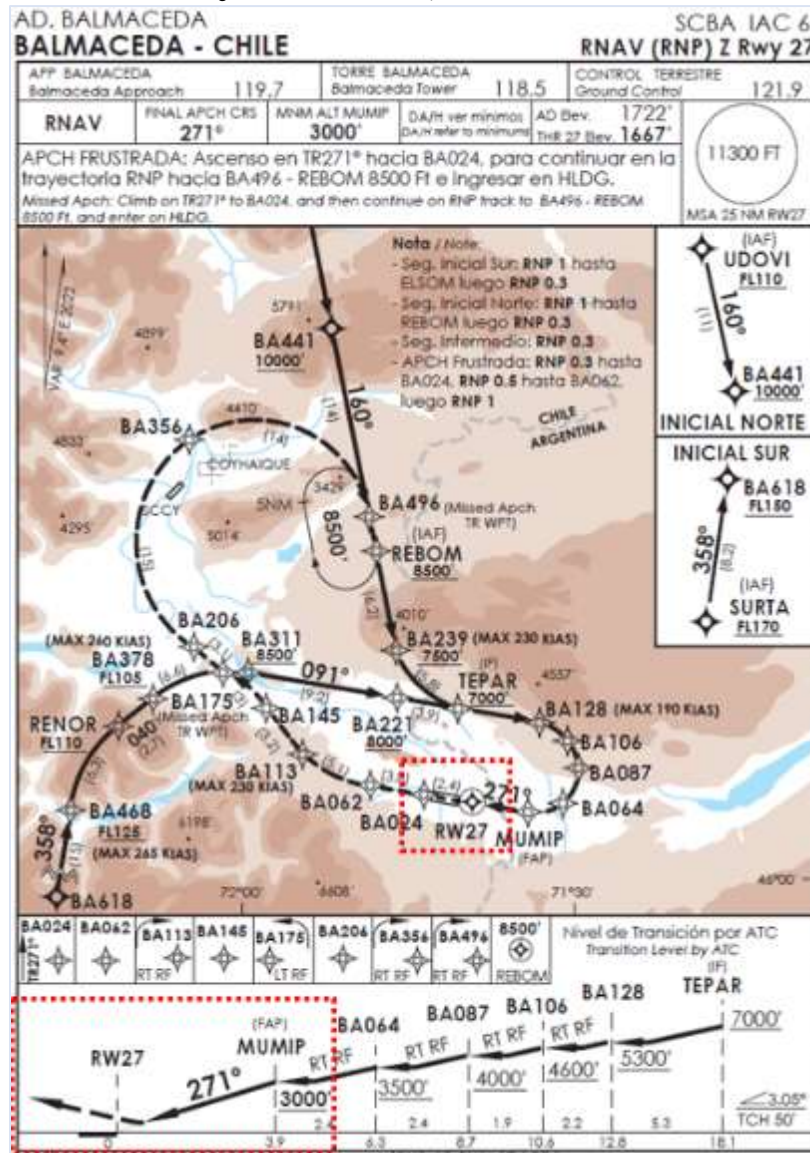
Fuente: Elaboración propia

Usando THR09N no se visualizan cambios en los obstáculos considerados en la determinación de mínimos operacionales de la cartilla RNAV (RNP) Z RWY 09: RNP 0.3 DA (H) 2340' (618'), RNP 0.15 DA (H) 2080' (358') y RNP 0.1 DA(H) 2030' (308').

2) IAC 6, RNAV (RNP) Z RWY27

Requiere especificación de navegación RNP-AR.

Figura 5.28: SCBA. IAC 6, RNAV RNP Z RWY27

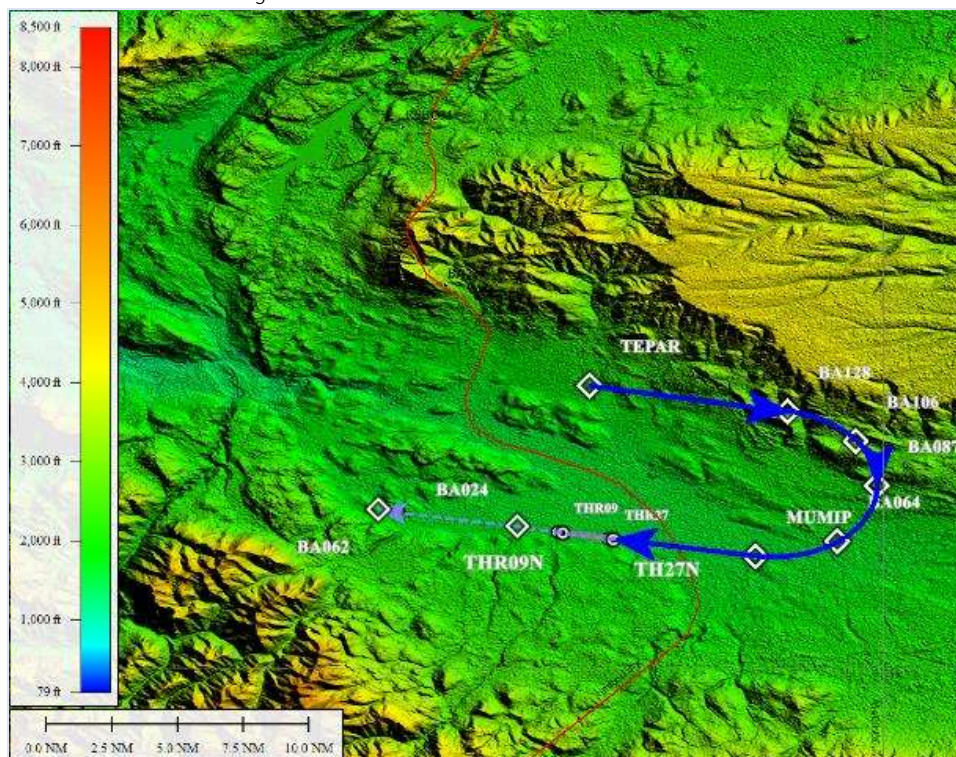


Fuente: AIP VOL II

En este caso al desplazar el umbral 27N, se genera que el segmento final de la aproximación se “reduce” en 0.162 NM y el segmento de frustrada se “extiende” en misma proporción.

Vista superior estructura de procedimiento RNAV RNP-AR Z a pista 27N, zona de cambios:

Figura 5.29: SCBA. Estructura RNAV RNP Z RWY27N.



Fuente: Elaboración propia

Porción del procedimiento considerada desde TEPAR IF (punto intermedio) hasta BA062 (segundo punto de la frustrada).

Línea azul, muestra aproximación. Línea azul claro segmentada, muestra procedimiento de frustrada.

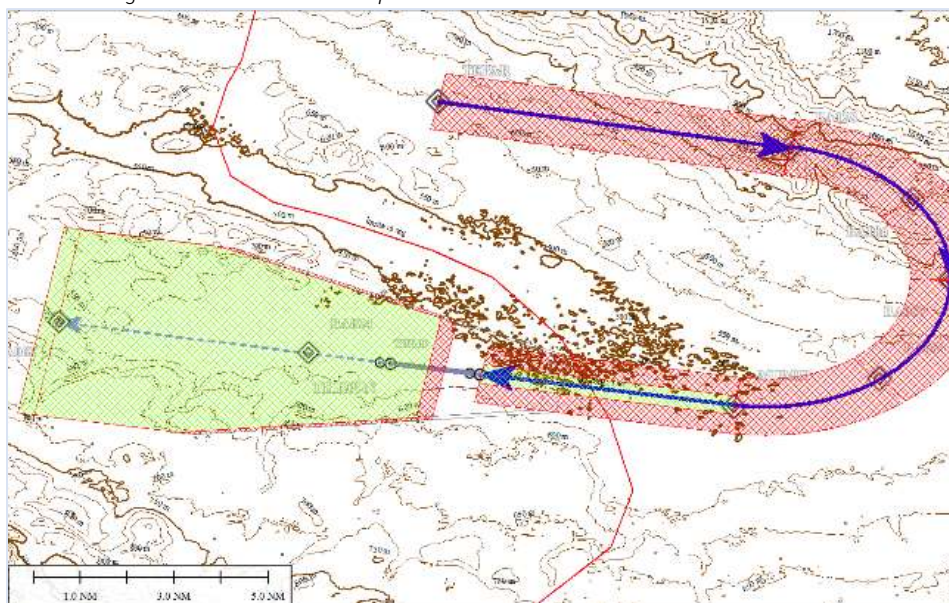
Se mantienen mismos puntos de recorrido de procedimiento original. Se afecta distancia segmento final 3,838 NM (anterior 4NM), distancia entre THR27N a BA024 quedando en 2.564 (anterior 2.4 NM), gradiente descenso 3° (anterior 3,05°) y restricción vertical punto MUMIP.

Efecto en restricciones verticales:

- Ángulo de descenso de procedimiento en 3°. TCH 50' y elevación del umbral 27N 1664'.
- MUMIP: 2936,1', redondeado lógica operacional 2940' No generando impactos en evaluación de obstáculos tramo anterior (BA064 a MUMIP).
- En la práctica una diferencia de 60'.
- Al igual que para pista 09N, desplazamientos de área de protección tienen menos impacto que en caso de RNAV GNSS dado que la magnitud de estas áreas (RNP-AR) son menores.

Zonas de cambio con áreas de protección:

Figura 5.30: SCBA. Áreas de protección zona de cambios RNAV RNP Z RWY27N



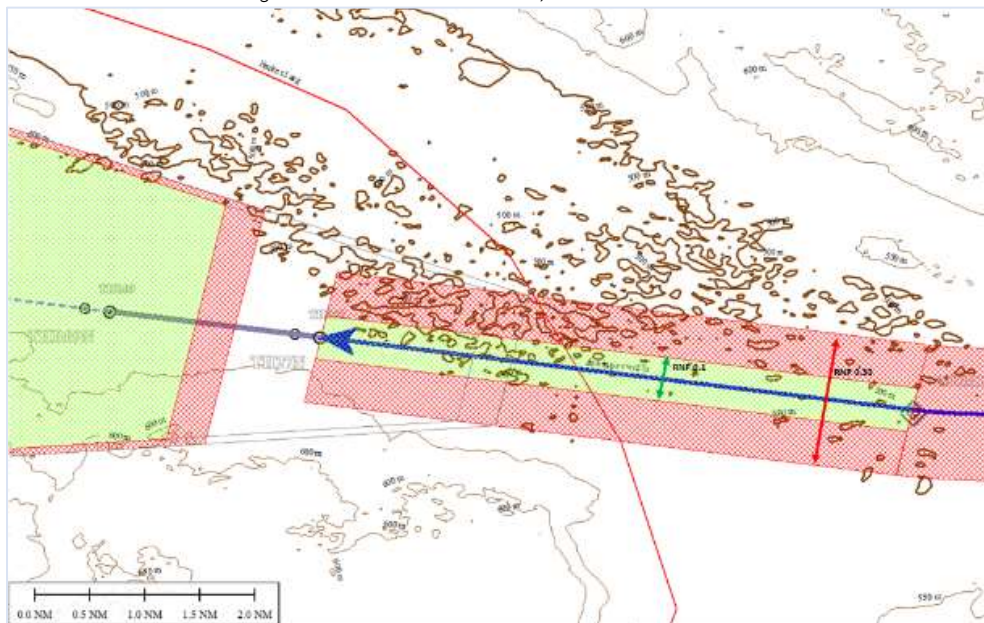
Fuente: Elaboración propia

Áreas de protección en final con valor RNP 0.3 y 0.1 (representada RNP 0.3 – estándar-). Valor RNP frustrada RNP1.0.

Datos técnicos frustrada: SOC (star of climb) 15 seg CAT D, AP elev, 10 kt viento cola, TrD (transition distance) =1,435 NM desde OCH – HL CAT D 161 ft. (Datos solo expuesto para validación de mínimos operacionales).

Acercamiento valores RNP:

Figura 5.31: SCBA. Valores RNP, RNAV RNP Z RWY27N



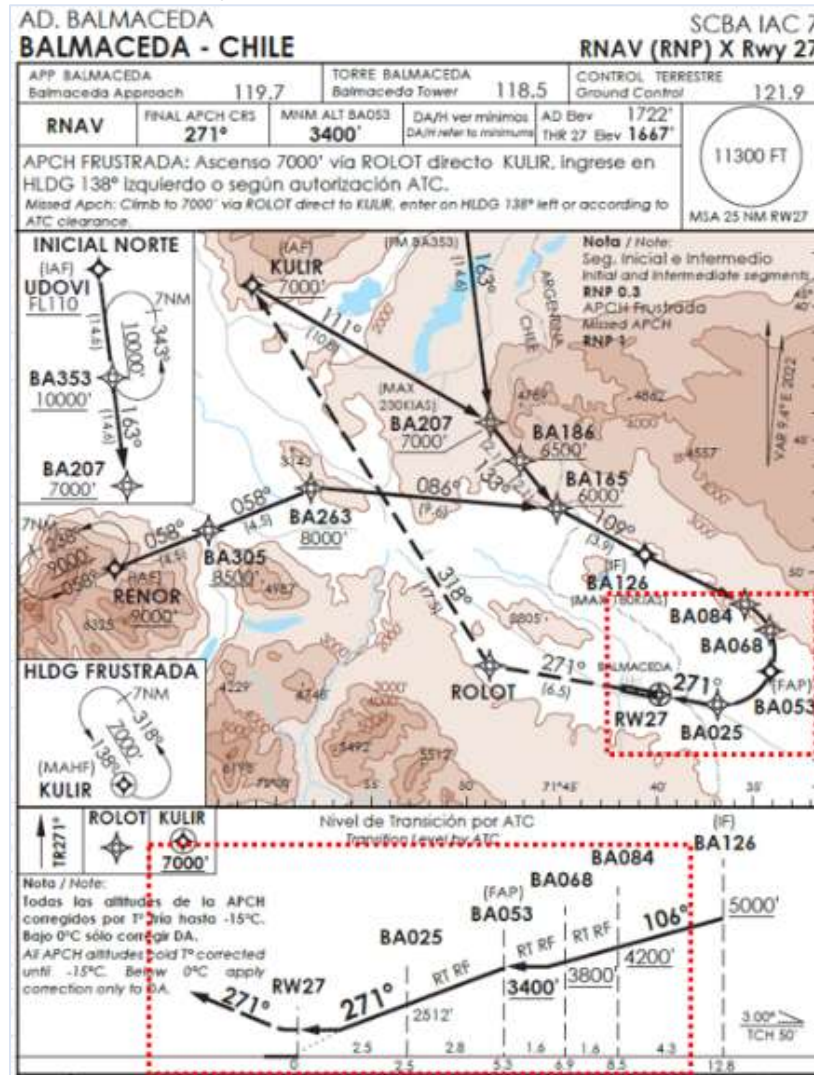
Fuente: Elaboración propia

Usando THR27N no se visualizan cambios en los obstáculos considerados en la determinación de mínimos operacionales de la cartilla RNAV (RNP) Z RWY 27: RNP 0.3 DA (H) 2110' (443'), y RNP 0.1 DA(H) 2030' (363').

5) IAC 7, RNAV (RNP) X RWY27

Requiere especificación de navegación RNP-AR.

Figura 5.32: SCBA. IAC 7, RNAV RNP X RWY27

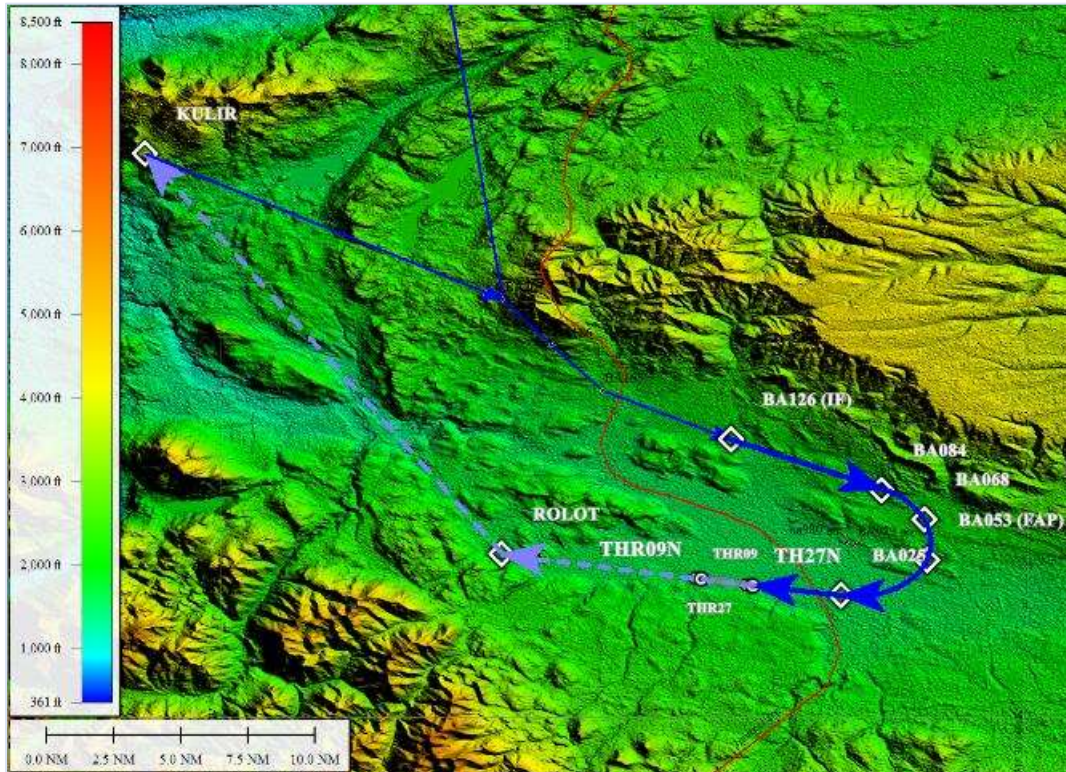


Fuente: AIP VOL II

Este procedimiento, con el fin de tener una distancia recorrida más corta, presenta una particularidad, la cual es un viraje RF (radius to fix – radio fijo-) posterior al punto de aproximación final (FAP). Este punto BA025 es denominado FROP (Final roll out point). Con el objeto de mantener la distancia de 2.5 NM del FROP al umbral, se propone mover los puntos de recorrido (WPT) hacia el este en la misma proporción que el desplazamiento y nueva ubicación del umbral 27N. La idea de mantener la distancia mínima de 2.5 NM del umbral se sustenta en un criterio de seguridad operacional para permitir que las aeronaves se establezcan alineadas con la pista al menos en esas 2.5 NM ya señaladas. Desde el punto de vista de la frustrada esta se “incrementa” en 0.162 NM al operar en THR 27N.

Vista superior estructura de procedimiento RNAV RNP-AR X a pista 27N, zona de cambios:

Figura 5.33: SCBA. Estructura RNAV RNP X RWY27N.



Fuente: Elaboración propia

Porción del procedimiento considerada desde BA126 IF (punto intermedio) hasta ROLOT (primer punto de la frustrada).

Línea azul, muestra aproximación. Línea azul claro segmentada, muestra procedimiento de frustrada.

Datos técnicos frustrada: SOC (star of climb) 15 seg CAT D, AP elev, 10 kt viento cola, TrD (transition distance) =1,435 NM desde OCH – HL CAT D 161 ft. (Datos solo expuesto para validación de mínimos operacionales).

Se generan cambios en los puntos de recorrido desde el BA084 hasta BA025, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 5.8: SCBA. Nuevas coordenadas RNAV RNP X RWY27N.

Coordenada Punto	Nueva coordenada
BA025: 45°55'30,47"S 71°36'53,20"W	BA025': 45°55'32,16"S 71°36'39,49"W
BA053: 45°54'11,28"S 71°33'44,90"W	BA053': 45°54'12,97"S 71°33'31,19"W
BA068: 45°52'39,74"S 71°33'50,94"W	BA068': 45°52'41,43"S 71°33'37,24"W
BA084: 45°51'33,51"S 71°35'21,60"W	BA084': 45°51'35,20"S 71°35'07,90"W
BA979 arc: 45°53'35,29"S 71°36'24,27"W	BA979' arc: 45°53'36,98"S 71°36'10,57"W
BA980 arc: 45°53'31,10"S 71°36'42,80"W	BA980' arc: 45°53'32,79"S 71°36'29,10"W

Fuente: Elaboración propia

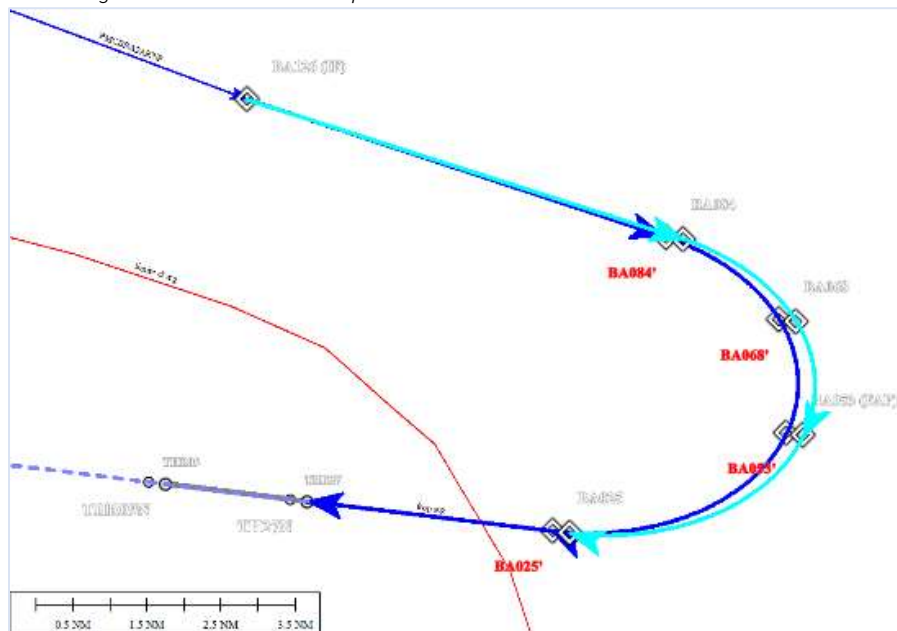
Además, distancia BA126 a BA084' se incrementa a 4.5918 NM (anterior 4.34 NM).

No se generan cambios en restricciones verticales debido a desplazamiento de los puntos. Se mantiene TCH 50' y ángulo de descenso 3°.

No hay efectos en obstáculos críticos por segmentos dado que desplazamiento de los puntos antes señalados es menor.

Detalle gráfico del desplazamiento a continuación:

Figura 5.34: SCBA. Áreas de protección zona de cambios RNAV RNP X RWY27N

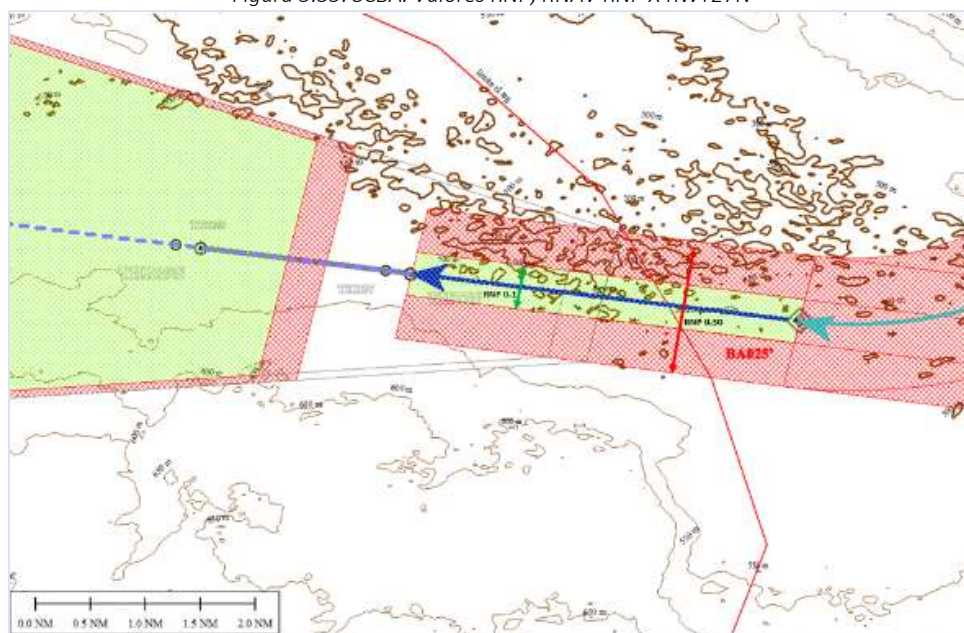


Fuente: Elaboración propia

Línea color calipso muestra nueva trayectoria por adecuación de puntos. Áreas de protección en final con valor RNP 0.3 y 0.1. Valor RNP frustrada RNP1.0. Incremento de área de protección al este no genera cambios en restricciones verticales ya que mantienen margen de franqueamiento de obstáculo adecuado para cada fase de la aproximación.

Acercamiento valores RNP:

Figura 5.35: SCBA. Valores RNP, RNAV RNP X RWY27N



Fuente: Elaboración propia

Usando THR27N no se visualizan cambios en los obstáculos considerados en la determinación de mínimos operacionales de la cartilla RNAV (RNP) X RWY 27: RNP 0.3 DA (H) 2170' (503'), y RNP 0.1 DA(H) 2000 (333').

Conclusión aproximaciones PBN: en este caso se generan mayores cambios que su homólogo convencional debido a la codificación de nuevos umbrales y al desplazamiento de puntos para el caso de la última aproximación RNP-AR. Resto de procedimientos tiene adecuaciones en restricciones verticales de menor magnitud 20 a 60 ft y adecuaciones de distancias en el orden del desplazamiento de umbral 0.162 NM. Lo anterior no genera grandes cambios en áreas de protección donde no se incorporan nuevos obstáculos por la modificación de estas lo que implica que los mínimos operacionales se mantienen.

5.2.8 Aproximación de Precisión ILS RWY27N

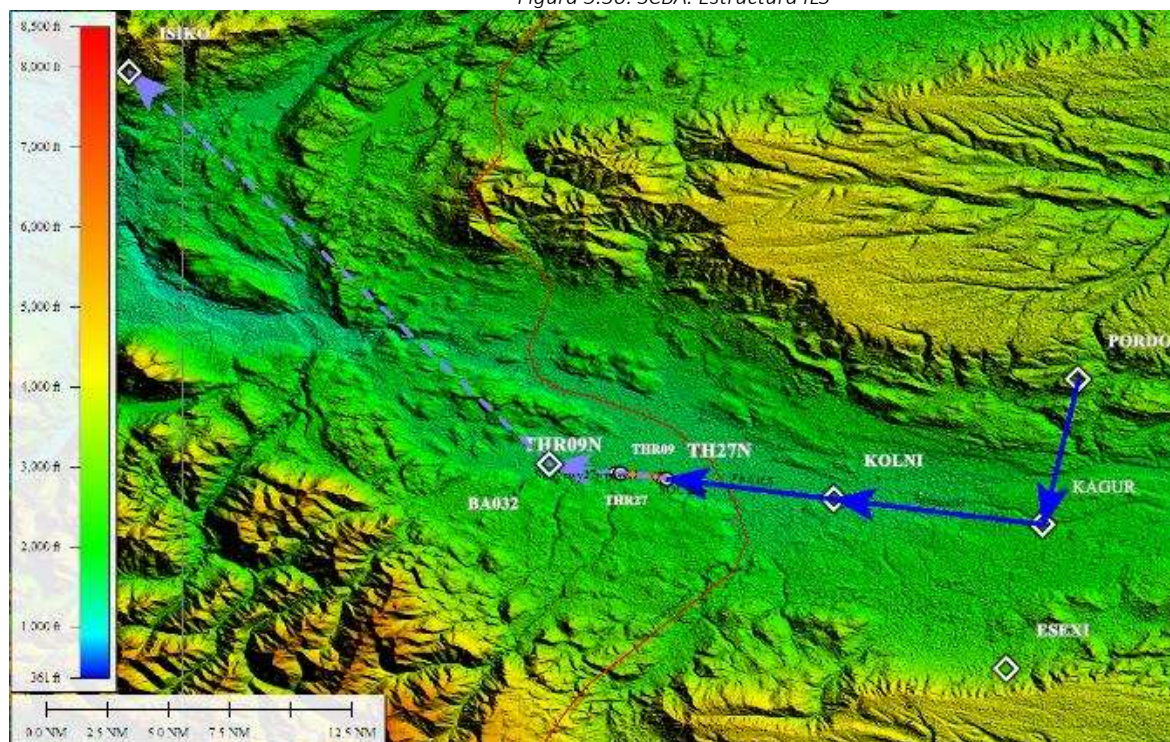
Se evalúa aproximación de precisión ILS CAT I para pista 27N. Debido a tendencia de navegación se simula el escenario de integrar dicho procedimiento con navegación satelital PBN RNAV GNSS tanto en su alimentación (aproximación inicial / intermedio) como en su frustrada.

Datos de entrada ILS:

LOC a 300 mts RWY HDG desde nuevo umbral THR09N. GS a 300 mts interior THR27N y 150 mts sur de pista.

Muestra estructura general, contexto de terreno digital:

Figura 5.36: SCBA. Estructura ILS



Fuente: datos, elaboración propia

Línea azul trayectoria de aproximación basada en puntos RNAV GNSS RWY27. Línea azul claro punteada, frustrada RNAV 1.

Puntos KOLNI y KAGUR corresponden a distancia GP del ILS denominado temporalmente como **IBAL**: KOLNI = D5 IBAL, KAGUR = D11 IBAL.

5.2.9 Conclusiones

Desde el punto de vista de los procedimientos instrumentales del Aeródromo de Balmaceda se tiene las siguientes conclusiones, dado el desplazamiento de umbrales analizado:

- Salidas convencionales, sin mayores efectos dada misma ubicación del VOR BAL.
- Salidas PBN, requieren cambios menores para adecuar las nuevas coordenadas de umbrales.
- Llegadas convencionales, sin mayores efectos.
- Llegadas PBN, sin mayores efectos dado lógica de adecuación de aproximaciones.
- Aproximaciones convencionales, requieren cambios menores de adecuaciones de distancias.
- Aproximaciones PBN, requieren cambios medios dadas nuevas coordenadas, adecuaciones de distancias y en el caso de APP RNAV RNP X RWY27N, cambios en coordenadas de puntos de recorrido, no obstante lo anterior no se afectan mínimos operacionales.
- Lado Argentino, aumento de distancia en sobre vuelo lado argentino es menor y como se constata en el informe está dentro de los límites actuales del TMA.

En consecuencia, los cambios que generan los desplazamientos de umbrales no implican un desmedro en la operatividad del Aeródromo dado que se mantienen sus mínimos operacionales.

Desde el punto de vista de un potencial procedimiento de aproximación de precisión ILS CAT I este se ve factible de realizar, mejorando mínimos de operación con respecto a los procedimientos vigentes del aeródromo.

5.3 ESPECIALIDAD DE PAVIMENTOS AEROPORTUARIOS - PV

5.3.1 Criterios de Diseño

5.3.1.1 SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente la pista tiene falencias en cuanto a su ancho de franja para el umbral 09, situación agravada por la falta de espacio para contener dicha área. Así mismo, no se cuenta con zonas RESA y en igual escenario, no se cuenta hacia el umbral 09 con el espacio dentro del recinto aeroportuario para tal área.

Así mismo y según antecedentes de licitación, analizados en la Etapa 1 del estudio, se requiere reubicar la antena del localizador del sistema ILS en el umbral 09, con lo que además de dar cabida a la franja y zona RESA, se contempla un desplazamiento de la pista hacia el costado oriente, por lo que el umbral 09 quedaría conectado con Alfa, no requiriendo la plataforma de viraje en pista en este extremo.

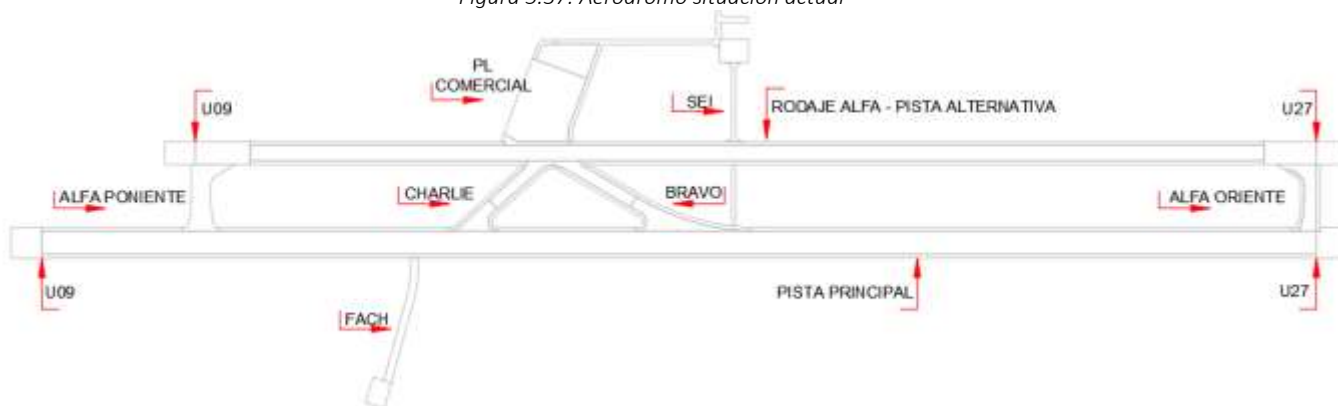
Ahora, respecto a la franja a lo largo de la pista en la zona no nivelada más allá de los 75m desde el eje (que permite una pendiente máxima del 5% en forma ascendente o descendente), especialmente hacia el costado norte, donde se intersecta con la franja de Alfa considerada pista clave 3C visual, que debe tener una franja nivelada y total de 75m desde su eje, tal como fue mencionado, presenta un desnivel drástico ocasionado por la zanja de drenaje aproximadamente a 87m del eje de pista. Este quiebre en algunos casos en 90° y la situación del terreno en el entorno, se encuentra al límite de lo permitido.

Si bien la normativa indica que puede permitirse un conducto de aguas pluviales descubierto en la parte no nivelada de la franja de una pista, que se colocará lo más alejado posible de la pista, sin embargo, también se indica que será necesario prestar particular atención al diseño y mantenimiento de un conducto de aguas pluviales descubierto a fin de evitar la atracción de fauna silvestre, especialmente aves.

Para prevenir esta condición, no se mantiene el drenaje abierto, que además de requerir un encajonamiento; entre franjas niveladas, de una dimensión considerable para conducir las aguas lluvias, puede atraer aves y permitir el crecimiento de maleza y embancamientos por arrastre de tierra. Por ello se plantea un sistema de tuberías enterradas, sumideros y cámaras de inspección entre pista y Alfa a lo largo de estas secciones.

Finalmente, respecto a los rodajes en general estarían cumpliendo con el ancho mínimo, sin embargo, se analiza la necesidad de ampliación en las zonas de giro mediante fillets.

Figura 5.37: Aeródromo situación actual



Fuente: Elaboración propia

5.3.1.2 SITUACIÓN CON PROYECTO

Según recomendaciones DAN 14 154 *Diseño de Aeródromos*, considerando la categoría del aeródromo 4D, y en forma simultánea la categoría de pista número clave 3C para el rodaje Alfa actuando como pista alternativa (no simultánea), se desarrolla el proyecto de levantamiento de brechas para salvar todas las situaciones de incumplimiento, además de análisis particulares indicados en los antecedentes de licitación y/o incluidas en la Etapa de Diagnóstico

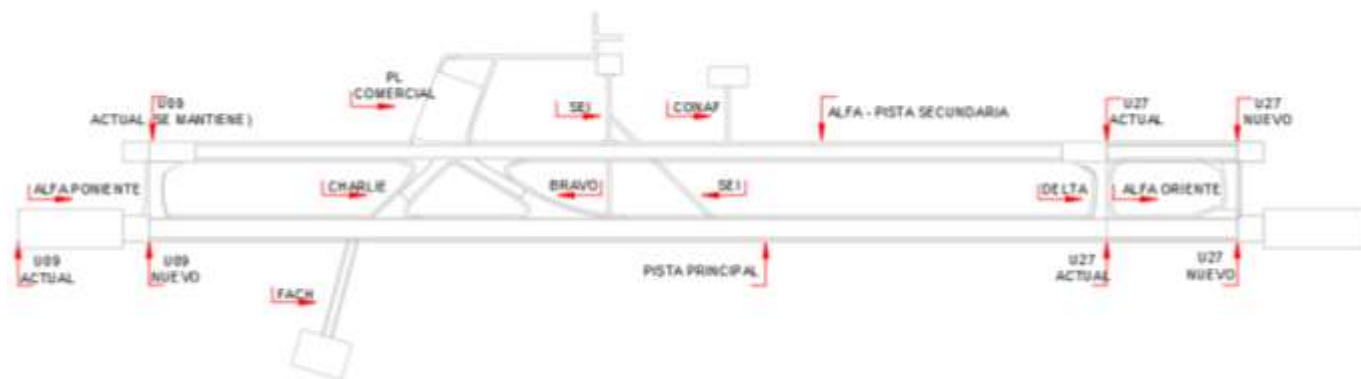
Las obras contemplan:

Tabla 5.9: Obras situación con proyecto – Levantamiento brechas

BRECHA	PROYECTO
FRANJA UMBRAL 09	Se considera desplazamiento del umbral 09 al oriente con el fin de tener el terreno suficiente para dar cabida en ancho y largo a la franja (60m) Este desplazamiento obliga a ampliar pista en 60m en el extremo oriente, además de dar cabida en ese umbral de la franja
RESA UMBRALES	Se considera desplazamiento de umbral 09 al oriente con el fin de tener el terreno suficiente para dar cabida a franja, ubicación de localizador de pista y zona RESA. Considerando que el desplazamiento es en aprox. 300m, la zona RESA en este umbral 09 tendrá un ancho de 90m y un largo de 240m desde el borde de franja. Este desplazamiento obliga a ampliar pista en el extremo oriente, además de dar cabida en ese umbral de la zona RESA, la que tendrá iguales dimensiones que en el umbral contrario, esto es 240 x 90 m.
PLATAFORMA DE GIRO UMBRAL 09	Considerando el desplazamiento del umbral 09 al oriente para dar cabida a la franja de extremo de pista, zona RESA, reubicación del localizador de pista, y mejorar el tema de vulneración de SLO, se estima que la ubicación del umbral quedará empalmada con el codo oriente de Alfa. Por tanto, no se requerirá plataforma de giro en este umbral
PLATAFORMA DE GIRO UMBRAL 27	Considerando el desplazamiento del umbral 09 al oriente y con el fin de recuperar la distancia de pista perdida hacia el umbral oriente se considera el desplazamiento del umbral 27 al oriente, quedando por tanto sin conexión a un rodaje, requiriendo una plataforma de giro. Adicionalmente se amplía el rodaje Alfa y se diseña una conexión de similares características a las que posee actualmente el umbral, sin embargo, como no se garantiza que pista y Alfa se amplíen en forma simultánea, se incluirá dentro de las obras la plataforma de giro en umbral 27.
NIVELACIÓN FRANJA PISTA 09/27 Y RODAJES	Se considera ajustar a las pendientes normativas de franja de pista, especialmente en la zona más allá de la zona nivelada. Lo anterior, regularizando el quiebre existente en la zona de drenaje paralelo a pista en todo su largo. Lo anterior cubrirá la nivelación de los desahogos y rodaje Alfa.
FILLETS RODAJES	Se considera el diseño de fillets en intersecciones de pista con desahogos. Ello aun en desplazamientos poco convencionales y previstos. Lo anterior según clasificación TDG 5
ZONA FACH	Según el análisis desarrollado en Etapa 1 no se requiere ensanche de fillets en el empalme del rodaje FACH con pista. Sin embargo, se contempla su rediseño por renovación de estructura y ampliación de plataforma FACH para albergar dos aeronaves del tipo C-130.
ZONA CONAF	Según el análisis desarrollado en Etapa 1 se incluye una zona CONAF; con rodaje y plataforma, para albergar 3 aeronaves del tipo AT-802, mayor aeronave clave B que participa en las actividades de combate de incendio
CALLE DE SALIDA RÁPIDA SSEI	Se contempla incluir hacia el lado oriente una calle oblicua que comienza antes de Alfa y llega hasta pista.

Fuente: Elaboración propia

Figura 5.38: Aeródromo situación con proyecto



Fuente: Elaboración propia

5.3.1.3 DESCRIPCIÓN DE DISEÑO

5.3.1.3.1 PISTA PRINCIPAL

Se considera desplazar el umbral poniente en 301m, coincidiendo con el inicio del rodaje Alfa. Por ello, se amplía en 300m hacia el umbral oriente, con una longitud resultante de 2.500m. No se contempla modificación de la pista, entre el tramo de la nueva posición de umbral poniente hasta el extremo oriente actual.

Los nuevos 300m se consideran en pavimento rígido en 45m y márgenes asfálticos de 7,5m en ambos costados. Hacia el extremo se incluye una plataforma de giro con ángulo de 22° y forma trapezoidal. Se incluye franja y RESA.

La zona 301m al poniente del nuevo umbral 09 se considerará zona de franja y RESA; de 60m x 150m y 240m x 90m de largo y ancho respectivamente. Luego, la ZPCH quedará contenida dentro de los 60m x 60m pavimentados, en tanto que para la RESA se retirará el pavimento en los 60m centrales y se completará en 15m a cada lado hasta completar los 90m, nivelando todo en terreno natural.

La prolongación de pista hacia el umbral 27 se diseña con pendiente longitudinal variable entre 0,15% y 0,5%, descendiendo al oriente en forma similar a la pendiente actual de pista. Transversalmente se diseña a dos aguas con una pendiente máxima del 1,5%. El extremo de franja; de 60m, mantiene la pendiente longitudinal del 0,5%, en tanto que RESA; de 240m, aumenta su inclinación al 1,1%. Estos dos últimos sectores se diseñan con pendientes transversales del 1,5% máximo, en sus anchos normativos. El margen mantiene una pendiente del 2,5%.

5.3.1.3.2 RODAJE ALFA

El rodaje Alfa se amplía en igual dimensión que pista, esto es 300m desde su extremo oriente y se incluye la conexión hacia el nuevo extremo de pista. El ancho del rodaje mantendrá los 30m en pavimento rígido y 7,5m en asfalto de margen, ello con el fin de ser utilizado hasta este extremo como pista alternativa clave 3C visual.

La utilización de Alfa como pista se enmarca en el escenario que la pista principal se encuentre inutilizada, en tal caso se requiere de una plataforma de giro en el extremo, tal como actualmente posee Alfa en su extremo oriente, ubicada en el costado sur. Dicha plataforma se diseña con un ángulo de intersección de 29°.

La prolongación de Alfa hacia el umbral 27 se diseña a dos aguas con pendiente máxima del 1,5%, similar a la pendiente que mantiene este rodaje, disminuyendo hacia el encuentro con nuevo codo oriente Alfa. Los márgenes adoptan pendiente transversal máxima del 2,5%. La franja; de la que se pavimenta 45m x 60m, ancho x largo respectivamente, y RESA; de 90m x 90m, mantienen pendientes transversales inferiores al 1,5%.

Longitudinalmente, estos 300m descienden al oriente con una pendiente variable, entre 0,45% y 0,25%, en tanto que franja y RESA descienden al 0,42 % y 1,5% respectivamente.

El tramo perpendicular (codo), se diseña longitudinalmente con descenso hacia Alfa, con una pendiente del 0,6% aprox. geometría similar al codo oriente actual. Las pendientes no superan el 1,5% en forma transversal o longitudinal.

5.3.1.3.3 NIVELACIÓN DE FRANJA

La franja se considera 60m antes del nuevo inicio de pista umbral 09 en un ancho de 150m y hasta 60m más allá del nuevo umbral 27, contemplando un largo total de 2620m.

Normativamente en pista número clave 4 instrumental se contempla nivelación transversal en los primeros 75m a ambos lados del eje en una pendiente a lo más de 2,5%, y más allá de los 75m hasta los 150m la pendiente no debe superar el 5% ascendente o descendente, en tanto que para una pista número clave 3 visual se nivela un total de 75m desde el eje. Se evitan cambios de pendiente bruscos, drenajes abiertos fuera de normativa, entre otros. La configuración se consigue con rellenos y cortes según se indica en planos de proyecto. Hacia los costados externos de Alfa y pista se nivela en iguales dimensiones.

Con la configuración de pista 4D instrumental y Alfa como pista alternativa 3C visual, se trabaja en la nivelación de ambas dentro de normativa. Se crea un punto bajo a los 75m de Alfa (101m del eje de pista), el que se consigue en forma variable, disminuyendo o aumentando las pendientes dentro de normativa y según la configuración de cotas y pendientes transversales de ambas secciones. Actualmente el punto bajo en franja se encuentra a 88m aprox. del eje de pista, donde se existe una zanja de drenaje fuera de normativa por sus pendientes extremas.

Los 1ros 75m desde el eje de pista, la pendiente no supera los 2,5% descendentes. Más allá de la zona nivelada y en especial donde la cota de Alfa se encuentra muy por debajo de la cota de pista, la franja de pista alcanza sus valores máximos del 5%, situación que se ve suavizada cuando pista y rodaje equiparan sus alturas. En toda la longitud, Alfa no supera la pendiente del 2,5%.

Hacia el extremo sur-oriente de pista, la franja más allá de los 75m desde el eje, se nivelan en forma ascendente, alcanzando pendientes de hasta el 5%.

Con la nivelación antes mencionada, se cuida que los desahogos cumplan a su vez con las pendientes normativas de franja de rodaje.

5.3.1.3.4 AMPLIACIÓN FILLETS AVIACIÓN COMERCIAL

Respecto a los fillets, para los diseños de rodaje Alfa (codo poniente), Bravo, Charlie, Delta (actual codo oriente Alfa) y nuevo codo de Alfa se contempla lo establecido según normativa.

Así se establece en el DAN 14-154, "El trazado de una calle de rodaje debería ser tal que, cuando el puesto de pilotaje de los aviones para los que está prevista permanezca sobre las señales de eje de dicha calle de rodaje, la distancia libre entre la rueda exterior del tren principal del avión y el borde de la calle de rodaje no sea inferior a un valor determinado". Este valor viene condicionado por la clave de referencia que se esté utilizando en el diseño, siendo de 4,5 m para aeronaves clave D".

En las zonas de giro, donde ocurren maniobras consideradas de mayor riesgo, se diseñan de acuerdo a las necesidades de la aeronave B767-300ER; considerada como aeronave crítica geométrica y según normativa vigente para una clasificación 4D. En base a lo anterior, se consultan los diseños que proporciona la FAA para la definición de fillets en curvas y superficies de enlace. En esta línea, la AC 150/5300-13B proporciona diseños estandarizados para ángulos de giro concretos, los cuales garantizan el cumplimiento de la distancia libre entre la rueda exterior del tren principal del avión y el borde de la calle de rodaje. Además, estas soluciones están diseñadas de manera que el viraje se pueda realizar sin necesidad de que la rueda del

tren de proa de la aeronave gire más de 50°, lo cual favorece un menor desgaste del neumático y menores esfuerzos en los pavimentos.

Estos diseños estandarizados empleados por la FAA son más sencillos de implementar que los métodos gráficos para el cálculo de superficies de enlace que se plantean en el Manual de Diseño de Aeródromos de la OACI, además de que ofrecen resultados más completos y favorables, ya que sirven para cualquier tipo de aeronave dentro de una clave de referencia determinada. La clasificación queda definida por un TDG-5 y un ADG -IV. Luego analizando la normativa, se visualiza que ésta clasifica los rodajes para una aeronave con TDG-5 en un ancho de 23m, es decir una clasificación de rodaje D, en tanto que el ADG-IV las distancias de separación están de igual forma de acuerdo a la letra clave D

El ensanche de fillets se diseña según el pavimento adyacente cuidando en todo momento de evitar la acumulación de agua dentro de la zona pavimentada y sus alrededores. Se incluyen márgenes en 7,5m en pavimento flexible.

Se desarrollan los fillets según el pavimento que acompaña. Siendo de hormigón en rodaje Charlie y Bravo en empalme con Alfa y en Alfa oriente, en tanto que será de asfalto en Bravo y Charlie en su empalme con pista y el Alfa poniente por solo necesitar margen.

5.3.1.3.5 ZONA FACH

Se considera la ampliación y reconstrucción del rodaje y plataforma FACH. Se considera un desplazamiento menor del rodaje actual, con el fin que este siga operativo al momento de construcción, y únicamente sea inhabilitado cuando el nuevo rodaje se encuentre operativo. La plataforma se reconstruye y crece en ancho y largo, *manteniendo la línea de borde poniente, donde existe un surtidor de combustible que no será intervenido.*

El rodaje FACH se diseña en un ancho de 23m, con márgenes de 7m a cada lado. La plataforma; de 100m x 120m, tiene la capacidad de albergar tres (3) aeronaves del tipo DHC-6 en forma simultánea, con salidas autopropulsadas y con orientación oblicua norte-sur, o en su defecto, puede albergar una (1) aeronave del tipo B767-300ER con acceso y salida autónoma. Tanto plataforma como rodaje se diseñan en pavimento rígido.

Se incluyen fillets en intersección con pista ya que, según simulaciones, estos son necesarios según normativa.

La pendiente longitudinal tanto del rodaje como plataforma será de 0,6%, con descenso al norte, salvo en el rodaje en un tramo en los 1ros 40m aprox. en la intersección con pista que se diseña con pendiente del 9% en sentido contrario, dejando un punto bajo, con el fin de impedir que el agua de la zona FACH llegue a pista.

Transversalmente la pendiente será constante a un agua con pendiente del 0,3% con descenso al oriente.

5.3.1.3.6 ZONA CONAF

Se considera un emplazamiento para maniobras CONAF, incluyendo rodaje y plataforma. Esta se ubicará en el actual extremo oriente del rodaje Alfa.

El rodaje CONAF se diseña en un ancho de 23m, con márgenes de 7m a cada lado y se empalma en el costado poniente a la plataforma (no centrada). Esta última; de 100m x 83m, tiene la capacidad de albergar tres (3) aeronaves del tipo AT-802 en forma simultánea, con salidas autopropulsadas y con orientación oriente-poniente, o en su defecto, puede albergar una (1) aeronave del tipo DC-10 con acceso y salida autónoma. Tanto plataforma como rodaje se diseñan en pavimento rígido.

Se incluyen fillets en intersección con Alfa ya que, según simulaciones, estos son necesarios según normativa.

La pendiente longitudinal tanto del rodaje como plataforma será de 0,8%, con descenso al norte, en tanto que transversalmente será constante a un agua con pendiente del 0,4% con descenso al oriente.

5.3.1.3.7 CALLE SEI

Se considera un trazado diagonal en sentido oriente, según análisis de tiempo de respuesta del carro SEI hacia ambos umbrales, incluido en la Etapa 1, de diagnóstico, informe Brechas Área de Movimiento: SCBA1-22-GE-GN-IN-001.

El trazado se inicia al bode del camino transversal SEI a una distancia de 75m desde el eje de Alfa al norte. En su trayectoria se conecta con Alfa, llegando a pista a 300m aprox. al oriente del eje del rodaje Bravo. Con ello tendrá una longitud de 363m aprox. y 8m de ancho.

La pendiente longitudinal es variable, en general descendiente al sur-oriente, con pendiente que no supera el 2% en ningún tramo. Transversalmente se diseña a un agua descendiendo al oriente con pendiente constante del 1%.

5.3.2 Memoria de Cálculo

En la siguiente sección se desarrolla el cálculo de las estructuras de pavimentos para las nuevas secciones enfocadas a la normalización del aeródromo Balmaceda y el crecimiento necesario para un manejo apropiado de las operaciones; especialmente, evitando vulneraciones a las superficies limitadoras de obstáculos y configurando las áreas bajo la geometría requerida según normativa vigente.

En base a lo anterior, se diseña en detalle la infraestructura horizontal para el mix de aeronaves que operan en el aeródromo en un horizonte de al menos 20 años

La metodología de cálculo de espesores empleada es la recomendada en el Manual de Diseño de Aeródromos. Parte 3: Pavimentos de OACI, que corresponde al sistema de cálculo adoptado por la FAA y publicado en la Advisory Circular 150/5320-6G: Airport Pavement. Design and Evaluation y el software asociado FAARFIELD en su versión 2.0.7 del 2021.

Las nuevas secciones se definen en planos y criterios de diseño, siendo estas:

- Ampliación de pista, incluyendo plataforma de giro
- Ampliación rodaje Alfa y conexión con pista
- Fillets rodajes
- Nuevo rodaje y plataforma CONAF
- Reconstrucción de rodaje y plataforma FACH
- Márgenes según corresponda
- Calle SEI

5.3.2.1 DATOS

Los datos necesarios para realizar los cálculos son:

- Análisis de demanda
- Capacidad de soporte del terreno de fundación
- Materialidad de las capas constituyentes de las nuevas secciones

5.3.2.1.1 ANÁLISIS DE DEMANDA

El cálculo general de pavimentos se realiza suponiendo una vida útil de 20 años, según recomendación de la Advisory Circular 150/5320-6G de la FAA, normativa antes mencionada.

Se considera la proyección de operaciones que viene dada del estudio de demanda.

Si bien la demanda está dada para un horizonte superior a los 20 años estándar con los que se diseña, se estima que mientras más alejado el período se tiende al lado de la seguridad, con un mayor número de operaciones, sin que estas difieran excesivamente a los años anteriores ni tengan diferencia en la inclusión de una nueva flota. Así mismo, se supone que los 1ros años corresponderán al tiempo de diseño y construcción, por lo que el criterio de adoptar los 20 últimos tendrán una lógica de diseño, optando de esta manera al período 2031-2050²⁰.

Luego, se agruparán las aeronaves de características similares según su peso, tren de aterrizaje, familia, etc. Cabe indicar que no al no existir un registro y proyección de aeronaves de aviación general del tipo combate de incendio ni aeronaves militares, para el diseño de la zona CONAF se tomará un número estándar de operaciones AT8T con MTOW de 7,3Ton, asimilando a aviación genérica S-15, en tanto que para la zona FACH se tomará un igual número de operaciones estándar de la aeronave C-130, siendo esta la de mayor peso conocida para este servicio. Lo anterior únicamente se verá reflejado en los cálculos correspondientes de dichas zonas y no serán incluidos dentro del cálculo de las estructuras para el aeródromo en general.

De lo anterior, la agrupación de aeronaves y operaciones queda reducido a lo siguiente:

Tabla 5.10: Aeronaves de cálculo

Aeronave	MTOW (ton)	MTOW (lb)	Despegues
A320-200 (N)	78,0	171.960,0	1.515
A321-200 (N)	93,0	205.030,0	2.546
B767-300ER	187,0	412.264,0	79
BAE 146	43,0	94.799,0	189

Fuente: Elaboración Propia

5.3.2.1.2 CAPACIDAD DE SOPORTE DEL TERRENO DE FUNDACION

De acuerdo al estudio de mecánica de suelos, se llevaron a cabo 20 calicatas ubicadas en las zonas donde se proyectan nuevos pavimentos y estructuras.

Tabla 5.11: Perfil estratigráfico del subsuelo, a partir del nivel superior actual del terreno.²¹

Estrato	Descripción
U1	Cobertura Vegetal y Rellenos, sin olor, compuestos principalmente de gravas compactas y limos de compacidad baja. De acuerdo con el sistema USCS, clasifica como ML, GP, GM
U2	Limo arenoso de plasticidad baja, humedad baja y color negro. Suelo de estructura homogénea, de porosidad baja y consistencia blanda a muy blanda, con aproximadamente 10% de arena. Existe presencia de raíces y raicillas en contenido bajo. No presenta agrietamiento y no se observan características expansivas. De acuerdo con el sistema USCS, clasifica como ML, SM, CL
U3	Limos y Arena limosa de grano fino, plasticidad baja, humedad baja y color café a gris. Contiene un porcentaje de finos de aproximadamente 15 a 80%. Posee una cementación baja y una consistencia media. Existe presencia de raíces y raicillas en contenido medio - alto. De acuerdo con el sistema USCS, clasifica como ML, SM.
U4	Arena limpia y Gravas arenosas, olor térreo, de grano fino, humedad baja y color gris oscuro. Posee una cementación media y una compacidad alta. Contiene un porcentaje de finos de aproximadamente 5% y un porcentaje de grava de variable entre 5 a 70%. La parte gravosa presenta clastos de hasta 4" con media de 2" y bolones de hasta 7" en un 5%. No se observan raíces ni raicillas. De acuerdo con el sistema USCS, clasifica como SP, GP, GW, GP-GM

Fuente: SCBA-21-GE-MS-IN-001

Luego, según recomendación de Mecánica de Suelos, no se recomienda el apoyo directo sobre la unidad U2, por lo que en caso de detectar este estrato se debería considerar un CBR mínimo de 3% o el reemplazo del suelo de al menos 1m de profundidad.

²⁰ Adicionalmente se calculan; a modo de comparación, estructuras con las aeronaves dentro del período 2026-2045 y la diferencia de espesores es prácticamente nula.

²¹ Para mayor detalle y particularidades consultar Informe de mecánica de Suelos

Con esta premisa se revisan los valores de CBR por zonas, identificando variaciones de estratos y valores de CBR en entornos cercanos, descartando; tal como se aconseja, los valores de los dos 1ros estratos.

De lo anterior y tomando valores en estratos de hasta 2m de profundidad; pudiendo ser inferior ya que se descarta un diseño con rasante muy por debajo del terreno natural, se tienen valores CBR promedio variables entre 10% para la zona oriente; correspondiente a la ampliación de pista y Alfa, a un 25% aprox. para la zona FACH. Sin embargo, al aplicar una desviación estándar, estos valores se ven reducidos, rondando entre un CBR de 7% a 15%. Por ello, tomando una medida tendiendo al lado de la seguridad, se adopta un valor de CBR de 10% que corresponderá en ciertos casos al valor promedio del U3 y en otros al reemplazo de material de a lo menos 1m, independizando con esto la estructura del suelo de menor resistencia. Luego, en casos donde la rasante esté muy por sobre el nivel de terreno actual, únicamente por alcanzar dicha cota se deberá considerar 1m bajo la estructura calculada. Si aun con la estructura y el metro de material de reemplazo (en este caso de relleno) no se alcanza el nivel de subrasante y queda por sobre el nivel de terreno actual, se deberá completar la altura faltante y a lo menos escarificar 30cm el terreno natural, completando con este relleno.

Lo anterior se traduce en que no será necesario profundizar 1m del terreno natural en todos los casos, sino que exista a lo menos 1m de material de reemplazo bajo las estructuras.

Este argumento se respalda además por la condición climática del sector propenso a sufrir heladas y nieve. De acuerdo a la circular de la FAA AC 150/5320-6G se consideran cuatro principales grupos de suelos los cuales están divididos por su distribución de índice de vacíos en la masa de suelo, indicando que empíricamente se correlaciona la susceptibilidad del suelo a congelarse. Luego, según informe de mecánica de suelos el 28% de las calicatas realizadas presenta suelos del tipo FG-1, por lo que el 72% restante pertenece a limos y arcillas o arenas limosas correspondientes a grupos FG-3 y FG-4.

Según lo anterior, los suelos más susceptibles a las heladas serán los del grupo FG-4 y viceversa, en tanto que la recomendación para el diseño de congelamiento será tener materiales de subrasantes uniformes, con transiciones graduales entre áreas de diferente material para minimizar el potencial de levantamiento diferencial por heladas. Lo que en este caso se podrá conseguir con un reemplazo de material, manteniendo una rasante homogénea.

La excepción se podría considerar en las zonas de fillets, donde por la cercanía a zonas construidas el CBR es alto, estimando que existe previamente un mejoramiento de material. Sin embargo, con el fin de indicar una estructura asfáltica estándar según las condiciones diferentes del terreno, se adopta igual CBR que en el resto de las secciones de 10%, pero no se considera necesario un reemplazo de 1m de material.

Con los valores de CBR adoptados se obtendrá la constante en pavimentos rígidos según la transformación basada en las normas contenidas en el Advisory Circular 150/5320-6G antes mencionado, que considera el módulo de subrasante, según la siguiente formulación:

$$k = 28.6926 * CBR^{0.7788}$$

Siendo:

- K: Módulo de reacción de la subrasante (pci)
- CBR: California bearing ratio

De lo anterior se tendrá:

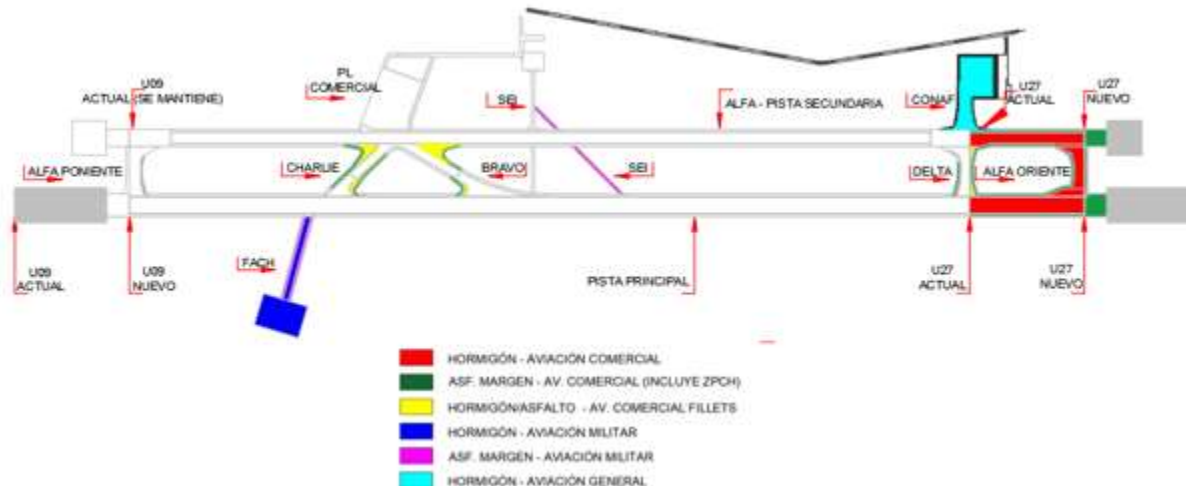
- CBR 10% $K \left(\frac{psi}{in} \right) = 172 \text{ pci} (47 \text{ MN/m}^3)$

5.3.2.2 CÁLCULO DE ESPESORES

Se parte de la premisa que; en general, se diseñarán pavimentos rígidos tanto para el alargue de pista, rodaje Alfa, zona FACH y zona CONAF, pudiendo ser de diferente espesor de acuerdo a la flota considerada.

En tanto que se considera de pavimento flexible las zonas de fillets, margen y zonas de protección al chorro, utilizando para este último la misma estructura de margen.

Figura 5.39: Ubicación tipos de pavimentos.



Fuente: Elaboración propia

5.3.2.2.1 PAVIMENTO RIGIDO

Según normativa vigente, el diseño de pavimento rígido indica²²

Tabla 5.12: Mínimo espesor de estratos para pavimentos rígidos

CAPAS	Material FAARFIELD	PESO MÁXIMO AERONAVE		
		A	B	C
		<60.000lb (27.215 kg)	<100.000lb (45.360 kg)	>100.000lb (45.360 kg)
Hormigón PCC	P501	6 in (150mm) b)	6 in (150mm)	6 in (150mm)
Base drenaje a)	P307, P407 (User defined)		6 in (150mm)	6 in (150mm)
Base estabilizada	P401/P403, P301, P304, P306	No requiere	No requiere	5 in (125mm)
Base	P208, P209, P211, P219	No requiere	6 in (150mm)	6 in (150mm)
Subbase	P154	4 in (100mm)	según necesidad	según necesidad

Fuente: AC 150/5320-6G

a) Cuando se use

b) Para aeronaves de menos de 30.000lbs (11.520 kg) el espesor mínimo puede ser 5 in (125mm)

5.3.2.2.1.1 Aviación comercial: Pista, Rodaje Alfa y Fillets de hormigón

Considerando que se utilizan aeronaves de peso superior a 45Ton, se utiliza el diseño según la columna C de la tabla del punto 5.3.3.1.

²² AC 150-5320-6G, Chapter 3: Pavement Design, Table 3-4 Minimum Layer Thickness for Rigid Pavement Structures

Se asume un CBR de 10%, independizando del terreno actual. Se asume que el reemplazo de 1m bajo la estructura actúa como una subrasante homogénea. Este espesor no se incluye dentro de la estructura.

En este caso se asigna una resistencia a la flexotracción del hormigón de 4,5MPa (650psi), siendo esta de mejor trabajabilidad en terreno versus un valor de 4,83MPa (700psi).

Así mismo, se determina un valor de espesor de la capa granular y el programa itera hasta encontrar el valor de espesor de la capa de hormigón. De acuerdo a los antecedentes de licitación se presentan 4 alternativas estructurales, las que modifican la capa inferior, siendo estas:

- e) HORMIGÓN+BASE ESTABILIZADA+BASE CHANCADA (P209)
- f) HORMIGÓN+BASE ESTABILIZADA+BASE TRITURADA (P219 DE HORMIGÓN TRITURADO)
- g) HORMIGÓN+BASE CHANCADA (P209)
- h) HORMIGÓN+BASE TRITURADA(P219)

La alternativa de la utilización de la base triturada, será posible siempre y cuando se cuente con el material suficiente de reciclado extraído de obras de demolición.

De lo anterior se tienen los siguientes resultados:

Tabla 5.13: Espesores alternativas hormigón aviación comercial

MATERIAL	TIPO	ESPESORES (cm)			
		ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4
HORMIGÓN	P-501	41,5	41,0	42,3	42,0
BASE ESTABILIZADA	P-401	12,5	12,5		
BASE CHANCADA	P-209	15,0		15,0	
BASE TRITURADA	P-219		15,0		15,0
TOTAL		69,0	68,5	57,3	57,0
SOBRE TERRAPLÉN	CBR 10%	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia

En base a las alternativas, se considera en 1ra instancia la N°3 que tiende a la simplificación constructiva con materiales generalmente utilizados en otros proyectos aeroportuarios. Sin embargo, en caso de contar con material del tipo P219 podrá utilizarse de igual forma, con los mismos espesores. De utilizarse el material P-209; según normativa, no será susceptible a las heladas si menos del 5% pasa por el tamiz N°200.

Cabe indicar que no es necesario incluir un terraplén de mayor CBR. Cabe recordar que, para pavimentos de hormigón, mientras mayor sea la capacidad de la subrasante, mayor es la estructura resultante, lo que es contraproducente.

5.3.2.2.1.2 Aviación Militar: Zona FACH

En este caso se utilizará únicamente la aeronave B767-300ER con un peso TOW de 144Ton²³. Por lo que se contempla el diseño según la columna C de la tabla anterior. La cantidad de operaciones será la mínima estándar que indica el software FAARFIELD, siendo esta igual 1 200 despegues anuales.

Se utiliza un CBR de 10%, independizando del terreno actual. Se asume que el reemplazo de 1m bajo la estructura actúa como una subrasante homogénea corrigiendo el tema del congelamiento. Este espesor no se incluye dentro de la estructura.

²³ Ver ítem 5.1.1, donde se verifica este peso, como peso máximo peso de despegue en la ruta Balmaceda-Santiago

Se asigna una resistencia a la flexotracción del hormigón de 4,5MPa (650psi), siendo esta de mejor trabajabilidad en terreno versus un valor de 4,83MPa (700psi).

De lo anterior se tienen los siguientes resultados:

Tabla 5.14: Espesores alternativas hormigón zona FACH

MATERIAL	TIPO	ESPESOR (cm)
HORMIGÓN	P-501	30,0
BASE CHANCADA	P-209	15,0
TOTAL		45,0
SOBRE TERRAPLÉN	CBR 10%	100,0

Fuente: Elaboración propia

En base a las alternativas, se considera en 1ra instancia la N°1, aunque en ambas se tiene prácticamente igual resultado en sus dos 1ras capas. Se tenderá al lado de la seguridad independizando la estructura del suelo natural.

Las losas irregulares en intersección de rodaje con pista irán armadas con armadura $\phi 18 @ 15\text{cm}$, según cálculo.

5.3.2.2.1.3 Aviación General: Zona CONAF

En este caso se utilizará únicamente la aeronave DC-10/30 con un peso TOW de 192,5Ton²⁴. Por lo que se contempla el diseño según la columna C de la tabla anterior. La cantidad de operaciones será la mínima estándar que indica el software FAARFIELD, siendo esta igual 1 200 despegues anuales.

Se utiliza un CBR de 10%, independizando del terreno actual. Se asume que el reemplazo de 1m bajo la estructura actúa como una subrasante homogénea corrigiendo el tema del congelamiento. Este espesor no se incluye dentro de la estructura.

Se asigna una resistencia a la flexotracción del hormigón de 4,5MPa (650psi), siendo esta de mejor trabajabilidad en terreno versus un valor de 4,83MPa (700psi).

De lo anterior se tienen los siguientes resultados:

Tabla 5.15: Espesores alternativas hormigón zona CONAF

MATERIAL	TIPO	ESPESOR (cm)
HORMIGÓN	P-501	31,0
BASE CHANCADA	P-209	15,0
TOTAL		46,0
SOBRE TERRAPLÉN	CBR 10%	100,0

Fuente: Elaboración propia

5.3.2.2.2 PAVIMENTO FLEXIBLE

Según normativa vigente, el diseño de pavimento flexible indica²⁵

²⁴ Ver ítem 5.1.1, donde se verifica este peso, como peso máximo peso de despegue en la ruta Balmaceda-Santiago

²⁵ AC 150-5320-6G, Chapter 3: Pavement Design, Table 3-3 Minimum Layer Thickness for Flexible Pavement Structures

Tabla 5.16: Mínimo espesor de estratos para pavimentos flexibles

CAPAS	Material FAARFIELD	PESO MÁXIMO AERONAVE		
		A	B	C
		<60.000lb (27.215 kg)	<100.000lb (45.360 kg)	>100.000lb (45.360 kg)
Asfalto	P401/P403	3 in (75mm)	4 in (100mm)	4 in (100mm)
Base estabilizada	P401/P403, P301, P304, P306	No requiere	No requiere	5 in (125mm)
Base Chancada	P209, P211	No requiere	6 in (150mm)	6 in (150mm)
Base Agregada	P208, P219	6 in (150mm)	N/A	N/A
Base dren a)	P307, P407 (User defined)	No requiere	6 in (150mm)	6 in (150mm)
Subbase b)	P154	6 in (150mm)	6 in (150mm)	6 in (150mm)

Fuente: AC 150/5320-6G

- a) When used
b) If required

5.3.2.2.2.1 Aviación Comercial: Fillets (asfalto)

Considerando que se utilizan aeronaves de peso superior a 45Ton, se utiliza el diseño según la columna C de la tabla del punto 5.2.3.2

En este caso, a pesar de los valores de CBR detectados, se homogeniza el diseño asumiendo un CBR de 10%. Esto con el fin de informar la máxima estructura requerida en condiciones estándares en el aeródromo según las características disímiles del terreno. Se estima que los valores mayores se deben a la cercanía a pavimentos, donde el entorno fue intervenido y por tanto se estima que no será necesario el reemplazo de 1m bajo estructura. A modo de comparación se incluye un resultado con subrasante de CBR 20%, cercano al valor promedio detectado.

En este caso se asigna un valor de espesor de la capa asfáltica y el programa itera hasta encontrar el valor de espesor de la capa granular inferior. En este escenario se consideran únicamente dos capas; similar al pavimento rígido.

De lo anterior se tienen los siguientes resultados:

Tabla 5.17: Espesores alternativas asfalto fillets

MATERIAL	TIPO	ESPESORES (cm)	
		ALT 1 CBR 10	ALT 2 CBR 20
ASFALTO	P-401	10,0	10,0
BASE CHANCADA	P-209	51,7	34,8
TOTAL		61,7	44,8

Fuente: Elaboración propia

En este caso a mayor CBR menor es el espesor de las capas. Se opta por la alternativa N°1 a pesar que los CBR detectados en terreno son de mejor calidad por la intervención del sector.

5.3.2.2.2.2 Aviación Comercial: Margen

El objetivo del pavimento en márgenes y otras zonas vecinas a las áreas pavimentadas, es proteger los suelos vecinos de la erosión y flujo de partículas ocasionadas por el chorro o flujo de las turbinas de los aviones a reacción, que pueden producir graves daños en las aeronaves. Además, deben ser capaces de soportar el paso ocasional o eventual del avión de diseño, en casos involuntarios o en operaciones de emergencia, como asimismo el paso de los vehículos de emergencia y mantención.

El método de la FAA²⁶ indica una serie de consideraciones para el diseño de esta sección, entre ellos adoptar 15 “despegues” del avión de diseño, a razón de una por año, con una vida de diseño de 15 años y realizar cálculos para cada aeronave por separado, luego de lo cual se asume el resultado de mayor valor de espesor.

Se establece²⁷ una configuración para aeronaves mayores de 60Ton, utilizando la columna B de la tabla siguiente en pavimento asfáltico y se asume un CBR de 10% estandarizando el diseño de margen, ello independiente a que se construya en zona de fillets donde potencialmente es posible hallar un suelo con mejor capacidad portante a la altura de subrasante.

Tabla 5.18: Mínimo espesor de estratos para pavimento de margen

CAPAS	Material FAARFIELD	PESO MÁXIMO AERONAVE	
		A	B
		<60.000lb (27.215 kg)	>60.000lb (27.215 kg)
Asfalto	P401/P403	3 in (75mm)	4 in (100mm)
Hormigón	P-501	5 in (125mm)	6 in (150mm)
Base Chancada a)	P209, P208	6 in (150mm)	6 in (150mm)
Subbase a)	P154	4 in (100mm)	4 in (100mm)

Fuente: AC 150/5320-6G

a) Hacer coincidir el material de base y subbase de pavimento adyacente

Como es de esperarse, el mayor espesor lo dará la aeronave de mayor envergadura. Según ello se evalúa para una pasada del A321 y una pasada del B767.

Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 5.19: Espesores alternativos asfalto margen aviación comercial

MATERIAL	TIPO	ESPESORES (cm)	
		ALT 1 A321	ALT 2 B767
ASFALTO	P-401	10,0	10,0
BASE CHANCADA	P-209	25,8	26,8
TOTAL		35,8	36,8

Fuente: Elaboración propia

En este caso se asumirá la estructura resultante del B767, tendiendo al lado de la seguridad. Sin embargo, aplicando la recomendación de hacer coincidir el material de capas granulares con el del pavimento adyacente, la capa P-209 deberá tener un tamaño tal que coincida en el nivel de subrasante que el pavimento al que acompaña, resultando en este caso un pavimento de igual dimensión para fillets y aumentando su espesor para las zonas de pavimento rígido.

5.3.2.2.3 Aviación Militar: Margen

Como es de esperar, un mayor espesor lo dará una aeronave de gran envergadura. Al considerar una única aeronave; B767-300ER, se tiene un único espesor para un horizonte de 15 años, asumiendo una pasada anual y un CBR de 10%.

Se incluyen dos análisis, el 1ro con espesor definido por normativa y el 2do considerando la 1ra capa definida por el usuario con un módulo de elasticidad idéntico al de la capa asfáltica, esto, con el fin de no sobredimensionar el pavimento, que se espera tenga un mínimo de operaciones de la aeronave crítica.

Los resultados se presentan a continuación:

²⁶AC 150-5320-6G, Chapter 6: Pavement Design for Shoulders

²⁷AC 150-5320-6G, Chapter 6: Pavement Design for Shoulders, Table 6-1 Minimum Shoulder Pavement Layer Thickness

Tabla 5.20: Espesores alternativos asfalto margen zona FACH

MATERIAL	TIPO	ESPESORES (cm)	
		ALT 1	ALT 2
ASFALTO	P-401	10,0	
ASFALTO	USER DEFINED		7,5
BASE CHANCADA	P-209	20,0	23,0
TOTAL		30,0	30,5

Fuente: Elaboración propia

En este caso se asume la estructura resultante de la alternativa N°2, que aumenta el tamaño de la capa granular, pero disminuye el de la capa asfáltica. Luego, independiente del resultado de la capa granular, según recomendación, se deberá compensar el espesor granular tal que coincida con el nivel de subrasante que la estructura subyacente, que en este caso corresponderá al espesor de hormigón más la base chancada.

Así mismo, contemplando proteger el pavimento contra heladas, se incluye un reemplazo de a lo menos 1m de profundidad bajo la estructura resultante.

5.3.2.2.1.3 Aviación General: Margen Zona CONAF

Como es de esperar, un mayor espesor lo dará una aeronave de gran envergadura. Al considerar una única aeronave; DC-10, se tiene un único espesor para un horizonte de 15 años, asumiendo una pasada anual y un CBR de 10%.

Se incluyen dos análisis, el 1ro con espesor definido por normativa y el 2do considerando la 1ra capa definida por el usuario con un módulo de elasticidad idéntico al de la capa asfáltica, esto, con el fin de no sobredimensionar el pavimento, que se espera tenga un mínimo de operaciones de la aeronave crítica.

Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 5.21: Espesores alternativos asfalto margen zona CONAF

MATERIAL	TIPO	ESPESORES (cm)	
		ALT 1	ALT 2
ASFALTO	P-401	10,0	
ASFALTO	USER DEFINED		7,5
BASE CHANCADA	P-209	19,0	23,0
TOTAL		29,0	30,5

Fuente: Elaboración propia

En este caso se asume la estructura resultante de la alternativa N°2, que aumenta el tamaño de la capa granular, pero disminuye el de la capa asfáltica. Luego, independiente del resultado de la capa granular, según recomendación, se deberá compensar el espesor granular tal que coincida con el nivel de subrasante que la estructura subyacente, que en este caso corresponderá al espesor de hormigón más la base chancada.

Así mismo, contemplando proteger el pavimento contra heladas, se incluye un reemplazo de a lo menos 1m de profundidad bajo la estructura resultante.

5.3.2.2.3 CONCLUSIONES

En base a todos los resultados anteriores, se decide adoptar los espesores de pavimentos que tiendan a la simplificación constructiva y a la seguridad; esto se traduce en la utilización de valores superiores para cada diseño y/o con materiales actualmente en uso en otros proyectos aeroportuarios, con esto se tiene:

Tabla 5.22: Cuadro espesores adoptados

MATERIAL	TIPO	ESPEORES (cm)								
		H – AC	M – AC	A – ACF	M – ACF	H – AM	M – AM	H – AG	M-AG	A-SEI
HORMIGÓN	P-501	42,0				30,0		31,0		
ASFALTO	P-401		10,0	10,0	10,0		7,5		7,5	7,5
BASE CHANCADA	P-209	15,0	27,0 + 20,0	52,0	27,0 + 25,0	15,0	23,0 + 17,5	15,0	23,0+15,5	18,0
SUBBASE	P-154									
TOTAL		57,0	57,0	62,0	62,0	45,0	45,0	46,0	46,0	25,5
TERRAPLEN	CBR10	100,0	100,0			100,0	100,0			

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

- H: Hormigón (incluye fillets)
- A: Asfalto
- M: Margen Asfalto (incluye ZPCH)
- AC: Aviación Comercial
- ACF: Aviación Comercial Fillets
- AM: Aviación Militar (FACH)
- AG: Aviación General (CONAF)
- SEI: Calle vehicular SEI

5.3.2.3 PLAN DE MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS

5.3.2.3.1 GENERALIDADES

El plan de mantenimiento se basa en el concepto del PCI crítico, definido como el valor del PCI a partir del cual el pavimento comienza a deteriorarse rápidamente y por lo tanto el costo de aplicar políticas de mantenimiento localizadas preventivas aumenta significativamente, para este caso se define como 65 para los pavimentos aeroportuarios.

Una vez al año se deberá entregar el registro de la condición del pavimento obtenida a través del método PCI y el software Micropaver Versión 5.1 u otra versión superior aprobada por el Inspector Fiscal. Se deberá aplicar este método de evaluación a toda la superficie Land Side pavimentada dentro del área de concesión.

Dentro de este ítem se deberá incluir el procedimiento empleado para definir las secciones características y unidades de muestra, inspección en terreno con las técnicas de muestreo y planillas o fichas de inspección realizada en terreno, anexo con catálogo de deterioros, resultados obtenidos por unidad de muestra y sección característica, análisis de los resultados y comparación respecto del estudio del periodo anterior. Se deberá incluir fotografía por cada deterioro, esto como anexo dentro de la información solicitada.

5.3.2.3.2 MANTENIMIENTOS

5.3.2.3.2.1 Localizado de Emergencia

El objetivo es la reparación de los deterioros existentes para mantener el pavimento operativo en forma segura. Se aplica a todos los pavimentos del aeropuerto cualquiera sea el valor del PCI del sector donde se ubique el deterioro

5.3.2.3.2.2 Localizado Preventivo

Se define como el conjunto de actividades de reparación de los deterioros existentes, no importando el lugar donde se ubiquen, efectuadas con el objetivo primario de detener la tasa de deterioro del PCI. Se aplica a todos los pavimentos del aeropuerto que están sobre el PCI Crítico ($PCI \geq 65$ para el área de movimiento de aviones).

5.3.2.3.2.3 Global Preventivo

Este tipo de mantenimiento se aplica a secciones completas de pavimento con el objetivo primario de demorar o hacer más lenta la tasa de deterioro. Se incluyen los tratamientos superficiales para los pavimentos asfálticos y el sello de juntas para los pavimentos rígidos entre otros. Se aplica a los pavimentos sobre el PCI Crítico ($PCI_{crítico} = 65$ para el área de movimiento de aviones).

5.3.2.3.2.4 Mayor

Son las actividades aplicadas a toda una sección de pavimento para corregir o mejorar funcional y estructuralmente el pavimento. El mantenimiento mayor se utiliza para mejorar pavimentos que están bajo el PCI crítico. Se incluye la reconstrucción y los recapados estructurales. El PCI después de la aplicación de un mantenimiento mayor se asume que retorna a 100.

5.3.2.4 PCR

5.3.2.4.1 GENERAL

El sistema ACR-PCR está estructurado para que un pavimento con un valor de PCR particular pueda soportar una aeronave que tenga un valor de ACR igual o menor que el valor de PCR del pavimento. Esto es posible porque los valores de ACR y PCR se calculan utilizando la misma base técnica.

El uso del método estandarizado para informar la resistencia del pavimento se aplica solo a los pavimentos de aeropuertos con una resistencia de carga de 12 500 libras (5 00 kg) o más. El método para informar la resistencia del pavimento para pavimentos de menos de 12 500 libras (5700 kg) es solo informar el peso bruto y la configuración del tren.

El ACR, Aircraft Classification Rating (Índice Clasificación de Aeronaves), es un número que expresa el efecto relativo de una aeronave de peso dado sobre un pavimento con una categoría del terreno de cimentación especificada.

El PCR, Pavement Classification Rating (Índice Clasificación de Pavimentos) es el número que expresa la capacidad de carga de un pavimento para un número ilimitado de operaciones.

Cabe indicar que no existe una correlación matemática entre el anterior ACN-PCN de notificación de la resistencia del pavimento de la OACI y el nuevo sistema ACR-PCR de la OACI.

El código de notificación del PCR da información sobre las siguientes características:

Tabla 5.23: Nomenclatura PCR

NOMENCLATURA			
LETRA	AGRUPACIÓN	ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN
1RA	TIPO PAVIMENTO	F	FLEXIBLE
		R	RÍGIDO
2DA	RESISTENCIA AL SUELO DE SOPORTE	A	ALTA: 29008 psi (200MPa)
		B	MEDIA: 17405 psi (120Mpa)
		C	BAJA: 11603 psi (80Mpa)
		D	MUY BAJA: 7252 psi (50Mpa)
3RA	PRESIÓN MÁXIMA ADMISIBLE DE NEUMÁTICOS	W	SIN LÍMITE DE PRESIÓN
		X	PRESIÓN LIMITADA A 1,75Mpa
		Y	PRESIÓN LIMITADA A 1,25Mpa
		Z	PRESIÓN LIMITADA A 0,50Mpa

Fuente: AC 150/5335-5D

La determinación del PCR se realiza utilizando el software asociado FAARFIELD en su versión 2.0.7 del 2021, y en base a lo establecido en la circular AC 150/5335-5D “Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength-PCR”. Así mismo; y tal como se indica en Anexo 14-9na edición de la OACI, esta medición de pavimento será aplicable a partir del 28 de noviembre del 2024.

A partir de lo anterior, se determina el PCR para las nuevas estructuras principales calculadas anteriormente, siendo estas las de aviación comercial en hormigón y asfalto.

5.3.2.4.2 RESULTADOS PCR

En base a lo antes descrito se tendrá, de acuerdo a los cálculos computacionales:

Tabla 5.24: Valores obtenidos PCR/ACR

Tipo de Pavimento	Espesor	Módulo Subrasante CBR/ K	CDF	Aeronave Crítica	PCR	ACR
	mm	%/Mpa				
Asfalto Av. Comercial	617	10	0,92	A321-200	498/F/B/W	495
Hormigón Av. Comercial	575	104	0,86	A321-200	638/R/B/W	633
Hormigón Zona FACH	450	104	1,08	B767-300ER	415/R/B/W	417
Hormigón Zona CONAF	460	104	4,83	DC-10/30	439/R/B/W	408

Fuente: Elaboración Propia

Según lo anterior los PCR en aviación comercial, son levemente superiores al mayor ACR de la flota, que en este caso correspondería a la aeronave A321-200. Para la zona FACH es el mismo, resultando un CDF de 1, en tanto que para la zona CONAF el PCR es levemente inferior, lo que resulta a lo menos curioso, por cuanto el valor se extrae del mismo software del cálculo de estructura, donde el CDF resulta 1 y en la determinación de PCR el CDF resulta 5,7.

Nota: Para el caso de hormigón aviación comercial, el PCR/ACR es el mismo para el caso de base chancada como para base triturada

5.3.2.4.3 PCN

Adicionalmente se incluye el análisis de PCN; Pavement Classification Number (Número Clasificación de Pavimentos), que se relaciona con el ACN; PAircraft Classification Number (Número Clasificación de Aeronaves, basados en la normativa de la FAA circular AC 150/5335-5C “Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength-PCN”. Estos términos son los actualmente en uso dentro de los aeropuertos, los que deberán ir variando a los términos PCR/ACR según versión actual, tal como se incluye en Anexo 14-9na edición de la OACI, esta medición de pavimento será aplicable hasta el 27 de noviembre del 2024.

Los términos entre ambas versiones no son asimilables y no pueden ser comparados, aunque las letras que siguen al número estén asociados al tipo de pavimento, resistencia del suelo y presión de los neumáticos.

Luego, según la metodología y el uso del software COMFAA se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 5.25: Valores obtenidos PCN/ACN

Tipo de Pavimento	Espesor	Módulo Subrasante CBR / K	CFD	Aeronave Crítica	PCN	ACN
	in	% / psi				
Asfalto Av. Comercial	30,7	10	0,0391	A321-200	76 R/B/W/T	55
Hormigón Av. Comercial	16,5	232	0,913	A321-200	63 R/B/W/T	62
Hormigón Zona FACH	12,0	233	0,2023	B767-300ER	44 R/B/W/T	35
Hormigón Zona CONAF	12,4	233	0,0536	DC-10/30	48 R/B/W/T	32

Fuente: Elaboración Propia

Según lo anterior, en todos los casos los PCN son superiores al mayor ACN de la flota, que en este caso correspondería a la aeronave A321-200 para la zona comercial, el B-767 para la zona FACH y DC-10-30 para la zona CONAF.

5.3.3 Especificaciones Técnicas

De acuerdo a las obras involucradas, el proyecto comprende las siguientes ET:

- Movimiento de Tierra:
 - ✓ Excavación y preparación de subrasante
 - ✓ Construcción de terraplenes
- Material Granular
 - ✓ Suministro, colocación y compactación capa de sub base granular
 - ✓ Suministro, colocación y compactación capa de base granular chancada
 - ✓ Suministro, colocación y compactación capa de base triturada
- Pavimento Asfáltico
 - ✓ Imprimación bituminosa
 - ✓ Pavimento de asfalto modificado con polímeros
 - ✓ Pavimento bituminoso con uso de RAP
- Pavimento de Hormigón
 - ✓ Pavimento de hormigón, suministro y colocación
 - ✓ Sello de juntas
- Demarcación
 - ✓ Señalización provisoria, borrado y definitiva, según corresponda

De acuerdo a lo anterior, el proyecto comprende las siguientes ETG DAP:

- Especificaciones Generales N°9 para Excavación y Construcción de Terraplenes
- Especificaciones Generales N°6 para Despeje y Descuaje de Terrenos
- Especificaciones Generales N°11 para Capa de Sub-Base Granular
- Especificaciones Generales N°12 para Capa de Base de Material Chancado
- Especificaciones Generales N°8 para Imprimación Bituminosa
- Especificaciones Generales N°1 para Pavimentos Bituminosos Tipo Mezcla en Planta
- Especificaciones Generales N°48 para Pavimentos Bituminosos con uso de RAP
- Especificaciones Generales N°16 para Pavimento de Hormigón Hidráulico
- Especificaciones Generales N°13 para Sellado y Resellado de Juntas
- Especificaciones Generales N°14 para Demarcación de Pavimentos
- Especificaciones Generales N°39 de Instalación de Faenas
- Especificaciones Generales N°40 de Topografía

5.4 ESPECIALIDAD DE AYUDAS VISUALES - AV

5.4.1 Área de Movimiento (Pista y Rodajes)

En el presente capítulo se describen las instalaciones de ayudas a la navegación aérea para completar y modificar los sistemas de ayudas visuales por alargue de pista, el reemplazo y reubicación de equipamiento, un nuevo sistema de luces de Aproximación de 900 m, nuevo equipamiento de meteorología y reubicación de parte de ellos, y complemento de la radioayuda ILS, para permitir operaciones CAT I en el Aeródromo.

5.4.1.1 COMPOSICIÓN DE LAS OBRAS

5.4.1.1.1 SUMINISTROS DE SISTEMAS

- Ampliación Luces de borde de pista:
 - Luces de borde de pista elevadas
 - Luces de borde de pista empotradas
- Nuevas luces de borde de calles de rodaje Bravo, Charlie y Delta
- Nuevo sistema REIL pista 09
- Nuevo sistema PAPI pista 27
- Nuevas leyendas para letreros guías
- Nuevo sistema de luces de aproximación CAT I de 900 m.
 - Baliza elevada unidireccional de aproximación (luz blanca)
 - Baliza empotrada unidireccional de aproximación (luz blanca)
 - Baliza elevada unidireccional de destellos en secuencia de aproximación
 - Baliza empotrada unidireccional sistema de destellos en secuencia de aproximación
 - Sistema de control de luces de destello
- Nuevos conos indicadores de dirección de viento
- Nuevo de sistema RVR
- Nueva Senda de Planeo sistema ILS con DME

5.4.1.2 SUMINISTROS DE MATERIALES

- Bases galvanizadas L-867
- Bases galvanizadas L-868
- Cable de comunicación para sistema ILS
- Fibra óptica sistema ILS
- Cables media tensión, baja tensión, de tierra
- Barra copperweld
- Camarilla de Inspección
- Caseta senda de planeo
- Placa identificación balizas
- Tapas metálicas bases galvanizadas
- Leyenda letreros guías

5.4.1.2.1 REUBICACIÓN DE SISTEMAS

- Reubicación de luces de Umbral y Término Pista
- Reubicación de luces de borde de calles de rodaje Bravo y Charlie
- Reubicación sistema Localizador de Pista ILS
- Reubicación sistemas de meteorología

5.4.1.2.2 OBRAS CIVILES

- Dados de hormigón para bases galvanizadas de luces, letreros, localizador ILS, sistema de aproximación, conos de

dirección de viento, sistema REIL, sistema PAPI, sistemas meteorológicos.

- Ductos para sistemas.
- Banco de ductos canalizaciones generales
- Cámaras eléctricas y de CCDD

5.4.1.2.3 MONTAJES

- Cableados de fuerza, control y cable de tierra.
- Sistemas de pista, rodajes, etc.

Los sistemas serán alimentados eléctricamente desde circuitos existentes y desde circuitos nuevos desde la SE DGAC, a través de bancos de ductos existentes y proyectados.

5.4.1.3 MEMORIA DE ÁLCULO

5.4.1.3.1 CÁLCULO DE LUCES EN CURVAS DE CALLES DE RODAJE

Las luces de borde de calles de rodaje se emplazarán a 2,5 m de los bordes de la calle de rodaje, utilizando un distanciamiento máximo de 50 m en tramos rectos. En las zonas de curva la distancia dependerá del radio de curva que sustenta.

Así, en la siguiente tabla, se muestran las separaciones que deben existir entre luces de borde de rodaje en curvas en función del radio, de acuerdo a Circular FAA:

Tabla 5.26: Cuadro de separación entre balizas de borde de rodaje

CUADRO SEPARACION EN METROS DE BALIZAS EN CURVAS DE ACUERDO A RADIO DE CURVA			
RADIO (Metros)	SEPARACION (Metros)	RADIO (Metros)	SEPARACION (Metros)
4,57	6,1	91,44	24,38
7,62	8,23	121,92	28,95
15,24	10,67	152,4	33,52
22,86	12,19	182,88	39,62
30,48	15,24	213,36	44,19
45,72	16,76	243,84	50,29
60,96	18,29	274,32	56,39
76,2	21,34	304,8	60,96

Fuente: Elaboración propia

Por interpolación lineal se obtienen los valores de separación para los radios que no figuran en la tabla anterior, de acuerdo a lo siguiente:

Figura 5.40: Fórmula valores de separación para radios

$$S = \frac{(R - Ri)}{(Rs - Ri)} \times (Ss - Si) + Si$$

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- S = Separación entre balizas para un Radio R
- R= Radio de la curva
- Rs= Radio del valor inmediatamente superior a R según Tabla

- Ri = Radio del valor inmediatamente inferior a R según Tabla
- Ss= Separación correspondiente al radio Rs según Tabla
- Si= Separación correspondiente al radio Ri según Tabla

Para definir el número de espacios que corresponden a cada una de las curvas se determinará como sigue:

Figura 5.41: Fórmula de espacios entre balizas

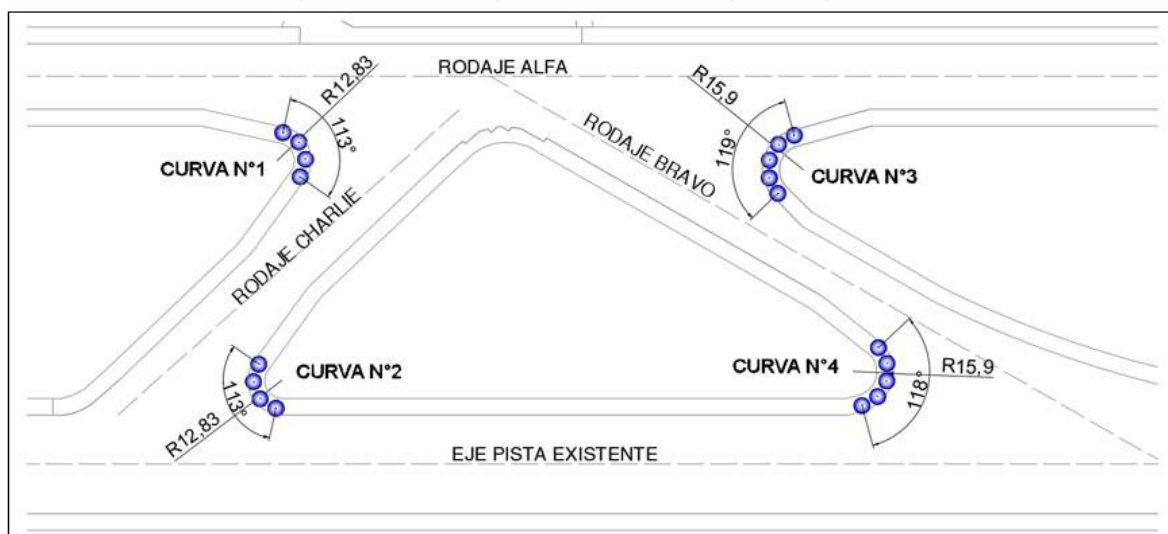
$$N^{\circ} \text{ Espacios} = \frac{(\text{Arco de curva})}{(\text{Separación correspondiente a radio de curva})}$$

Fuente: Elaboración propia

El resultado se aproximará al entero superior.

La siguiente figura muestra el nuevo emplazamiento de las curvas en calles de rodaje, donde se señalan con sus radios y ángulos para el cálculo de los espacios entre luces

Figura 5.42: Nuevo emplazamiento curvas rodajes Bravo y Charlie



Fuente: Elaboración propia

5.4.1.3.2 CÁLCULO DE EMPLAZAMIENTO ANTENA SENDA DE PLANEEO DEL ILS Y PAPI ASOCIADO

En este capítulo se realiza el cálculo de emplazamiento de sistema PAPI de la Pista, que se proyecta su desplazamiento producto del alargue de 300 metros de la Pista.

De acuerdo a catálogo de la AIRBUS y de BOEING, las alturas de ojo del piloto a la antena de la SP y la altura de los ojos del piloto a las ruedas del avión en configuración de aproximación y la altura de los ojos del piloto a la trayectoria de ruedas, para los distintos tipos de aeronaves que operan en Balmaceda se señalan a continuación:

- Airbus A321
- Boeing 767 (eventualmente)

Tabla 5.27: Cálculo emplazamiento de antena senda de planeo ILS y sistema PAPI

CÁLCULO DE EMPLAZAMIENTO DE LA ANTENA DE LA SP DEL ILS Y DEL PAPI ASOCIADO PARA LA PISTA 27 DE BALMACEA		
CÁLCULO DE DISTANCIA NOMINAL PARA EL PAPI	CANTIDAD	UNIDAD
ÁNGULO TETA	2,80	grados
DISTANCIA EMPLAZAMIENTO SENDA DE PLANE0 (SP)	345,00	metros
ALTURA ANTENA SOBRE UMBRAL $H=D \cdot \text{TANG}(\text{TETA})$	16,87	metros
H1 PARA EL A321 (ALTURA ENTRE OJO PILOTO Y RUEDAS EN CONFIGURACIÓN DE APROXIMACIÓN)	6,88	metros
H PARA EL A 321 (ALTURA ENTRE ANTENA AVIÓN Y RUEDAS EN CONFIGURACIÓN DE APROXIMACIÓN)	4,99	metros
CÁLCULO DISTANCIA ENTRE OJO PILOTO Y ANTENA ILS AVIÓN ($h1=H1-H$)	1,89	metros
ALTURA ENTRE OJO DEL PILOTO Y UMBRAL ($\text{METH} = h1+H$)	18,76	metros
D1 (EMPLAZAMIENTO NOMINAL PAPI) = $\text{METH}/\text{TAN TETA}$	381,6	metros
VERIFICACION DEL WTH PARA LAS AERONAVES QUE OPERARAN		
Para una mejor armonización del PAPI con el ILS, se contempla el ángulo de reglaje de la unidad N° 2 con 2 minutos menos.		
Cabe señalar que el reglaje para las Unidades PAPI con ILS, para una aproximación con un ángulo de 2.8° ($2^\circ-48''$)		
está dado por (20 minutos de diferencia en reglaje)		
	1	0,8
	60	48
	2,8	$2-48''$
Para el reglaje se contemplan $20''$ de separación entre ángulo de Unidades del PAPI		
POR LO TANTO:		
➤ Unidad N° 1 PAPI	$2^\circ 18'$	
➤ Unidad N° 2 PAPI	$2^\circ 38'$	
➤ Unidad N° 3 PAPI	$2^\circ 58'$	
➤ Unidad N° 4 PAPI	$3^\circ 18'$	
POR LO TANTO EL CÁLCULO SE REALIZARÁ CON EL ÁNGULO DE ($2^\circ 38' - 2''$) ES DECIR $2^\circ 36''$		
CONVERSIÓN DE MINUTOS A DECIMALES		
	60	38
	1	0,6
ÁNGULO TETA 1	2,6	grados
CÁLCULO DEL METH PARA EL NUEVO ÁNGULO		
$\text{METH} = D1 \cdot \text{TANG TETA1}$	17,6	metros
REVISIÓN DEL WTH PARA LAS AERONAVES		
H1 (AWH) PARA EL A321	6,9	metros
WTH = METH-AHW	10,7	metros
H1 (AWH) PARA EL BOEING 767	9,2	metros
WTH = METH-AHW	8,4	metros

Nota: En la Fase de ejecución de este proyecto, se deberá realizar una prospección topográfica para verificar que la pendiente la pista, una vez construida, es la misma que la proyectada. De lo contrario, se debe realizar nuevamente el cálculo de emplazamiento del sistema PAPI y su armonización con el sistema ILS

CORRECCIÓN EMPLAZAMIENTO DEL PAPI POR ELEVACIÓN		
NIVEL DE TERRENO EN UMBRAL DE PISTA DE PLANO PERFIL	507,22	cota terreno
NIVEL DE TERRENO DE PISTA A LOS 358.6 M SEGÚN PLANO PERFIL	508,84	cota terreno
DIFERENCIA DE ALTURAS	1,63	metros
CONSIDERANDO QUE DIFERENCIA ES MAYOR A 0.3 M SE REQUIERE CORREGIR		
PRIMERA CORRECCION POR ELEVACIÓN = DIF ALT/TANG (TETA 1)	35,4	metros
POR LO TANTO SE DEBE DESPLAZAR EL PAPI HACIA EL UMBRAL EN ESA CANTIDAD DE METROS		
NUEVA POSICIÓN DEL PAPI D2 = D1 -PRIMERA CORRECCION	348,3	metros
ALTURA PARA LA NUEVA POSICION DEL PAPI EN 348 m SEGÚN PLANO PERFIL	508,44	metros
ALTURA PARA LA POSICION ANTERIOR DEL PAPI	508,84	metros
DIFERENCIA DE ALTURAS	0,403	metros
ES MAYOR A 0,3 m, POR LO QUE SE DEBE REALIZAR OTRA CORRECCIÓN		
SEGUNDA CORRECCION POR ELEVACIÓN = DIF ALT/TANG TETA 1	8,8	metros
POR LO TANTO DEBE EL PAPI DESPLAZARSE ALEJÁNDOSE DEL UMBRAL EN ESA CANTIDAD DE METROS		
D3 NUEVA POSICIÓN DEL PAPI = D2+SEGUNDA CORRECCION	357,0	metros
ALTURA PARA LA NUEVA POSICION DEL PAPI SEGÚN PLANO PERFIL	508,45	cota terreno
ALTURA PARA LA POSICION ANTERIOR DEL PAPI	508,44	cota terreno
DIFERENCIA DE ALTURAS	0,01	metros
SI ES MENOR A 0,3 CUMPLE	CUMPLE	
CORRECCION POR ALTURA DE LAS UNIDADES PAPI SOBRE LA PISTA		
Regularmente el PAPI se instala 0.3 metros sobre el eje de la pista	0,3	metros
Por lo tanto calculamos lo q se debe desplazar hacia adelante el PAPI y esta dado por:		
TETA1	2,63	grados
DESPLAZAMIENTO Dc = 0,3 Tang teta1	6,53	metros
POR LO TANTO CON CORRECCION POR ALTURA DEL PAPI D4 = D3-CORRECCION POR POSICIÓN	350,5	metros
WTH PARA ESTA POSICION DEL PAPI CON EL ANGULO DE APROXIMACIÓN DE 2,63°	16,1	metros
ULTIMA VERIFICACION DEL WTH PARA LAS AERONAVES A321 Y B767		
H1 (AWH) PARA EL A321	6,88	metros
WTH = METH-AHW	9,2	metros CUMPLE
H1 (AWH) PARA EL B767	9,20	metros
WTH = METH-AHW	6,9	metros CUMPLE
CONCLUSIONES		
POR LO TANTO LA ANTENA DE LA SENDA DE PLANE0 DEL ILS SE DEBE UBICAR A 345 METROS DEL UMBRAL DE PISTA		
EL PAPI SE DEBE EMPLAZAR A 350 METROS DEL UMBRAL DE PISTA		

5.4.1.3.3 LETREROS GUÍAS

El proyecto considera el suministro de 02 Letreros Guías que reemplazan a los existentes en sector umbral 09 (rodaje alfa), a ubicarse en mismas posiciones actuales.

El detalle (leyenda y dimensiones) de los letreros proyectados, se presenta a continuación:

1		2		3		4	
	800 x 2300 mm		800 x 2300 mm		800 x 2900 mm		800 x 2900 mm

5.4.1.3.4 CÁLCULO ALIMENTADORES EN BAJA TENSIÓN

Se contempla en este documento el cálculo de las secciones de los siguientes alimentadores en Baja Tensión:

- Alimentadores para Reguladores del sistema de Luces de Aproximación
- Alimentador en BT para la Senda de Planeo del ILS

Para el cálculo de alimentadores y sub alimentadores se contemplan los siguientes parámetros:

- Potencia de la carga en W

- Distancia desde la fuente de alimentación a la carga
- Factor de potencia de la carga
- Factor de demanda de la carga
- Factor por tipo de carga (100% capacidad de Transformador, Alimentador principal 25% sobre la demanda máxima calculada, subalimentadores 20% sobre la demanda máxima calculada)
- Factor de corrección de capacidad de Transporte, por efecto de temperatura medio ambiente, temperatura de servicio del conductor seleccionado y por el tipo de método de instalación de los cables.

Luego se determina la corriente de diseño de los conductores y con este valor mediante tablas RIC, se determina la sección del conductor por capacidad de corriente.

Y así se calcula la sección necesaria por caída de tensión considerando para tal efecto la Corriente Nominal de la carga

Con los cálculos se selecciona la sección del conductor que cumpla los dos requerimientos de capacidad de corriente y caída de tensión.

a) Cálculo Sección Alimentador Monofásico desde Trafo Reductor a Sistema de Luces de Aproximación

Tabla 5.28: Cálculo alimentador.

ALIMENTADOR		UBICACIÓN:		ALIMENTADOR B REGULADORES DE 7500 W APROX	
LARGO	POTENCIA	VOLTAJE	CORRIENTE		
20 Metros	7.500 Watt	220 Volt	36,66 Amperes Nominal		
FACTOR DE DEMANDA		FACTOR DE POTENCIA		45,75 Con factores de correccion Amp	
1		0,93			
TEMPERATURA AMBIENTE		TIPO INSTALACIÓN		TIPO DE CONDUCTOR	
11-15°C PARA D2		EN ESCALERILLA (D2)		T servicio 90°C- RVK	
1,04		1			
FACTOR TIPO DE CARGA (1.2-1.25%)		FACTOR TEMP Y N° COND P/DUCTO			
1,2		1,04			
SECCION POR TABLA RIC		CAPACIDAD DE CORRIENTE			
8,37		54 Amp			
SECCION P/CAIDA DE TENSION MAX.					
4,96		mm2			
SECCION FINAL COM.CONSIDERADA					
8,37 mm2					
VOLTAJE DE PERDIDA		Voltaje Perdida %			
2,51 Volt		1,14			
DESCRIPCION	N° DE COND.	mm2	TIPO CABLE		
FASE	1	8,37	RVK		
NEUTRO	1	8,37	RVK		

Fuente: Elaboración propia

b) Cálculo Sección Alimentador Monofásico BT desde Trafo Reductor a Senda de Planeo ILS

Tabla 5.29: Cálculo Sección alimentador

ALIMENTADOR		UBICACIÓN:		ALIMENTADOR BT SENDA DE PLANEIO ILS			
LARGO		POTENCIA		VOLTAJE		CORRIENTE	
20 Metros		5.000 Watt		220 Volt		24,44 Amperes Nominal	
FACTOR DE DEMANDA		FACTOR DE POTENCIA				30,50 Con factores de correccion Amp	
1		0,93					
TEMPERATURA AMBIENTE		TIPO INSTALACIÓN				TIPO DE CONDUCTOR	
11-15°C PARA D1		CORRECCION POR N° COND				T servicio 90°C- RVK	
1,04		1					
FACTOR TIPO DE CARGA (1.2-1.25%)		FACTOR TEMP Y N° COND P/DUCTO					
1.2		1,04					
SECCION POR TABLA RIC		CAPACIDAD DE CORRIENTE					
2.5		33		Amp			
SECCION P/CAIDA DE TENSION MAX.							
3.31		mm2					
SECCION FINAL COM.CONSIDERADA							
3.31/mm2							
VOLTAJE DE PERDIDA		Voltaje Perdida %					
4,23/Volt		1,92					
DESCRIPCION		N° DE COND.		mm2		TIPO CABLE	
FASE		1		3,31		RVK	
NEUTRO		1		3,31		RVK	

Fuente: Elaboración propia

5.4.1.3.5 CÁLCULO REGULADORES SISTEMA LUCES DE APROXIMACIÓN

Para el cálculo de los Reguladores del sistema de Luces de aproximación se ha considerado como referencia la correspondiente a la fábrica ADB SAFEGATE.

De acuerdo a este antecedente procedemos a realizar los cálculos para definir la potencia de los Reguladores:

Tabla 5.30: Cálculo de reguladores sistema de luces de aproximación

CÁLCULO DE REGULADOR SISTEMA DE LUCES APROXIMACION		
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
NUMERO DE LUCES FIJAS CTO 1 APROXIMACION	68	cu
POTENCIA DE LUCES FIJAS LED	50	w
POTENCIA TOTAL CTO N° 1 DE LUCES FIJAS LED	3400	w
PERDIDAS POR TRANSFORMADOR	9	w
PERDIDAS TOTALES POR TRANSFORMADORES	612	w
LONGITUD DE CABLE PRIMARIO CTON N° 1	8360	m
SECCION DEL CONDUCTOR N° 8 awg	8,37	mm2
RESISTIVIDAD DEL COBRE	0,0172	ohm*m/mm2
RESISTENCIA = RO*L/S	17,18	ohm
CORRIENTE (MAXIMA)	6,6	Amper
PERDIDAS CONDUCTOR = RI2	748,34	w
POTENCIA REGULADOR	4760	w
REGULADOR CON POTENCIA ADICIONAL 20%	5712	w
POTENCIA FINAL REGULADOR POR CATALOGO	7.500	w

Fuente: Elaboración propia

Dado lo anterior, los dos reguladores de 7.5 KVA existentes para el actual sistema de aproximación, cuentan con capacidad necesaria para el nuevo sistema de Luces de aproximación de 900 metros para la Pista 27 de Balmaceda.

5.4.1.3.6 CÁLCULO CAPACIDAD DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DGAC

El transformador actual de la S/E DGAC tiene una potencia de 1000 KVA, desde donde se alimenta eléctricamente todas las ayudas visuales, radioayudas y edificaciones de la DGAC.

Personal de DGAC facilitó boletas de consumo eléctrico emitidas por la empresa distribuidora de energía eléctrica en la zona (EdelAysén), en las cuales los mayores consumos de potencia de la S/E DGAC durante el año no superan los 200 KW.

Lo anterior, indica que la S/E de la DGAC, posee una capacidad de reserva importante para futuros proyectos de la DGAC.

Este proyecto de ayudas a la Aeronavegación, contempla nuevas balizas en ciertos sectores de la pista y reemplazo de ciertos equipamientos por su data de antigüedad.

El detalle por sistema potencias requeridas adicionales a las existentes, es el siguiente:

Tabla 5.31: Potencias eléctricas adicionales

POTENCIAS ELECTRICAS			
TIPO	POTENCIA VA	CANTIDAD	TOTAL
BALIZA BORDE PISTA ELEVADA	38	1	38
BALIZA BORDE PISTA EMPOTRADA	64	5	320
BALIZA BORDE DE RODAJE ELEVADA	25	16	400
TRANSFORMADOR REDUCTOR ILS	10000	1	10000
TOTAL			10758

Fuente: Elaboración propia

Para los sistemas: PAPI, REIL, Letreros Guías se mantienen los reguladores de corriente existentes

Para el Sistema de Aproximación, el detalle de aumento de potencia (sistema nuevo de 900 metros), está desarrollado en punto 5. De este mismo documento, es decir mantienen sus reguladores de corriente existentes

Dado lo anterior, el aumento o potencia eléctrica requerido para este proyecto es de 11 KVA aproximadamente, que la S/E eléctrica DGAC puede absorber sin inconvenientes dada su potencia disponible.

5.4.2 Rodaje Alfa

En el presente capítulo se describen las instalaciones de ayudas a la navegación aérea para completar y modificar los sistemas de ayudas visuales por alargue del rodaje Alfa, el reemplazo y reubicación de equipamientos y nuevos letreros guías.

5.4.2.1 COMPOSICIÓN DE LAS OBRAS

5.4.2.1.1 SUMINISTROS DE SISTEMAS

- Ampliación Luces de borde de pista alternativa
 - Luces de borde de pista elevadas
 - Luces de borde de pista empotradas
- Nuevas luces de borde de calles de rodaje Alfa
- Nuevos letreros guías

5.4.2.1.2 SUMINISTROS DE MATERIALES

- Bases galvanizadas L-867
- Bases galvanizadas L-868
- Cable primario de pista, cables de tierra de protección
- Barra copperweld
- Camarilla de Inspección
- Placa identificación balizas
- Tapas metálicas bases galvanizadas
- Leyenda letreros guías

5.4.2.1.3 REUBICACIÓN DE SISTEMAS

- Reubicación de luces de Umbral y Término Pista Alternativa
- Reubicación sistema PAPI Pista alternativa
- Reubicación letreros Guías existentes

5.4.2.1.4 OBRAS CIVILES

- Dados de hormigón para bases galvanizadas de luces, letreros y sistema PAPI.
- Ductos para luces y letreros
- Banco de ductos canalizaciones generales
- Cámaras eléctricas y de corrientes débiles (CCDD)

5.4.2.1.5 MONTAJES

- Cableados de fuerza y cable de tierra.
- Sistemas de pista, rodajes, etc

Los sistemas serán alimentados eléctricamente desde circuitos existentes y desde circuitos nuevos desde la SE DGAC, a través de bancos de ductos existentes y proyectados.

5.4.2.2 MEMORIA DE ÁLCULO

5.4.2.2.1 CÁLCULO EMPLAZAMIENTO SISTEMA PAPI

En este capítulo se realiza el cálculo de emplazamiento por desplazamiento de sistema PAPI de la pista alternativa.

De acuerdo a catálogo de la AIRBUS y de BOEING, las alturas de ojo del piloto a la antena de la SP y la altura de los ojos del piloto a las ruedas del avión en configuración de aproximación y la altura de los ojos del piloto a la trayectoria de ruedas, para los distintos tipos de aeronaves que operan en Balmaceda se señalan a continuación:

- Airbus A321
- Boeing 767 (eventualmente)

Tabla 5.32: Cálculo emplazamiento PAPI

CÁLCULO SISTEMA PAPI PISTA ALTERNATIVA 27 BALMACEDA SIN ILS		
CÁLCULO DE DISTANCIA NOMINAL PARA EL PAPI	CANTIDAD	UNIDAD
DATOS		
Angulo de aproximación según AIP pista 27 Balmaceda	2,8°	grados
Aeronave de Diseño	Airbus 321	
EHW	6,88	m
WTH según tabla 5.2 OACI (para aeronaves en conf aprox de 6 a 14 m, entre ojos del piloto y tren de aterrizaje) corresponde	9	m (min 6m)
CÁLCULO DE DISTANCIA PAPI AL UMBRAL 02		
EMTH=EHW+WTH	15,88	metros
Angulo de cálculo de D, de acuerdo a Norma OACI, PARA 3°, FIG A (Angulo B)	2°-48min	grados
Angulo de cálculo de D en decimales	2,63	
Tangente del angulo	0,046	
D1=EMTH/TG	345,71	metros
PRIMERA CORRECCION DEL PAPI POR PENDIENTE DE PISTA		
Pendiente de Pista descendente hacia el Umbral	0,28	%
Diferencia altura entre umbral y posicion PAPI (h), (0.28% de 345,7m)	0,97	m
Corrección = h/tang (ANGULO)	21,07	m
SEGUNDA CORRECCION DEL PAPI POR PENDIENTE DE PISTA		
Nuevo D2= D1-CORRECCION HACIA EL UMBRAL	324,64	metros
Nueva altura para D2 igual al 0.28% de D2	0,91	metros
Diferencia altura entre posición anterior y la nueva	0,06	metros
La diferencia es inferior a 0,3m por lo que no es necesario otra corrección	CUMPLE	
NUEVA METH PARA LOS 346 METROS = D2*TAN (2,63)	14,91	metros
POR LO TANTO EL PAPI PISTA 27 ALTERNATIVA SE DEBERIA EMPLAZAR A	325	metros del umbral
VERIFICACION PARA AVION MAYOR QUE PODRIA OPERAR EN BALMACEDA EN LA PISTA ALTERNATIVA		
CÁLCULO METH RUEDAS SOBRE EL UMBRAL DE PISTA PARA EL A321		
METH=	14,91	metros
DISTANCIA DEL OJO PILOTO A RUEDAS EN CONF APROX, A321	6,88	metros
WTH = METH-EHW	8,03	metros
CONCLUSIONES		
CUMPLE POR CUANTO LA ALTURA DEBE ESTAR ENTRE 6 Y 9 METROS		
EN CONSIDERACIÓN QUE A LOS 325 M EXISTE UNA CALLE DE RODAJE (DELTA), HA SIDO NECESARIO DESPLAZAR EN 63 M ALEJÁNDOSE DEL UMBRAL, POR LOO QUE EL PAPI SE UBICARÁ A 388 M DEL UMBRAL 27		

Fuente: Elaboración propia

5.4.2.2.2 LETREROS GUÍAS

El proyecto considera el suministro de 06 Letreros Guías. Por lo tanto, para este aeródromo, de clave de referencia 4D, la distancia perpendicular desde el borde definido del pavimento de las calles de rodaje hasta el borde más cercano del letrero, debe ser entre 11 y 21 metros. La distancia perpendicular desde el borde definido del pavimento de la pista hasta el borde más cercano del letrero, debe ser entre 08 y 15 metros.

Dado lo anterior los letreros se han proyectado:

- con una separación del borde de la pista alternativa de 15 metros
- con una separación del borde de rodajes de 15 metros

El detalle (leyenda y dimensiones) de los letreros proyectados, se presenta a continuación:

1		2		3		4	
	600 x 2300 mm		600 x 1500 mm		800 x 2700 mm		800 x 2700 mm

5		6		7		8	
	800 x 2900 mm		800 x 1300 mm		800 x 1300 mm		800 x 3300 mm
9		10					
	800 x 2300 mm		800 x 2300 mm				

5.4.3 Zona CONAF

En el presente capítulo se describen las instalaciones del sistema de ayudas visuales del nuevo sector CONAF.

5.4.3.1 COMPOSICIÓN DE LAS OBRAS

5.4.3.1.1 SUMINISTRO DE SISTEMA RODAJE

- Balizas retrorreflectantes

5.4.3.1.2 OBRAS CIVILES

- Soporte de luces rodaje

5.4.3.1.3 MONTAJES

- Cableados.
- Transformadores
- Balizas.

5.4.3.1.4 ALUMBRADO PLATAFORMA

Se proyecta el suministro e instalación de 02 Torres de iluminación tipo Monopostes para la iluminación de la Plataforma de la CONAF.

Cada uno de los Monopostes dispondrá de soporte para los proyectores, balizas de obstrucción y 02 proyectores de tecnología Led.

Tablero eléctrico con sus protecciones eléctricas y con capacidad de realizar un control local y/o remoto para el encendido de las luminarias, y las canalizaciones desde Tablero a las luminarias y balizas de obstrucción.

Dentro del suministro, montaje y obras se incluye:

- Monopostes 12m altura
- Bases de homigón postes
- Proyectores LED
- Línea de anclaje
- Escalera metálica con aro de seguridad

- Tablero eléctrico de alumbrado y control
- Defensa caminera doble onda
- Cámaras eléctricas
- Banco de ductos
- Camarillas de inspección, barra copperweld y cable cobre desnudo

5.4.3.2 MEMORIA DE ÁLCULO

5.4.3.2.1 ILUMINACIÓN PLATAFORMA

Para el cálculo de alumbrado de la plataforma de estacionamiento de aeronaves de la Conaf, se hace uso del software de iluminación Dialux.

Plataforma CONAF: Se ha considerado 2 monopostes proyectados de 12 metros (2 proyectores por poste) y se procedió a una simulación virtual en tres dimensiones de las luminarias en torres de iluminación.

A continuación, se señalan los datos considerados para el programa donde se han seleccionado los ángulos óptimos de direccionamiento de los proyectores alcanzado en un proceso de iteración. Todo lo anterior para la obtención del mejor rendimiento lumínico para la plataforma de estacionamiento de aeronaves.

- Altura de montaje luminarias Plataforma Conaf: 12 metros
- Factor de mantenimiento: 0.95
- Se proyecta la luminaria de tecnología Led para las Torres: BVP283 LED340NW DE 335 W, 220 V SWB4028K con lámpara con flujo de 34.000 lúmenes.

LED Tango G2 es una luminaria de proyección LED para uso en diversas aplicaciones de iluminación, como iluminación de áreas, carteleras, fachadas, área industrial, deportes recreativos y otras aplicaciones generales. El proyector LED Tango G2 cuenta con fuente de luz LED, sistema óptico, disipador de calor y controlador, todo en un cuerpo compacto. El disipador de calor especialmente diseñado combina estética y funcionalidad para garantizar confiabilidad y una larga duración. El LED Tango G2 aprovecha la tecnología LED que ofrece ahorros de energía y una mayor vida útil, lo que marca el inicio de una era en la iluminación de áreas.

5.4.4 **Zona FACH**

En el presente capítulo se describen las instalaciones del sistema de ayudas visuales por las obras en la zona FACH.

5.4.4.1 COMPOSICIÓN DE LAS OBRAS

5.4.4.1.1 SUMINISTROS DE SISTEMAS

- Luces de borde de calle de rodaje
- Regulador para luces de borde de rodaje
- Conectores primarios

5.4.4.1.2 SUMINISTROS DE MATERIALES

- Bases galvanizadas L-867
- Cable primario, cable de tierra de protección, cable de baja tensión
- Barra copperweld

- Camarilla de Inspección
- Placa identificación balizas

5.4.4.1.3 OBRAS CIVILES

- Dados de hormigón para bases galvanizadas de luces.
- Ductos para luces
- Banco de ductos canalizaciones generales
- Cámaras eléctricas tipo B

5.4.4.1.4 MONTAJES

- Cableados de fuerza.
- Luces y equipos.

5.5 ANALISIS SLO SITUACION CON PROYECTO Y VERIFICACION ALTURA TW - IA

5.5.1 Alcance

En el presente informe se desarrolla un estudio del espacio aéreo tal de evidenciar las distancias y alturas que se contemplan con la modificación de pista y Alfa (como pista alternativa), las que debieran mantenerse libres de obstáculos con el fin de poder llevar a cabo con seguridad las operaciones previstas. Cabe aclarar que esta etapa 3A; en situación con proyecto, complementa el análisis desarrollado en la etapa 2B enfocado en la situación existente.

Luego con las superficies limitadoras determinadas, y con la ubicación espacial; incluyendo alturas, de los elementos circundantes que pueden significar una potencial obstrucción, se verifica en este nuevo escenario cuál de estos elementos es interferencia y en que magnitud.

5.5.2 Superficies Limitadoras de Obstáculos

Se analizará el escenario con proyecto, considerando la pista principal con su longitud de 2.500m y Alfa como pista secundaria de 2.500m, paralela a la anterior, distanciadas a 176m entre ejes. Luego, se tiene:

- Pista principal Número clave 4, Aproximación instrumental de precisión
- Pista secundaria (Alfa) Número clave 3, Aproximación visual

A continuación, se indican los parámetros de ambas pistas 09/27 principal y secundaria. Las cotas se encuentran referidas a la altura sobre el nivel del mar.

Tabla 5.33: Parámetros pista principal y Alfa como pista secundaria

		PISTA PPAL.	PISTA SEC. (ALFA)
LARGO PISTA	(m)	2.500	2.500
ANCHO PISTA	(m)	45	30
ALTURA UMBRAL 09	(m)	523,39	522,46
ALTURA UMBRAL 27	(m)	507,21	506,17
ALTURA AERÓDROMO SEGÚN AIP	(m)	525,00	525,00
PENDIENTE PISTA	%	0,65	0,65
TIPO APROXIMACIÓN		INSTRUMENTAL N/P	VISUAL
CLAVE REFERENCIA		4D	3C

Fuente: Elaboración Propia

En base a la tabla anterior se establecerán las siguientes superficies limitadoras de obstáculos, según corresponda:

- Superficie Horizontal Interna (SHI)
- Superficie Cónica (SC)
- Superficie de Aproximación (SA)
- Superficie de Transición (ST)
- Superficie de Ascenso en el Despegue (SAD)
- Superficie Aterrizaje Interrumpido (ATI)
- Superficie de Aproximación Interna (SAI)
- Superficie de Transición Interna (STI)

5.5.2.1 SUPERFICIE HORIZONTAL INTERNA (SHI)

Para el caso en evaluación, la superficie horizontal interna establece una configuración de hipódromo, con la altura del umbral mayor (altura de referencia) más 45m y con radio de 4.000m tanto en pista como en Alfa pista alternativa.

5.5.2.2 SUPERFICIE CONICA (SC)

Para el caso en evaluación, la superficie cónica comienza en el radio de la SHI y termina, según pendiente del 5% en un radio exterior de 5.500m con altura de 75m por sobre la superficie horizontal interna para la pista clave 3 visual y pendiente del 5%, radio exterior 6.000m y altura de 100m sobre la SHI para la pista clave 4 instrumental de precisión.

5.5.2.3 SUPERFICIE DE APROXIMACION (SA)

Para el caso en evaluación, pista clave 4 instrumental de precisión la superficie de aproximación comienza a 60m de cada umbral, a la cota de cada umbral y tiene 3 secciones:

- la 1ra sección de 3.000m a una cota sobre el umbral de 60m y con un ancho final de 1.200m
- la 2da sección de 3.600m partiendo desde la altura anterior hasta 90m por sobre esta y con un ancho final de 2.280m
- la 3ra sección u horizontal, de 8.400m, con igual altura que el término de la 2da sección (150m sobre el umbral) y un ancho final de 4.800m.

En tanto que, para el caso en evaluación, pista clave 3 visual la superficie de aproximación comienza a 60m de cada umbral, a la cota de cada umbral y tiene únicamente una sección:

- la 1ra sección de 3.000m a una cota sobre el umbral de 100m y con un ancho final de 750m

5.5.2.4 SUPERFICIE DE TRANSICION (ST)

Para el caso en evaluación, el ancho mayor de la superficie de transición se cumplirá en el umbral más bajo; hasta alcanzar la superficie horizontal interna. Ello implica que en este extremo la máxima altura estará más lejana a pista en comparación al umbral más alto, tendiendo por tanto este último a una mayor restricción en la ubicación de elementos que superen el plano inclinado resultante. La pendiente de ascenso de esta superficie para número clave 3 y 4, tanto para aproximación visual como instrumental de no precisión será de 14,3%.

5.5.2.5 SUPERFICIE DE ASCENSO EN EL DESPEGUE (SAD)

Para el caso en evaluación, la superficie de ascenso en el despegue comienza a 60m de cada umbral, coincidentemente con el borde de la franja de pista, avanzando con una pendiente del 2% y divergencia del 12,5%, comenzando a la cota de cada umbral y termina a una distancia de 15.000 en una cota sobre el umbral de 300m para ambas situaciones estudiadas.

5.5.2.6 SUPERFICIE DE APROXIMACION INTERNA (SAI)

Para el caso en evaluación, la superficie de aproximación interna comienza a 60m del umbral, a la cota de este y termina; según distancia de 900m a una cota sobre el umbral de 18m y en un ancho de 120m.

5.5.2.7 SUPERFICIE DE TRANSICION INTERNA (STI)

Para el caso en evaluación, el ancho mayor de la superficie de transición interna se cumplirá en el umbral más bajo; hasta alcanzar la superficie horizontal interna. Ello implica que en este extremo la máxima altura (hasta la superficie horizontal interna) estará más lejana a pista en comparación al umbral más alto, tendiendo por tanto este último a una mayor restricción en la ubicación de elementos que superen el plano inclinado resultante. Esto es similar a la superficie de transición, pero con planos de mayor inclinación.

5.5.2.8 SUPERFICIE DE ATERRIAJE INTERRUPTIDO (ATI)

Para el caso en evaluación, comienza a 1.800m del umbral 27, siendo su cota inicio inferior a la cota del mayor umbral en este caso 09.

5.5.2.9 RESUMEN

Tabla 5.34: Resultados asociados a escenarios en evaluación situación con proyecto

N°	SUPERFICIES Y DIMENSIONES	UN	CLASIFICACIÓN PISTAS SITUACIÓN CON PROYECTO		CLASIFICACIÓN PISTAS SITUACIÓN CON PROYECTO	
			H _{ref} =U _{máx}		H _{ref} =U _{mín}	
			PISTA SECUNDARIA	PISTA PPAL	PISTA SECUNDARIA	PISTA PPAL
			APROX. VISUAL	APROX. DE PRECISIÓN	APROX. VISUAL	APROX. DE PRECISIÓN
			NÚMERO CLAVE	NÚMERO CLAVE	NÚMERO CLAVE	NÚMERO CLAVE
			3	4	3	4
	LONG PISTA		2500	2500	2500	2500
	PEND. PISTA		0,65	0,65	0,65	0,65
	ALTURA REFERENCIA		522,46	523,39	506,17	507,21
	UMBRAL MIN (U27)		506,17	507,21	506,17	507,21
	UMBRAL MAX (U09)		522,46	523,39	522,46	523,39
	ALTURA 1800 desde U_{mín}			518,86		518,86
1	CÓNICA (SC)					
	Pendiente	%	5%	5%	5%	5%
	Altura	m	75	100	75	100
	Cota final según H _{ref}	m	642,46	668,39	626,17	621,21
	Ancho desde SHI	m	2000	2000	2000	2000
	Ancho total	m	6000	6000	6000	6000
2	HORIZONTAL INTERNA (SHI)					
	Altura (desde menor umbral)	m	45	45	45	45
	Radio	m	4000	4000	4000	4000
	Cota SHI según H _{ref}		567,46	568,39	567,46	552,21
3	APROXIMACIÓN INTERNA (SAI)					
	Anchura	m		120		120
	Distancia desde umbral	m		60		60
	Longitud	m		900		900
	Pendiente	%		2%		2%
	Altura desde umbral	m		18		18
	Cota final U _{mín}			525,21		525,21
4	APROXIMACIÓN (SA)					
	Long. borde interior	m	150	300	150	300
	Distancia desde umbral	m	60	60	60	60
	Divergencia (c/lado)	%	10%	15%	10%	15%

N°	SUPERFICIES Y DIMENSIONES	UN	CLASIFICACIÓN PISTAS		CLASIFICACIÓN PISTAS	
			SITUACIÓN CON PROYECTO		SITUACIÓN CON PROYECTO	
			Href=Umáx		Href=Umin	
			PISTA SECUNDARIA	PISTA PPAL	PISTA SECUNDARIA	PISTA PPAL
			APROX. VISUAL	APROX. DE PRECISIÓN	APROX. VISUAL	APROX. DE PRECISIÓN
			NÚMERO CLAVE	NÚMERO CLAVE	NÚMERO CLAVE	NÚMERO CLAVE
			3	4	3	4
4.1	1ra sección					
	Longitud	m	3000	3000	3000	3000
	Pendiente	%	3,33%	2%	3,33%	2%
	Alto (desde c/umbral)	m	99,9	60	99,9	60
	Cota final Umin	m	606,07	567,21	606,07	567,21
	Cota final Umáx	m	622,36	583,39	622,36	583,39
	Ancho c/lado	m	300	450	300	450
	Ancho total	m	750	1200	750	1200
	Largo intersec. SHI Umin Href	m	1840,54	3047,2	1351,35	2250
	Largo intersec. SHI Umáx Href	m	1351,35	2250,0	862,162	1441
4.2	2da sección					
	Longitud	m		3600		3600
	Pendiente	%		2,5%		2,5%
	Alto relativo	m		90		90
	Alto total	m		150		150
	Cota final Umin	m		657,21		657,21
	Cota final Umáx	m		673,39		673,39
	Ancho c/lado	m		540		540
	Ancho total	m		2280		2280
4.3	Sección horizontal					
	Longitud	m		8400		8400
	Longitud total	%		15000		15000
	Ancho c/lado	m		1260		1260
	Ancho total	m		4800		4800
	Alto total (desde c/umbral)	m		150		150
	Cota final Umin	m		657,21		657,21
	Cota final Umáx	m		673,39		673,39
5	DE TRANSICIÓN (ST)					
	Pendiente	%	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%
	Altura (SHI umbral menor)	m	45	45	45	45
	Ancho máx desde franja para SHI 45	m	314,7	314,7	314,7	314,7
	Distancia por cada 1m que sube	m	7	7	7	7
	Cota final Href Umin, Umáx	m	567,46	568,39	551,17	552,21
	Ancho final Umin (Href)	m	428,6	427,8	314,7	314,7
	Ancho final Umáx (Href)	m	314,7	314,7	200,8	201,5
6	DE TRANSICIÓN INTERNA (STI)					
	Pendiente	%		33,3%		33,3%
	Alto (hasta SHI)	m		45		45
	Cota final a 1800 (SHI Href)	m		568,39		552,21
	Ancho Umin (SHI Href)	m		183,7		86,5
	Ancho a 1800 de Umin (SHI Href)	m		148,7		135,1
	Ancho SAI Umin (SHI Href)	m		129,7		129,7
7	SUP. ATERR. INTERRUMPIDO (ATI)					
	Long. borde interior	m		120		120
	Distancia desde umbral	m		1800		1800
	Divergencia (c/lado)	%		10%		10%
	Pendiente	%		3,33%		3,33%
	Ancho c/lado (SHI Href con Umin)	m		148,7		100,2
	Ancho total (SHI Href con Umin)	m		417,5		320,3
	Alto (hasta SHI)	m		45		45
	Cota final desde 1800 (SHI Href)	m		568,39		552,21
	Largo desde 1800 Umin (SHI Href)	m		1487,4		1001,5

N°	SUPERFICIES Y DIMENSIONES	UN	CLASIFICACIÓN PISTAS SITUACIÓN CON PROYECTO <i>Href=U_{máx}</i>		CLASIFICACIÓN PISTAS SITUACIÓN CON PROYECTO <i>Href=U_{mín}</i>	
			PISTA SECUNDARIA	PISTA PPAL	PISTA SECUNDARIA	PISTA PPAL
			APROX. VISUAL	APROX. DE PRECISIÓN	APROX. VISUAL	APROX. DE PRECISIÓN
			NÚMERO CLAVE	NÚMERO CLAVE	NÚMERO CLAVE	NÚMERO CLAVE
			3	4	3	4
8	ASCENSO EN DESPEGUE (SAD)					
	Long. borde interior	m	180	180	180	180
	Distancia desde umbral	m	60	60	60	60
	Divergencia (c/lado)	%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%
	Ancho c/lado	m	510	810	510	810
	Anchura final	m	1200	1800	1200	1800
	Largo ensanche c/lado	m	4080	6480	4080	6480
	Largo recto	m	10920	8520	10920	8520
	Longitud total	m	15000	15000	15000	15000
	Pendiente	%	2%	2%	2%	2%
	Alto total (desde c/umbral)	m	300	300	300	300
	Cota final U _{mín}	m	806,17	807,21	806,17	807,21
	Cota final U _{máx}	m	822,46	823,39	822,46	823,39

Fuente: Elaboración Propia

5.5.3 Interferencias con las Superficies Limitadoras de Obstáculos

Una vez definidas las superficies limitadoras de obstáculos se procede a analizar si algún objeto u elemento orográfico intercepta dichas superficies para la pista principal y la pista secundaria, ambas de 2500m.

Para una mejor identificación, será necesario analizar una a una las superficies, comenzando por el entorno cercano, hasta llegar a las extremas, en los radios exteriores.

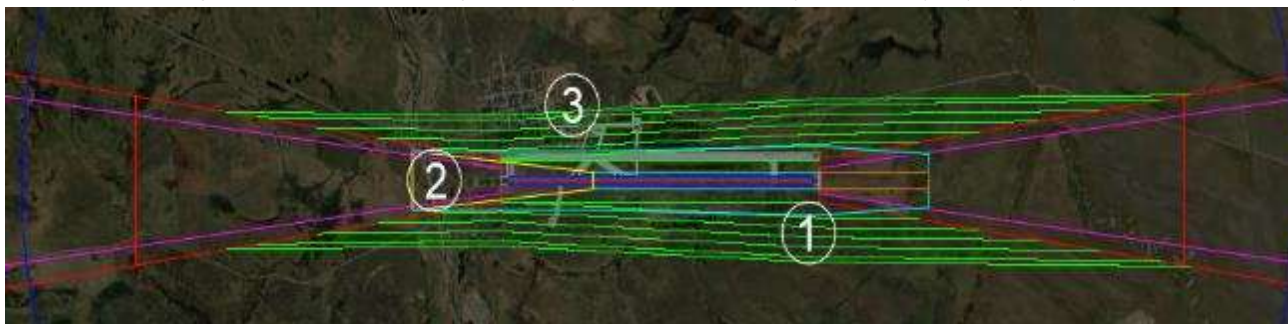
5.5.3.1 ENTORNO CERCANO

El entorno cercano se considerará aproximadamente donde la ST intersecta a la SA, llegando a la SHI. Más allá de esta distancia se considerará un entorno general o global.

5.5.3.1.1 ANALISIS SA, SAD Y ST

Pista Principal

Figura 5.43: Planta con identificación de potenciales obstáculos para SA, SAD y ST pista principal²⁸



Fuente: Elaboración Propia

²⁸ Ver plano SCBA1-22-PI-IA-PG-003

Según se ve, al costado sur-oriente existe una elevación del terreno, que estaría vulnerando la ST (1). Es así como al término actual de pista y su prolongación en 300m al oriente; hacia el umbral 27, el inicio de la ST al borde de franja (150m del eje de pista) la superficie se encuentra por sobre la cota de pista a esta altura y por ende supera la ST en su extensión.

Una segunda situación (2), ocurre en el extremo poniente actual de pista, hacia el umbral 09 y cabe compararla con la situación con proyecto, al trasladar el inicio de pista 301m hacia el oriente. Esta vulneración no se ocasiona por curvas de terreno sino por elementos móviles. Tal como fue indicado en la etapa de diagnóstico, y la de ingeniería básica, la SLO de aproximación o ascenso en el despegue es vulnerada por vehículos que circulan por el camino existente pasado el cerco perimetral situado a 70m aprox. de distancia desde el borde de la franja de pista medida por el eje de la misma.

Finalmente se analiza la potencial interferencia de instalaciones verticales existentes al norte de pista y Alfa (3), incluyendo el análisis de aeronaves en plataforma. Se analiza así:

- a) Torre de control, la que según datos topográficos y planos as built. Para el caso de pista esta instalación se encuentra por debajo de la ST. Esto a pesar que ya fue incluido en el análisis 2B parece apropiado incluirlo nuevamente, aunque las cotas en pista y Alfa frente a la torre de control no varían en este proyecto.
- b) Edificio terminal de pasajeros actual
- c) Aeronave estacionada en plataforma actual en el puesto más desfavorable, siendo esta la posición más cercana al rodaje (más al sur)

Pista Secundaria

Figura 5.44: Planta con identificación de potenciales obstáculos para SA, SAD y ST pista secundaria (Alfa)



Fuente: Elaboración Propia

Para Alfa como pista únicamente se tiene el obstáculo; en el entorno cercano, las instalaciones verticales (3) incluyendo las aeronaves en plataforma. A priori se tiene conocimiento que la torre se encuentra vulnerando la ST, situación que fue evidenciada en planos as built y confirmada con antecedentes topográficos actuales.

Cabe agregar que no existen problemas con el alargue en 300m hacia el oriente en las otras superficies analizadas.

5.5.3.1.2 CONCLUSIONES VULNERACIÓN SA, SAD Y ST

La vulneración, según se muestra en los esquemas anteriores de la situación con proyecto, si bien son similares a los esquemas de la situación actual incluidos en el análisis de la etapa 2B, en el caso con proyecto, se subsana la interferencia de pista hacia el extremo poniente (umbral 09) de la SA y SAD al desplazar el umbral hacia el oriente, en tanto que el tema de la vulneración a la ST se mantiene aún con la extensión de pista.

A pesar de lo último indicado, las interferencias son escasas, gracias a la baja densidad de edificaciones y que estas carezcan de altura. Así mismo, no se presentan árboles de mayor altura en costados o extremos sino por el contrario, en general el terreno mantiene vegetación de baja altura.

Finalmente, la extensión de Alfa no tiene obstrucciones, por lo que su análisis es de zonas existentes que no se modifican en el proyecto actual y se verá vulnerada según se esquematizo anteriormente vulnerando la Superficie de Transición en todos los casos.

5.5.3.2 ENTORNO GENERAL

Este ítem considera un análisis del entorno geográfico, y no puntualmente de las instalaciones o accidentes geográficos en las cercanías de pista. Para ello, se analizan las curvas de nivel en forma macro, con el fin de evaluar si algún elemento se encuentra vulnerando las superficies correspondientes.

5.5.3.2.1 ANALISIS SA, SAD, SHI Y SC

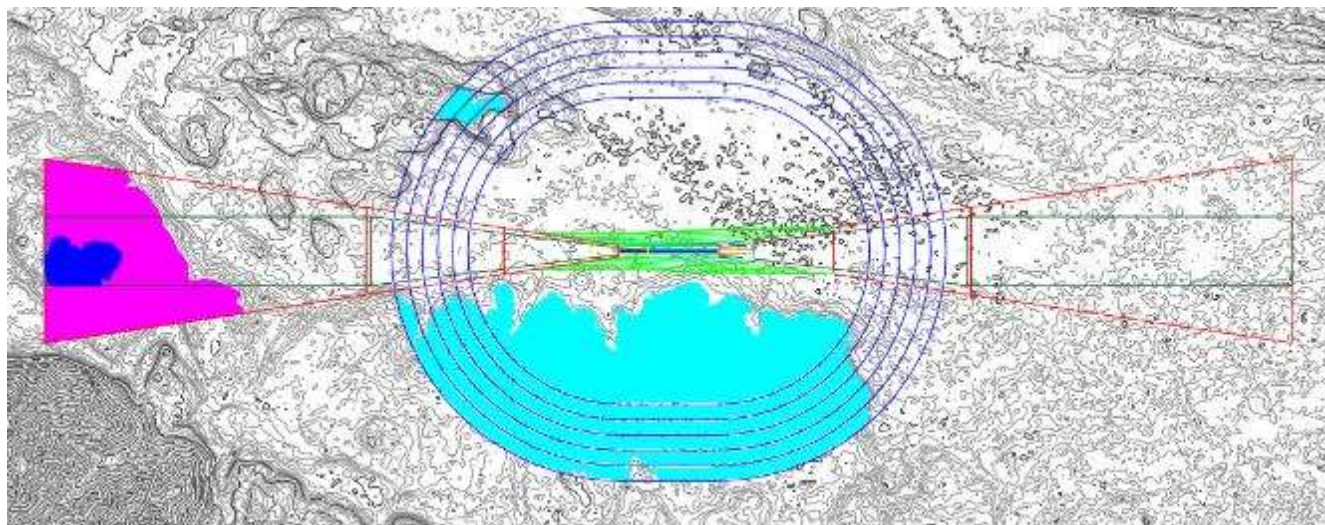
Las dos primeras, tal como se mencionó anteriormente, tienen una longitud de 15.000m desde el borde de franja. Se analizan las zonas extremas de estas figuras.

La SHI se encuentra en un plano horizontal a una altura de 45m sobre la altura de referencia y forma una especie de elipse o círculo sobre el recinto aeroportuario, protegiendo el espacio visual previo al aterrizaje.

Luego la SC nace desde la SHI bordeándola con una cierta inclinación y llegando en este caso a una altura 100m sobre la SHI en pista y 75m sobre la SHI en Alfa como pista.

Pista Principal

Figura 5.45: Potenciales obstáculos para SHI, SC y SA, SAD en partes extremas pista principal ²⁹



Fuente: Elaboración Propia en base a Global Mapper

De la imagen anterior se diferencian 4 colores de curvas de nivel:

- Las curvas de color gris no presentan vulneración a las SLO.

²⁹ Ver plano SCBA1-22-PI-IA-PG-004

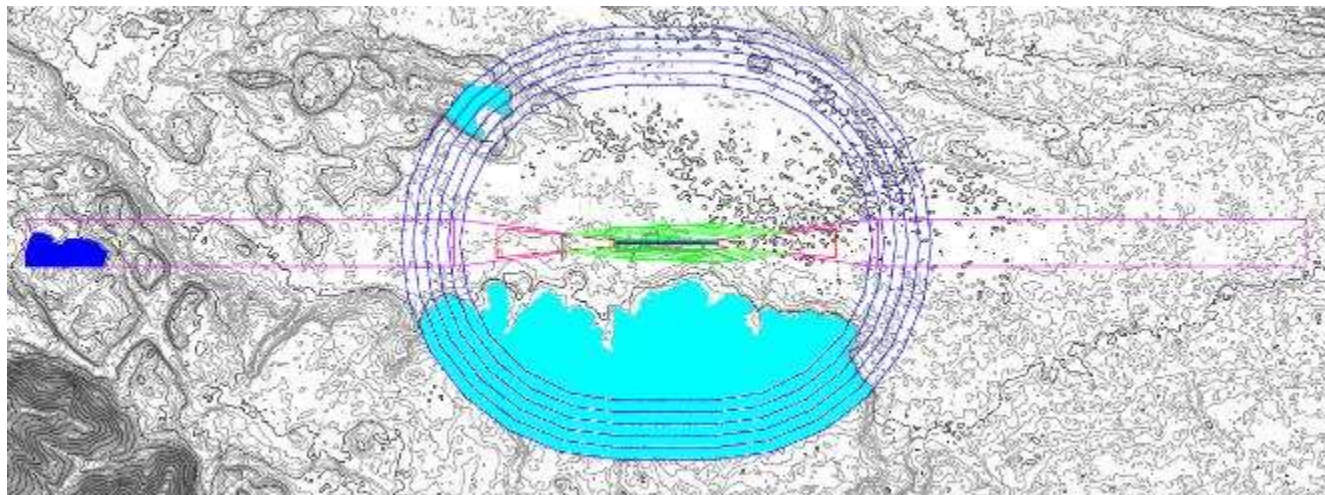
- La zona de color cian representa vulneración ya sea a la SHI y/o a la SC, partiendo desde la cota 570m hasta 680m aprox.
- La zona de color magenta presenta vulneración a la SA en la trayectoria de esta superficie en su parte recta (3er tramo), con cotas desde 680m hasta 810m aprox. La distancia dentro de la que comienza a vulnerar la SA es a 9.830m aprox. desde el inicio de la superficie
- Finalmente, la zona de color azul presenta vulneración a la SAD a partir de la cota 810m hasta la cota 880m aprox. La distancia dentro de la que comienza a vulnerar la SAD es a 12.980m aprox. desde el inicio de la superficie. Obviamente entre estas cotas también es vulnerada la SA en su 3er tramo.

Como puede observarse, y tal como fue mencionado, existe mayor vulneración más allá de la ST en la SHI y SC en el costado sur de pista. Así mismo, en el extremo poniente de la SA y SAD también existen una diferencia de alturas respecto a pista, que involucra interferencia en estas superficies.

Se entiende que, por tratarse de la orografía del terreno, no se contempla modificación y ajuste del terreno para evitar estas vulneraciones.

Pista Secundaria

Figura 5.46: Potenciales obstáculos para SHI, SC y SA, SAD en partes extremas pista secundaria ³⁰



Fuente: Elaboración Propia

Al igual que en el caso anterior, se diferencian las curvas de nivel por color. En este análisis hay 3:

- Las curvas de color gris no presentan vulneración a las SLO
- La zona de color cian representa vulneración ya sea a la SHI y/o a la SC, partiendo desde la cota 570m hasta 680m aprox.
- Finalmente, la zona de color azul presenta vulneración a la SAD a partir de la cota 810m hasta la cota 880m aprox., siendo estas curvas las de mayor altura. La distancia dentro de la que comienza a vulnerar la SAD es a 12.980m aprox. desde el inicio de la superficie

Aquí, por la corta extensión de la SA (únicamente 3000m), no existe vulneración en dicha superficie, por lo que no se contemplan curvas de color magenta como el caso anterior.

³⁰ Ver plano SCBA1-22-RO-IA-PG-004

Al igual que en pista principal, las alturas en el costado sur interfieren con las SHI y/o SC para Alfa como pista y una leve porción de la SAD en el extremo poniente también es vulnerado por la geografía del entorno lejano.

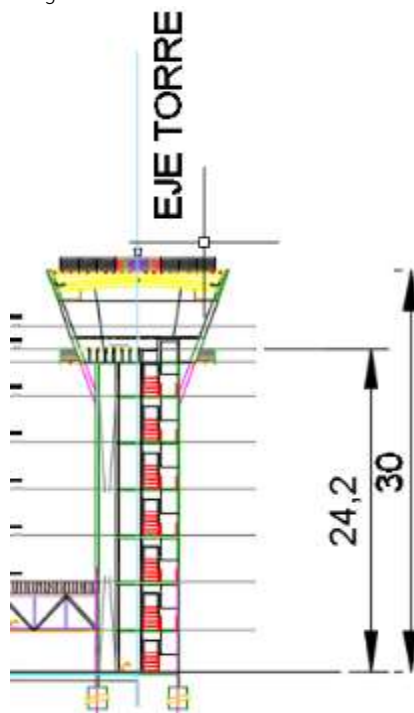
5.5.3.2.2 CONCLUSIONES VULNERACIÓN SA, SAD Y ST

En el entorno macro, no se visualizan grandes diferencias en comparación de la situación con y sin proyecto, por cuanto la extensión al oriente es en 300m, misma distancia que se resta en pista al poniente. Dicha longitud es despreciable cuando se presentan superficies de 15000m de extensión en forma longitudinal y 6000m en forma radial

5.5.4 Verificación Altura Torre de Control

A continuación, se analizarán las condiciones de visibilidad de la torre de control hacia los umbrales 09/27 en la situación actual y en la situación de desplazamiento hacia el oriente, determinando cual será la altura máxima con la cual se cumpla con la normativa vigente.

Figura 5.47: Características TW existente



Fuente: Plano As Built SLO-GENE-PL-03-AB

Donde:

- 516,53m Nivel piso terminado real según topografía actual (NPT_R)
- 24,2m Altura piso de cabina real (HPC_R)
- 25,7m Altura de visualización real en cabina de torre de control (HT_R)
- 30,0m Altura total TW

A continuación, se incluyen los análisis de altura de umbrales.

5.5.4.1 SITUACION ACTUAL

Figura 5.48: Emplazamiento situación actual

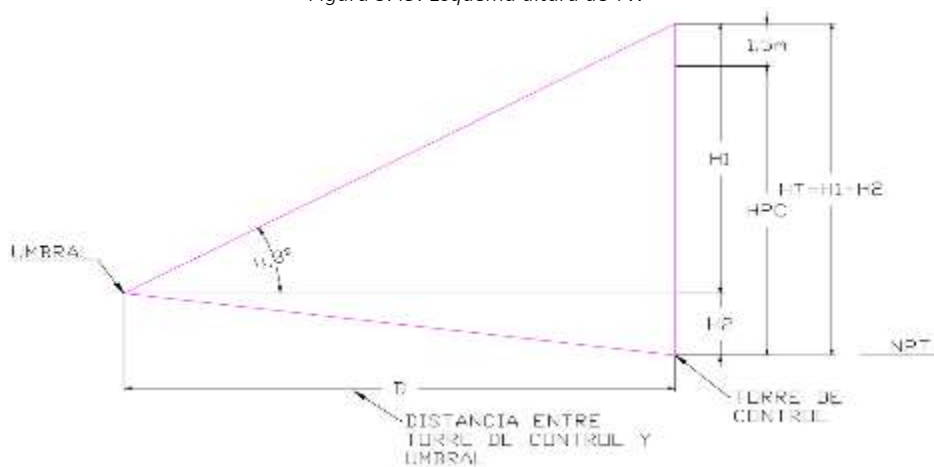


Fuente: Elaboración Propia

5.5.4.1.1 ANALISIS FAA

Considerando como 1ra instancia que se prima no modificar la altura de la torre, se determinará si su altura es suficiente para visualizar ambos umbrales según el ángulo mínimo de incidencia igual a $0,8^\circ$.

Figura 5.49: Esquema altura de TW



Fuente: Elaboración Propia

Donde:

- H1: Altura con ángulo de $0,8^\circ$ desde umbral a elevación de cabina de torre de control
- H2: Diferencia de altura de umbral a base de torre de control (en nivel de terreno) Si TW más arriba H2 es negativo (-)
- HT: Altura de visualización en cabina de torre de control
- HPC: Altura piso de cabina de torre de control (HT-1,5m)

Con todo lo anterior se tienen las siguientes medidas:

Tabla 5.35: Datos y resultados situación actual según FAA

		ALTURA TW		COTA TW	
		m	ft	m	ft
TORRE: ALTURA PISO CABINA REAL	HPC_R	24,20	79,40	540,73	1.774,05
TORRE: ALTURA VISUALIZACIÓN CABINA REAL	HT_R	25,70	84,32	542,23	1.778,97

	DISTANCIA A TORRE		COTA NPT MSNM	
	m	ft	m	ft
TORRE	0	0	516,53	1.694,65
PISTA UMBRAL 09	869,71	2.853,37	525,36	1.723,62
PISTA UMBRAL 27	1.781,81	5.845,84	508,36	1.667,85
ALFA UMBRAL 09	521,45	1.710,80	522,46	1.714,11
ALFA UMBRAL 27	1.749,72	5.740,54	507,02	1.663,45

	UN	H1	H2	HT	HPC (*)	DIFERENCIA HPC _R -HPC
ALTURAS RESPECTO PISTA UMBRAL 09	m	12,14	8,83	20,97	19,47	-4,73
	ft	39,84	28,97	68,81	63,89	-15,50
ALTURAS RESPECTO PISTA UMBRAL 27	m	24,88	-8,17	16,71	15,21	-8,99
	ft	81,63	-26,80	54,82	49,90	-29,49
ALTURAS RESPECTO ALFA UMBRAL 09	m	7,28	5,93	13,21	11,71	-12,49
	ft	23,89	19,46	43,34	38,42	-40,97
ALTURAS RESPECTO ALFA UMBRAL 27	m	24,43	-9,51	14,92	13,42	-10,78
	ft	80,16	-31,20	48,96	44,04	-35,36

(*) HPC: Altura mínima de piso de cabina para visualizar el umbral según ángulo de visualización. Si es menor a la altura del piso de cabina real, no existe inconveniente de visualización.

De lo anterior se tiene que ambos umbrales son visualizados sin dificultad tanto para Pista como para Alfa, y la altura de la torre supera en 5m aprox. su altura mínima, en este caso para visualizar el umbral 09 de pista.

5.5.4.1.2 ANALISIS DAN 14-154

Utilizando los datos anteriores de distancia a torre y cotas de umbrales y torre, y con las fórmulas indicadas s continuación se obtiene:

$$H_0 = H_c - (P_e - T_e),$$

donde:

H_0 es la altura de observación en el interior de la TWR;
 H_c es el valor de 1,5m referente a altura de los ojos del ATCO en relación a la base de la cabina de la TWR;
 P_e es la elevación del suelo en el punto crítico en relación al nivel medio del mar; y T_e es la elevación del suelo en la TWR en relación al nivel medio del mar.

$$LOS = \text{Arc Tang} (H_0 / D), \text{ donde:}$$

LOS es el ángulo de línea de visión;
 H_0 es la altura de observación en el interior de la TWR; y
D es la distancia de la TWR hasta el punto crítico.

Tabla 5.36: Datos y resultados situación actual según DAN 14-154

(medidas en metros)	Hc	Pe	Te	Ho	D	LOS (°)
PISTA UMBRAL 09	1,50	525,36	540,73	16,87	869,71	1,11
PISTA UMBRAL 27	1,50	508,36	540,73	33,87	1781,81	1,09
ALFA UMBRAL 09	1,50	522,46	540,73	19,77	521,45	2,17
ALFA UMBRAL 27	1,50	507,02	540,73	35,21	1749,72	1,15

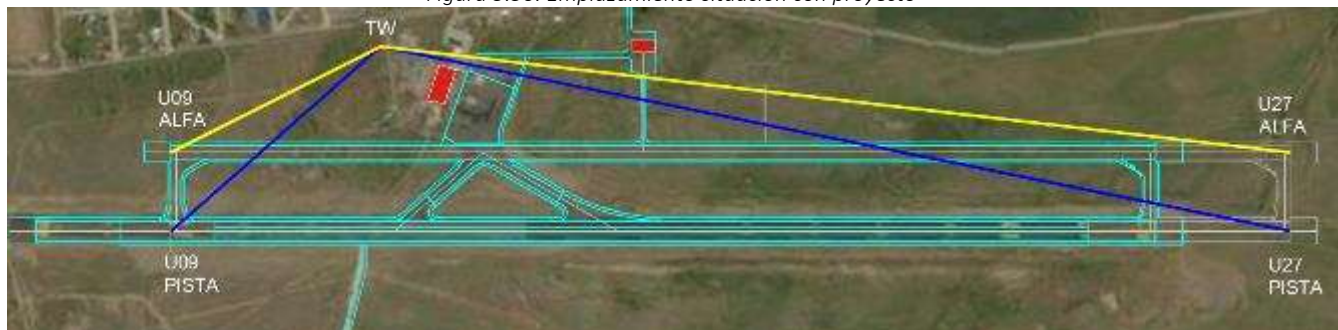
Con ello se concluye que la altura de la torre cuenta con una altura suficiente para que el observador tenga visibilidad en ambos umbrales.

5.5.4.2 SITUACION CON PROYECTO

En este caso se analiza la altura de la torre para el umbral poniente considerando la cota que la pista posee a la altura del inicio del rodaje Alfa; siendo esta la nueva ubicación del umbral 09. Teniendo con ello; tanto pista como Alfa, igual punto de partida. Así mismo, se verifica si las nuevas alturas de los umbrales 27 a 300m de los actuales son visualizados sin problemas en la cabina de la torre.

La figura siguiente muestra la situación con proyecto, ampliando al oriente en 300m, quedando ambas pistas de 2500m:

Figura 5.50: Emplazamiento situación con proyecto



Fuente: Elaboración Propia

5.5.4.2.1 ANALISIS FAA

Se tendrán las siguientes medidas:

Tabla 5.37: Datos y resultados situación con proyecto según FAA

		ALTURA TW		COTA TW	
		m	ft	m	ft
TORRE: ALTURA PISO CABINA REAL	HPC_R	24,20	79,40	540,73	1.774,05
TORRE: ALTURA VISUALIZACIÓN CABINA REAL	HT_R	25,70	84,32	542,23	1.778,97

	DISTANCIA A TORRE		COTA NPT MSNM	
	m	ft	m	ft
TORRE	0	0	516,53	1.694,65
PISTA UMBRAL 09	620,69	2.036,38	523,39	1.717,16
PISTA UMBRAL 27	2.074,91	6.807,45	507,21	1.664,07
ALFA UMBRAL 09	521,45	1.710,80	522,46	1.714,11
ALFA UMBRAL 27	2.047,42	6.717,24	506,17	1.660,66

	UN	H1	H2	HT	HPC (*)	DIFERENCIA $HPC_R - HPC$
ALTURAS RESPECTO PISTA UMBRAL 09	m	8,67	6,86	15,53	14,03	-10,17
	ft	28,44	22,51	50,94	46,02	-33,38
ALTURAS RESPECTO PISTA UMBRAL 27	m	28,97	-9,32	19,65	18,15	-6,05
	ft	95,06	-30,58	64,48	59,56	-19,84
ALTURAS RESPECTO ALFA UMBRAL 09	m	7,28	5,93	13,21	11,71	-12,49
	ft	23,89	19,46	43,34	38,42	-40,97
ALTURAS RESPECTO ALFA UMBRAL 27	m	28,59	-10,36	18,23	16,73	-7,47
	ft	93,80	-33,99	59,81	54,89	-24,51

(*) HPC: Altura mínima de piso de cabina para visualizar el umbral según ángulo de visualización. Si es menor a la altura del piso de cabina real, no existe inconveniente de visualización.

De lo anterior se tiene que ambos umbrales son visualizados sin dificultad tanto para Pista como para Alfa, y la altura de la torre supera en 6m aprox. su altura mínima, en este caso para visualizar el umbral 27 de pista.

Este resultado es coincidente el análisis de la etapa anterior, donde se indicaba que considerando un desplazamiento de 300m al oriente las cotas en el umbral 27 de pista y Alfa, no debería superar los 514m aprox. Sin embargo, considerando que actualmente ambas secciones tienen una pendiente descendente al oriente con cotas que rondan los 507m en el actual umbral 27 era de toda lógica que la extensión continuara con una pendiente negativa disminuyendo la altura de la cota, con lo que la torre tendría una visualización correcta hacia este extremo de pista.

5.5.4.2.2 ANÁLISIS DAN 14-154

Utilizando los datos anteriores de distancia a torre y cotas de umbrales (existentes para lado poniente y nuevo para lado oriente) y torre, y con las fórmulas indicadas a continuación se obtiene:

$$H_o = H_c - (P_e - T_e),$$

donde:

H_o es la altura de observación en el interior de la TWR;
 H_c es el valor de 1,5m referente a altura de los ojos del ATCO en relación a la base de la cabina de la TWR;
 P_e es la elevación del suelo en el punto crítico en relación al nivel medio del mar; e T_e es la elevación del suelo en la TWR en relación al nivel medio del mar.

$$LOS = \text{Arc Tang} (H_o / D), \text{ donde:}$$

LOS es el ángulo de línea de visión;
 H_o es la altura de observación en el interior de la TWR; y
 D es la distancia de la TWR hasta el punto crítico.

Tabla 5.38: Datos y resultados situación con proyecto según DAN 14-154

(medidas en metros)	Hc	Pe	Te	Ho	D	LOS (°)
PISTA UMBRAL 09	1,50	523,39	540,73	18,84	620,69	1,74
PISTA UMBRAL 27	1,50	507,21	540,73	35,02	2074,91	0,97
ALFA UMBRAL 09	1,50	522,46	540,73	19,77	521,45	2,17
ALFA UMBRAL 27	1,50	506,17	540,73	36,06	2047,42	1,01

Con ello se concluye que la torre cuenta con una altura suficiente para que el observador tenga visibilidad en los umbrales existentes poniente y nuevos umbrales en extensión de 300m al oriente, donde el ángulo es superior al requerimiento FAA de 0,8°.

5.6 ESPECIALIDAD DE HIDROLOGÍA Y DRENAJES - HI

5.6.1 Criterios de Diseño

5.6.1.1 PERÍODO DE RETORNO

El diseño de las obras asociadas a la captación y conducción de aguas lluvias consideran un periodo de retorno de 5 años según las recomendaciones entregadas en el AC-150-5320-5D-AIR-DRAINAGE-DESIGN-FAA-US-DT en el punto 2-2.4.2.

5.6.1.2 PRECIPITACIÓN DE DISEÑO

La precipitación de diseño con duración de 24 horas y período de retorno de 10 años es determinada en el documento SCBA1-22-GE-HI-IN-001 correspondiente a 63,0 mm.

$$P_{24}^{10} = 63,0 \text{ mm}$$

Como criterio por concepto de cambio climático, se establece un aumento de un 20% en la precipitación de diseño, resultando un valor a utilizar para el dimensionamiento de las obras de 75,6 mm.

5.6.1.3 PRECIPITACIÓN PARA TIEMPO DE CONCENTRACIÓN MENOR A 1 HORA

Para tiempos de concentración menores a 1 hora, la precipitación se estima según la expresión recomendada en el manual de carreteras volumen 3, punto 3.702.405.

$$P_t^T = (0,54 \cdot t^{0,25} - 0,50) \cdot (0,21 \cdot \ln(T) + 0,52) \cdot P_{24}^{10} \cdot CD_1$$

El coeficiente de duración para precipitaciones de 1 hora de duración corresponde a **0,14** correspondiente a la estación meteorológica de Puerto Aysén (por tratarse de la más cercana y representativa del aeródromo de Balmaceda), según tabla 3.702.403.A del manual de carreteras Vol.3.

5.6.1.4 PRECIPITACIÓN PARA TIEMPO DE CONCENTRACIÓN SUPERIOR O IGUAL A 1 HORA

Para la estimación de la precipitación de diseño, para tiempos de concentración que sean superiores a una hora, se utiliza la siguiente expresión, la cual es mostrada en el Manual de carreteras, volumen 3, punto 3.702.404. El uso de valor de K es válido para la zona centro y sur de Chile.

$$P_t^T = K \cdot CD_t \cdot CF^T \cdot P_{24}^{10}$$

5.6.1.5 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración de la cuenca se determina en base a la expresión indicada en el Manual de Carreteras Volumen 3 – Tabla 3.702.501.B de la Federal Aviation Agency (1970). El tiempo de concentración mínimo considerado corresponde a 5 minutos según AC 150/5320-5D punto 6-2.4.2.

$$t_c = \frac{3,26(1,1 - C)L^{0,5}}{(100S)^{0,33}}$$

El cálculo del tiempo de concentración corresponde a la suma del tiempo de concentración en la cuenca más el tiempo que demora el flujo en escurrir por las tuberías o canales.

La determinación del tiempo de entrada T_e coincide con el tiempo de concentración t_c al inicio del sistema. En los tramos entubados o en canal, el tiempo de concentración será la suma del tiempo de entrada más el tiempo del flujo (t_f).

El tiempo de flujo corresponde a la razón entre la velocidad del flujo y la longitud del canal o ducto.

5.6.1.6 INTENSIDAD

La intensidad de la precipitación se define como la razón entre la precipitación caída y el tiempo de concentración de la cuenca (t_c), según se indica en el Manual de carreteras. Volumen 3, punto 3.702.405.

$$I = \frac{P_t^T}{t_c} \left(\frac{mm}{h} \right)$$

5.6.1.7 COEFICIENTE ESCORRENTÍA

Para el presente proyecto se utilizan los coeficientes de escorrentía Manual de carreteras punto 3.702.503.

5.6.1.8 CAUDAL DE DISEÑO

El caudal de diseño se calcula mediante el método racional, utilizado en cuencas urbanas pequeñas. Expresión que se muestra a continuación. (Acápites 2-3.2.1 AC 150/5320-5D, Air Drainage Design).

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3600}$$

5.6.1.9 CANALES

El diseño de los canales artificiales, así como la verificación de los canales existentes, tienen en consideración los criterios que se señalan a continuación.

5.6.1.9.1 ALTURA NORMAL DE ESCURRIMIENTO

La determinación de la altura de escurrimiento normal de los canales proyectados se basa en la ecuación de Manning, que se muestra a continuación, la cual asume un escurrimiento en régimen uniforme, en donde la pendiente de la línea de energía se homologa a la pendiente longitudinal del canal.

$$Q = \frac{A^{5/3}}{Pm^{2/3}} \cdot \frac{\sqrt{i}}{\eta}$$

5.6.1.9.2 REVANCHA

La revancha corresponde a la altura vertical de seguridad adicional a la altura normal de escurrimiento. Según AC 150/5320-5D, Air Drainage Design en el punto 5-2.4 la revancha mínima corresponde a 15 cm (0,50 ft).

5.6.1.9.3 VELOCIDAD MÁXIMA

La velocidad máxima se determina según las recomendaciones del manual de carreteras volumen 3 tabla 3.705.301.A correspondiendo a 1,20 m/s para limo a ripio y el escurrimiento de agua clara, sin partículas coloidales.

5.6.1.10 SUMIDEROS TIPO CATCH BASIN

Los sumideros corresponden a obras de hormigón que disponen de una rejilla en la parte superior, la cual permite el ingreso del escurrimiento superficial. El proyecto considera el uso de sumideros tipo “catch basin” recomendados EN AC 150/5320-5D, Air Drainage Design en el punto 7-2.1 Estos cuentan en la base con un desnivel que permite atrapar elementos pesados y sedimentos, evitando su ingreso a la línea de aguas lluvias. Además, estos sumideros permiten operar como cámaras de inspección

5.6.1.10.1 CAUDAL CAPTADO

Con el fin de captar todo el caudal proveniente del cauce, según AC 150/5320 en el punto 3-5.7.1.8 recomienda disponer de un pequeño muro aguas abajo del sumidero, con lo cual se genera una altura de carga suficiente, que asegure el ingreso del caudal de diseño a través de la rejilla. Desde el punto de vista hidráulico, el sumidero deja de funcionar como vertedero, actuando como un orificio con carga.

Para determinar la carga hidráulica, se utiliza el gráfico N°9. Los datos de entrada utilizados son el caudal de diseño (Q) y el perímetro de la rejilla (P), con estos datos se determina la altura de agua (d).

5.6.1.11 TUBERÍAS CONDUCCIÓN GRAVITACIONAL

La altura normal se determina según lo indicado en el punto 5.6.1.9.1. La rugosidad de Manning para tuberías de HDPE lisas interiormente, se recomienda en 0,010, no obstante, considerando el aumento de rugosidad producto del desgaste, se utiliza un valor de 0,011.

La relación H/D en las tuberías de conducción de aguas lluvias, posterior a su salida desde los sumideros, se limita a 0,70; aceptándose tramos con relación hasta 0,8 debido a la eventualidad del uso de los ductos.

La velocidad mínima de escurrimiento a boca llena corresponde a 0,60 m/s, de tal forma de asegurar el arrastre de sólidos, según Manual de Drenaje Urbano.

5.6.2 Memoria de Cálculo

5.6.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El sistema de aguas lluvias proyectado considera la distribución que se explica a continuación:

- Se considera la captación de las aguas pluviales que precipitan sobre los sectores del área de movimiento y cuencas asociadas mediante sumideros tipo Catch basin, ubicados en los puntos bajos nivelados del terreno.
- Las aguas escurren de manera gravitacional desde la infraestructura horizontal y terreno en el área de movimiento hacia los sumideros, donde son captadas y conducidas mediante tuberías estructuradas de manera gravitacional hasta disposición en cauce natural fuera del recinto del aeródromo.
- Se proyectan dos drenes principales, los cuales confluyen en un dren que descarga las aguas captadas hacia canal existente en sector noreste del aeródromo de acuerdo a los planos presentados por la especialidad, permitiendo mantener el área de movimiento libre de acumulaciones de aguas lluvias.

Figura 5-51: Emplazamiento general aeródromo Balmaceda



Fuente: Elaboración propia

5.6.2.2 ÁREAS APORTANTES

En la siguiente tabla se presentan las superficies de las áreas aportantes de precipitación para el cálculo de caudales utilizados para el dimensionamiento del sistema de drenajes proyectado en el aeródromo. Se identifican las superficies pavimentadas y de terreno natural. La disposición de las áreas aportantes se presenta en los planos del proyecto.

Tabla 5.39: Superficies de áreas aportantes

Áreas aportantes	Superficie total (m ²)	Superficie pavimento (m ²)	Superficie natural (m ²)
A 1	94.832	17.056	77.776
A 2	103.400	38.610	64.790
A 3	43.490	23.870	19.620
A 4	37.725	18.475	19.250
A 5	29.730	10.055	19.675
A 6	168.750	54.025	114.725
A 7	34.412	13.542	20.870
A 8	20.420	11.880	8.540
A 9	295.805	39.200	256.605
A 10	217.035	40.950	176.085
A 11	159.000	18.620	140.380
A 12	17.865	2.150	15.715
A 13	15.385	1.032	14.353
A 14	209.149	3.000	206.149
A 15	84.391	0	84.391
A 16	15.675	0	15.675
A 17	102.283	17.895	84.388
A 18	42.544	18.752	23.792
A 19	51.200	9.989	41.211
A 20	95.255	21.728	73.527
A 21	36.409	7.172	29.237
A 22	112.412	45.534	66.878
A 23	51.771	0	51.771
A 24	88.209	0	88.209
A 25	76.410	0	76.410
A 26	4.423	0	4.423
A 27	182.668	3000	179.668
A 28	67.442	1800	65.642
A 29	121.841	1300	120.541

Fuente: Elaboración propia

5.6.2.3 DISEÑO DE SUMIDEROS

En este punto se presenta el diseño hidráulico de los sumideros, estos corresponden a las obras de captación de las aguas superficiales, permitiendo su ingreso al sistema de conducción mediante tuberías enterradas. Se proyectan en hormigón armado, de forma cuadrada, disponiendo de una rejilla metálica en la parte superior (con dimensiones de 1,2x1,0 m compuesta por dos rejillas de 0,6 x 1,0 m recomendadas en el manual de carreteras volumen 4), la cual permite el ingreso de las aguas, controlando el ingreso de sólidos de mayor tamaño, que pudieran obstruir la red de conducción. Para mejorar la capacidad de captación, se disponen de losas perimetrales, con una pendiente de 10% orientada hacia la rejilla, además se evita la erosión que se puede generar en el perímetro de la estructura. Por último, los sumideros cuentan en su parte inferior con un espacio de 70 cm destinado a la acumulación de sólidos que hayan pasado a través de la rejilla.

Para determinar el caudal que captará cada sumidero se define la longitud del recorrido por donde se conducirá el flujo del agua en la cuenca del área aportante de acuerdo con la nivelación del terreno del área de movimiento. Las longitudes consideradas corresponden a la mayor distancia que tienen que recorrer las aguas en dirección a los puntos bajos y posteriormente a los sumideros.

Se presenta a continuación el cálculo para el sumidero más desfavorable, es decir, el sumidero que recibirá el mayor caudal, entendiéndose que todos los otros sumideros podrán captar caudales menores al máximo determinado.

Se dispone de una longitud de cuenca de 60m y longitud de canal de 241m; áreas aportantes de 65.265 m² de terreno natural y 10.800 m² de superficie de pavimento. De acuerdo con estos parámetros, se determina un caudal máximo de 183.9 l/s que deberá captar el sumidero.

La siguiente tabla presenta el máximo caudal a captar por los sumideros, así como las dimensiones de la rejilla considerada. Esta rejilla corresponde al tipo 6-18-R recomendada en el manual de carreteras volumen 4, de la cual se disponen dos por sumidero.

Tabla 5.40: Caudales de sumidero

Q (l/s)	Q (m ³ /s)	Q (ft ³ /s)	W (m)	L (m)	P (m)	P (ft)	d (ft)	d (m)
183,93	0,18	6,5	1	1,2	3,2	10,5	0,37	0,113

Fuente: Elaboración propia

Las alturas de cota de terreno, entrada, salida y altura de los sumideros se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5.41: Sumideros proyectados

Sumideros	CT	CRe	CRs	H (m)
S-1	521,59		519,71	1,88
S-2	520,08	518,96	518,78	1,30
S-3	519,25	517,94	517,94	1,31
S-4	518,36	517,07	517,07	1,29
S-5	517,55	516,38	516,38	1,17
S-3.1	516,06		514,56	1,50
S-6	515,63	514,25	514,25	1,38
S-6.1	514,97		514,49	0,48
S-7	514,80	513,41	513,41	1,39
S-8	512,81	511,23	511,05	1,76
S-9	511,63	510,10	510,10	1,53
S-10	510,52	508,99	508,99	1,53
S-11	509,61	507,93	507,78	1,83
S-12	508,92	507,12	507,12	1,80
S-13	508,27	506,46	506,46	1,81
S-14	507,59	505,80	505,80	1,79
S-15	507,00	505,28	505,28	1,72
S-16	506,56	504,98	504,98	1,58
S-17	506,09	504,28	504,28	1,81
S-19	505,42	503,69	503,69	1,73
S-20	505,37	503,29	503,29	2,08
S-21	522,54		521,50	1,04
S-22	521,94	520,69	520,51	1,43
S-23	521,28	519,69	519,69	1,59
S-24	520,68	518,87	518,87	1,81
S-25	520,09	518,05	518,05	2,04
S-26	519,64	517,42	517,42	2,22
S-27	519,01	516,78	516,78	2,23
S-28	518,54	516,37	516,37	2,17
S-29	517,67	515,56	515,56	2,11
S-30	516,76	514,74	514,74	2,02
S-31	515,86	513,92	513,92	1,94
S-32	514,90	513,00	513,00	1,90
S-33	513,98	512,09	512,87	1,11
S-34	512,83	510,65	510,65	2,18
S-35	511,67	509,43	509,43	2,24
S-36	510,81	508,65	508,65	2,16
S-37	509,99	507,87	507,87	2,12
S-38	509,12	507,09	506,97	2,15
S-39	508,30	506,62	506,62	1,68
S-40	507,77	506,29	506,20	1,57
S-41	507,56	505,64	505,64	1,92
S-42	507,77	506,29	506,20	1,57
S-43	507,44	504,98	504,98	2,46
S-44	507,24	504,65	504,65	2,59
S-45	506,82	504,29	504,27	2,55
S-46	506,22	503,92	503,92	2,30

Fuente: Elaboración propia

5.6.2.4 DISEÑO DE TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN GRAVITACIONAL

Las aguas lluvias que ingresan a través de los sumideros, son conducidas por tuberías de HDPE estructuradas hasta los puntos de descarga. Se identifican tres conducciones principales, con los diámetros, pendientes y longitudes indicados en los planos del proyecto.

Tabla 5.42: Resumen cálculo drenes proyectados

Inicio	Fin	Q (l/s)	Q (m3/s)	i (m/m)	L (m)	η	Di (m)	A (m2)	Pm (m)	h (m)	h/D	U (m/s)	T (m)	U>0,9 m/s
S N°1	C.I N°1	114,3	0,114	0,0024	82,67	0,011	0,45	0,102	0,81	0,28	0,61	1,12	0,44	OK
C.I N°1	C.I N°3	346,9	0,347	0,0037	492	0,011	0,60	0,201	1,15	0,40	0,67	1,73	0,57	OK
C.I N°3	C.I N°4	346,9	0,347	0,0088	121,3	0,011	0,60	0,143	0,95	0,30	0,51	2,42	0,60	OK
C.I N°4	S N°7	507,4	0,507	0,009	52,2	0,011	0,60	0,191	1,11	0,38	0,64	2,66	0,58	OK
S N°7	C.I N°5	507,4	0,507	0,006	170,27	0,011	0,60	0,225	1,25	0,45	0,74	2,25	0,52	OK
C.I N°5	S N°8	507,4	0,507	0,01	118,05	0,011	0,60	0,183	1,08	0,37	0,62	2,78	0,58	OK
S N°8	C.I N°6	605,7	0,507	0,006	18,13	0,011	0,75	0,220	1,18	0,37	0,50	2,30	0,75	OK
C.I N°6	S N°9	605,7	0,507	0,0047	109,66	0,011	0,75	0,241	1,23	0,40	0,54	2,10	0,75	OK
S N°9	C.I N°8	695,5	0,696	0,012	31,3	0,011	0,75	0,215	1,16	0,37	0,49	3,23	0,75	OK
C.I N°8	C.I N°9	970,5	0,971	0,0029	917,29	0,011	0,90	0,478	1,79	0,63	0,70	2,03	0,82	OK
C.I N°9	C.I N°10	970,5	0,971	0,004	85,51	0,011	0,83	0,426	1,71	0,61	0,73	2,28	0,74	OK
C.I N°10	S N°20	1149,8	1,150	0,003	73,25	0,011	1,00	0,531	1,86	0,64	0,64	2,16	0,96	OK
S N°20	C.I N°17	1149,8	1,150	0,003	74,8	0,011	1,00	0,531	1,86	0,64	0,64	2,16	0,96	OK
S N°21	S N°27	539,0	0,539	0,009	467,3	0,011	0,60	0,200	1,15	0,40	0,67	2,69	0,57	OK
S N°27	S N°28	539,0	0,539	0,009	45	0,011	0,60	0,200	1,15	0,40	0,67	2,69	0,57	OK
S N°28	S N°40	837,8	0,838	0,003	1287,4	0,011	0,90	0,419	1,64	0,56	0,63	2,00	0,87	OK
C.I N°13	S N°40	359,1	0,359	0,004	69,91	0,011	0,75	0,198	1,12	0,34	0,46	1,81	0,75	OK
S N°40	C.I N°17	1421,8	1,422	0,0027	613,34	0,011	1,20	0,644	2,02	0,67	0,55	2,21	1,19	OK
C.I N°17	DES1	1285,8	1,286	0,0024	81,9	0,011	1,00	0,641	2,12	0,76	0,76	2,01	0,85	OK

Fuente: Elaboración propia

En donde:

DN: Diámetro nominal (interior) de la tubería en mm.

L: Largo del tramo de la tubería en m.

i: Pendiente longitudinal de la tubería en m/m.

v: Velocidad del flujo en m/s.

h/D: Relación altura de agua-diámetro.

Q: Caudal de diseño en l/s.

De la información anteriormente expuesta, se concluye que el sistema de drenes proyectados para captar y conducir las aguas pluviales del área de movimiento hacia el canal existente del sector cumple con los requerimientos hidráulicos establecidos, tales como:

- Velocidad máxima del flujo en las tuberías con un valor de 3,23 m/s, velocidad admisible para flujo en tuberías HDPE para uso eventual.
- Relación altura de agua y diámetro de tubería (h/D) es menor a 0,8; siendo la máxima de 0,76.

5.6.2.5 CÁMARAS DE INSPECCIÓN

Para la inspección y mantención de las tuberías proyectadas, se dispone de cámaras de inspección, materializadas en módulos prefabricados de hormigón y elementos asociados indicados en las especificaciones técnicas de la especialidad. En la siguiente tabla, se resumen las principales propiedades de las cámaras de inspección proyectadas

Tabla 5.43: Cámaras de inspección proyectadas

C.I	CT	CR _e	CR _s	TIPO	H
	msnm	msnm	msnm		m
CI-1	521,51	519,51	519,49	a	2,02
CI-2	521,51	519,39	519,37	a	2,14
CI-3	517,50	515,81	515,79	b	1,71
CI-4	516,07	514,73	514,71	b	1,36
CI-5	513,30	512,45	513,43	b	0,87
CI-6	512,75	510,94	510,92	b	1,83
CI-7	512,35	510,78	510,76	b	1,59
CI-8	511,50	509,69	509,67	b	1,83
CI-9	506,56	504,69	504,67	b	1,89
CI-10	506,41	504,36	504,30	b	2,11
CI-11	506,00	504,16	504,09	b	1,91
CI-13	508,17	506,49	506,49	b	1,68
CI-15	506,16	503,79	503,77	b	2,39
CI-16	506,31	503,39	503,37	a	2,94
CI-17	504,95	503,11	503,09	b	1,86
CI-18	504,74	502,83	502,81	b	1,93
CI-19	504,03	502,50	502,48	b	1,55
CI-20	503,69	502,16	502,14	b	1,55
CI-21	504,36	503,32	503,27	b	1,09

Fuente: Elaboración propia

5.6.2.6 CANALES

Se considera el reperfilado de los canales existentes en el área de movimiento del aeródromo, se verifica la capacidad de porteo de los canales con las nuevas dimensiones indicadas en la siguiente tabla y los planos del proyecto. Para el proyecto se consideran canales trapeziales sin revestir, con pendiente longitudinal media y taludes de acuerdo a las condiciones existentes y proyectadas del terreno natural.

5.6.2.7 POZO DE INFILTRACIÓN

El volumen requerido del pozo de infiltración se estima considerando un tiempo de 24 horas de duración de la tormenta de diseño. Debido a la falta de información de ensayos porchet de la mecánica de suelos en el área donde se debe proyectar el pozo de infiltración, se determina un coeficiente de infiltración conservador, correspondiendo a un valor de 50 mm/hr. El pozo recibe las aguas pluviales recolectadas por el sumidero S N°3-1 ubicado al suroeste de la plataforma comercial.

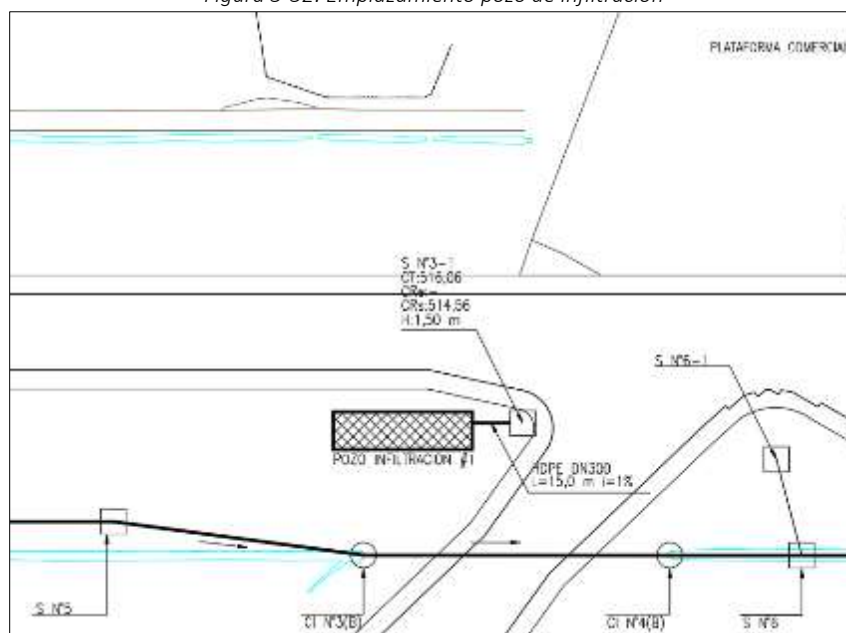
En base a lo anteriormente expuesto, se determina el volumen requerido del pozo para infiltrar las aguas lluvias. El resumen del volumen y dimensiones del pozo de infiltración se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 5.44: Dimensiones pozo de infiltración

Dimensiones pozo de infiltración				
L	40,0	m	Largo pozo	
b	10,0	m	Ancho pozo	
h	2,0	m	Altura pozo poco profundo (2m a 6 m)	
A _{perc}	600,0	m ²	Área de percolación del pozo	
V	800,0	m ³	Volumen total del pozo	

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-52: Emplazamiento pozo de infiltración



Fuente: Elaboración propia

5.6.3 Especificaciones Técnicas

Las especificaciones contemplan la descripción de las siguientes partidas:

- Excavaciones para drenajes y estructuras asociadas
- Relleno en zanja para tuberías
- Hormigón
- Tuberías
- Sumideros
- Cámaras de Inspección
- Rejillas para sumideros
- Muros ala
- Excavaciones abiertas
- Canales sin revestir
- Pozo de infiltración

5.7 INFORME DE EXPROPIACIONES - EX

El presente documento corresponde al Informe Prepericial de los terrenos necesarios para dar cabida y cumplimiento a la “Normalización área de Movimiento Aeródromo Balmaceda”, encargado por la Dirección Nacional de Aeropuertos del Ministerio de Obras Públicas.

En dicho Estudio se efectúa un análisis de las áreas que se requieren para dar cumplimiento al proyecto de normalización, determinando las áreas de terrenos necesarios, su estado desde el punto de vista legal, los costos de expropiación asociados a ésta, indemnizaciones y compensaciones que ello significa.

5.7.1 Objetivos

El objetivo del Estudio Prepericial es obtener la cuantificación y valorización de los montos que deberán pagarse por el fisco por concepto de expropiación e indemnizaciones que se deban realizarse para adquirir los terrenos privados, necesarios para la ejecución del proyecto.

Por otra parte, también conocer anticipadamente quienes son los propietarios, cual es la situación legal de los títulos de las propiedades a fin de anticipar soluciones a eventuales conflictos o impedimentos.

Como resultado del Estudio Prepericial se obtienen los siguientes productos:

- Para las áreas afectas a expropiación del Estudio, análisis de los valores de mercado.
- Determinación de los montos que se deberán pagar por concepto de expropiación para la adquisición de los terrenos necesarios para la ejecución del proyecto.
- Identificación de cada una de las propiedades afectas.
- Acreditación de los títulos y antecedentes legales para cada propiedad afecta a expropiación.
- Identificación de situaciones complejas que pudieren dar lugar a conflictos.

5.7.2 Recopilación de Información Técnica y Legal para el Estudio

5.7.2.1 ROLES DE AVALUOS

Se ubican las fuentes de información de donde obtener las planchetas con la ubicación de los roles de avalúos, para la búsqueda e identificación de los roles de avalúos involucrados en el área de ampliación del estudio, disponibles en la página web www.sii.cl, corroboradas por la investigación en terreno y entrevistas con propietarios. También de la recopilación de la cartografía existente disponible, información que posteriormente fue chequeada y ratificada mediante la emisión de certificados emitidos por el Servicio de Impuestos Internos (SII), Conservador de Bienes Raíces de Coyhaique.

5.7.2.2 EXISTENCIA DE PLANOS

Para la propiedad estudiada los títulos citan planos de propiedad archivados en los respectivos registros del Conservador de Bienes Raíces de Coyhaique. También forman parte del estudio otros planos que se recopilaron y otros, antecedentes todos que se acompañan en el Volumen Digital Carpeta de Expropiaciones.

5.7.2.3 ANTECEDENTES LEGALES

Todos los antecedentes legales del lote necesario para la ampliación recopilado se acompañan en el Volumen Digital Carpeta de Expropiaciones, cuyo detalle será el siguiente:

- Certificado de Avalúo del SII.
- Detalle del bien Raíz del SII.
- Copia de Inscripción de la Propiedad, Conservador de Bienes Raíces de Coyhaique.
- Certificado de Dominio Vigente de la Propiedad, Conservador de Bienes Raíces de Coyhaique.
- Certificado de Hipotecas. Gravámenes y Litigios, Conservador de Bienes Raíces de Coyhaique.
- Copia Autorizada del Plano de la Propiedad, Conservador de Bienes Raíces de Coyhaique.
- Título anterior de la propiedad.
- Transferencias (Expropiaciones)
- Certificados de Deudas.

5.7.3 Superficie a Explorar

Las áreas comprometidas en el proyecto definen una zona homogénea, ya que en ella están insertas características comunes propias y particulares de ésta. La zona a expropiar se ve coloreada de rojo en la siguiente figura.

Figura 5.53: Terreno propuesto expropiar Lote 1³¹

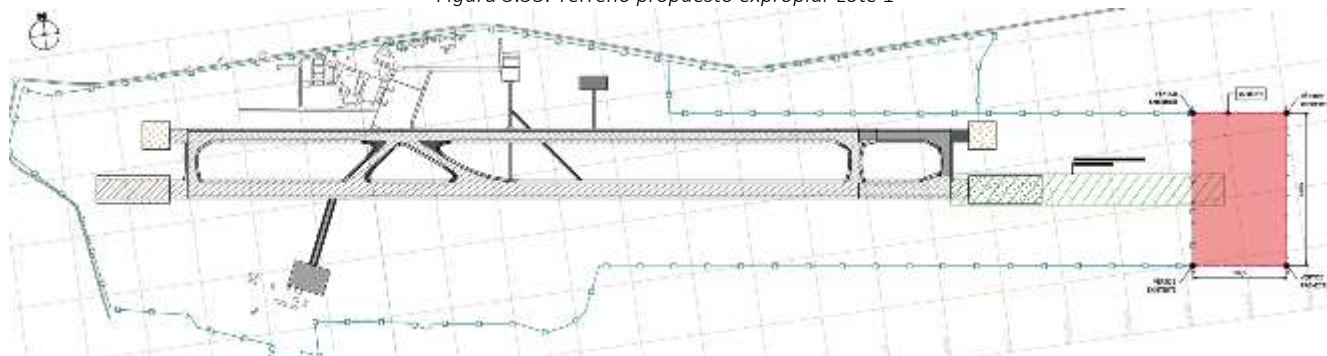


Figura sin escala
Fuente: Elaboración propia del Consultor

5.7.4 Contenidos del Informe Pericial

En esta etapa se efectúa la visita a terreno que permite levantar la zona en estudio y efectuar inventario con la información obtenida. Lo anterior, con el objeto de cuantificar y valorizar la expropiación necesaria para el análisis de evaluación. Con toda la información obtenida, se preparará un informe denominado “Informe Prepericial”, cuyos contenidos son los que a continuación se indican:

5.7.4.1 IDENTIFICACION DEL PROYECTO

Se indica el nombre del proyecto, la etapa de desarrollo en que se encuentra. También se indica la comuna y región, con la debida caracterización del entorno en que se encuentra el terreno que se deberá expropiar.

5.7.4.2 VALORES REFERENCIALES

Se establece unas bases de datos con los valores referenciales obtenidos de sectores de características similares al sector de interés, así también publicaciones de ofertas de venta del mercado de propiedades de la comuna involucrada en el estudio. Se presenta, un cuadro resumen, el cual incluye un croquis en la que indicará de modo esquemático la ubicación de los valores referenciales para zona homogénea.

Tabla 5.45: Base de datos con valores referenciales

Nº	IDENTIFICACIÓN DEL PREDIO O LOTE	TRANSACCIÓN	FECHA	SUP. m2	VALOR EN UF	VALOR UNITARIO (UF/m2)
1	Tasación Lote 1 expropiado al mismo terreno y propietario	Expropiación	11.07.2016	187.200	1866,66	0,00997
2	Lote N° 5 Sector Rio Norte	Promesa de Compraventa	14.01.2022	225.000	1608,93	0,00715
3	Lote B, Sector Lago Castor	Promesa de Compraventa	05.01.2022	5.000	322,43	0,06400
4	Lote 2 Sector Mano Negra	compraventa	17.01.2022	200.000	964,61	0,00482
5	Proyecto Mirador Huemules	Oferta de venta	15.12.2021	5.000	485,25	0,09705

Fuente: Elaboración propia del Consultor

³¹ Mayor detalle ver plano SCBA1-22-GE-EX-PP-001

Por otra parte, también es conveniente considerar el análisis del avalúo fiscal de la propiedad a expropiar, correspondiente al Rol Avalúo 1043-056 que el Servicio de Impuestos Internos la establece en \$462.965.713, valor actualizado a septiembre 2022, por lo que el valor a la misma fecha es de 13.540,89 UF, y su valor unitario es de 0,00118 UF/m². Como ya se ha dicho este valor no corresponde al valor comercial de la propiedad, sino es un valor con fines de aplicar solo la tasa contributiva a los bienes raíces.

Figura 5.54: Emplazamiento de los terrenos de valores referenciales

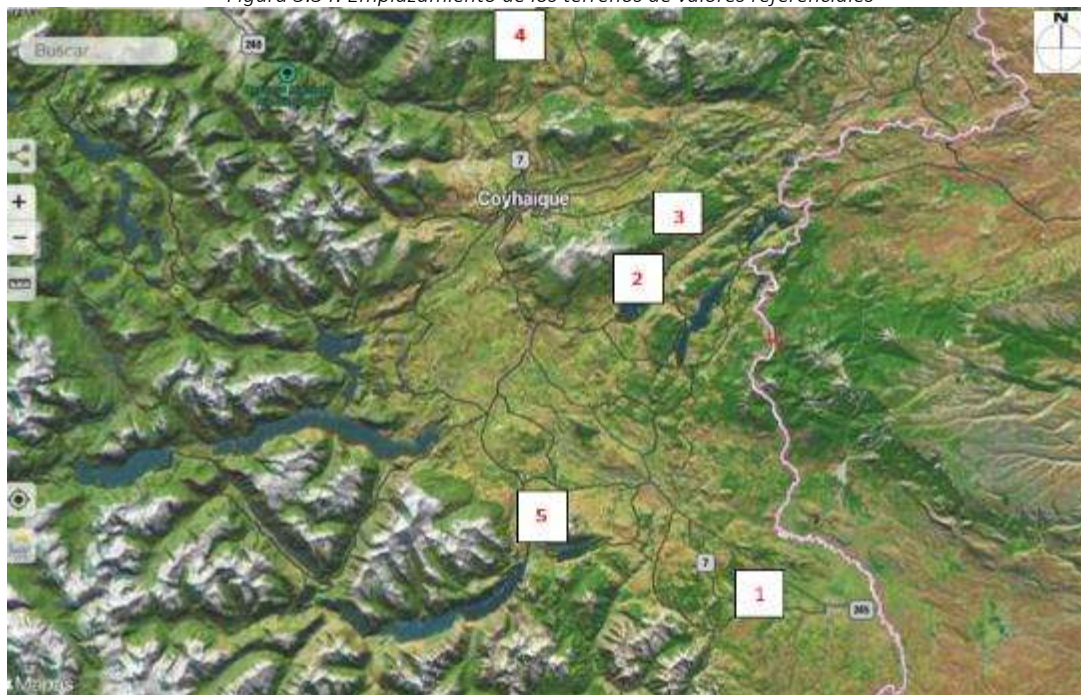


Figura sin escala

Fuente: Elaboración propia del Consultor

5.7.4.3 ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS Y VALORES REFERENCIALES DE TERRENOS CONSIDERADOS

Zona homogénea 1: Con los antecedentes recopilados se efectúa un análisis de los valores referenciales con la sensibilidad y desviaciones que pudieren encontrarse al compararse con el lote identificado expropiar.

5.7.4.4 SUPERFICIES PARA EXPROPIAR

Las superficies propuestas expropiar considerarán el área necesaria para la normalización de la Infraestructura existente. el lote, forma y superficie se indican con precisión y detalles en el respectivo plano de expropiaciones.

5.7.4.5 ANÁLISIS DE LOS VALORES DE TERRENO A APLICAR

Tomando como referencia el análisis de los valores referenciales de la zona homogénea, el promedio de las transacciones tomadas como primera referencia da un valor promedio de 0,036598 UF/m², valor bastante alto que se aleja de lo buscado, sin embargo, si se descartan las transacciones 3 y 5 señaladas en el cuadro anterior por su pequeño tamaño 5.000 m², se obtiene el promedio de las restantes y arroja un valor de 0,00731 UF/m².

Por otra parte, se debe considerar que todas las transacciones señaladas son de reciente data y están influenciadas por el mercado inmobiliario desarrollado en los últimos cuatro años 2019, 2020, 2021 y 2022.

Sin embargo, hay un hecho que no se puede obviar y es que el Fisco de Chile pagó al mismo propietario el 20.12.2018 la suma de \$51.388.190, lo que resulta al dividirlo 187.200 m² expropiados un valor unitario de \$274,51 por m² de terreno, cifra que en UF a esa fecha sería de 0.009958 y que llevado a pesos del año 2022 fijándolo al 10.10.2022 representa un valor de \$342,46 el m² de terreno.

Por todo lo anteriormente considerado y a juicio de este perito Tasador es dable establecer como un valor actual que tendría el terreno en análisis, el valor unitario de \$350/m², como valor comercial actual que tiene dicho terreno a expropiar.

5.7.4.6 ANÁLISIS DEL VALOR DE EDIFICACIONES

En el caso de existir construcciones y edificaciones en los lotes propuestos a expropiar, se evaluarán a costo de reposición en su correspondiente materialidad.

5.7.4.7 ANÁLISIS DEL VALOR DE PLANTACIONES

De existir las especies de los respectivos lotes de expropiación, se valorizarán según sea el caso.

5.7.4.8 ANÁLISIS DEL VALOR DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

De existir, se evaluarán instalaciones Industriales.

5.7.4.9 ANÁLISIS DEL VALOR DE OTROS

Se consideran si los hubiere, cercos que se encuentran contruidos en la propiedad, portones, pozos de agua y sus instalaciones mecánicas u eléctricas de existir, los que se detallan en el Informe Prepericial.

5.7.4.10 COSTOS ADMINISTRATIVOS

Se detalla el monto de los costos administrativos correspondientes a los gastos en que incurrirá la entidad expropiante para dar curso a la tramitación de la expropiación propuesta. Entre las que se detallan:

5.7.4.11 OTRAS INSTALACIONES

No existen otras instalaciones en el lote de terreno en estudio para la normalización del aérea de movimiento, objeto del presente Informe Prepericial.

5.7.4.12 CONCLUSIONES

A continuación, se presenta un resumen consolidado de la información sobre costos directos y administrativos necesarios para los trámites por parte de la entidad expropiante.

Los costos directos de la expropiación la representan el valor total de la tasación Prepericial (A moneda de octubre de 2022).

El cálculo simulado del valor correspondiente a los honorarios de la Comisión de Peritos ascendería a la suma de \$ 2.540.256 (A moneda de octubre de 2022).

Los costos administrativos representan un valor total por lote para la ampliación de la Infraestructura existente de \$1.463.000 a igual moneda.

El cuadro siguiente consolida la información la cual se encuentra resumida y sintetizada para el sector en Estudio, detallando los costos directos y administrativos para el lote involucrado en la alternativa estudiada.

Tabla 5.46: Base de datos con tasación prepericial y costos administrativos de la normalización área movimiento

N°	ROL AVALÚO	NOMBRE SEGÚN SII	\$ TASACIÓN PREPERICIAL	HONORARIOS PERITOS	PUBLICACIONES		RECEPTOR JUDICIAL	PLANO EXPROPIACIÓN	TOTAL
				(A PRORRATA POR LOTE)	DIARIO OFICIAL	DIARIO LOCAL			\$
1	1043-056	Peede Thomas Federico Eduardo	53.626.650	2.540.256	750.000	500.000	150.000	63.000	57.629.906
TOTAL			53.626.650	2.540.256	750.000	500.000	150.000	63.000	57.629.906

Fuente: Elaboración propia del Consultor

6 ETAPA 4: ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

6.1 SUBETAPA 4.A ANALISIS DE ANTECEDENTES AMBIENTALES

6.1.1 RCA N°89/2019 Del Proyecto “Ampliación y Mejoramiento Aeródromo Balmaceda”

6.1.1.1 DESCRIPCION DEL PROYECTO (RCA N°89/2019)

El proyecto “Normalización Área de Movimiento Aeródromo de Balmaceda” corresponde a una modificación del área de movimiento del aeródromo actual. Dicho aeródromo inaugurado en el año 1964 previo a la creación del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), registra a la fecha un solo antecedente de haber sido ingresado al SEIA para ser sometido a evaluación ambiental. Este antecedente concierne a la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) del proyecto “Ampliación y Mejoramiento Aeródromo Balmaceda”, referente a la modificación del actual aeródromo mediante la ampliación, remodelación y/o adaptación de parte de las instalaciones existentes, así como la construcción de nuevas instalaciones, que incluye el nuevo terminal de pasajeros, sectores del área de movimiento y nuevas instalaciones para la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), entre otras obras, evaluación que se resolvió finalmente con la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) favorable N° 89 del 30 de Diciembre de 2019.

Cabe destacar que el referido proyecto “Ampliación y Mejoramiento Aeródromo Balmaceda” ingresó a evaluación ambiental mediante una DIA, dado a que, de acuerdo a sus características específicas y obras proyectadas, califica como un proyecto o actividad de aquellos que obligatoriamente deban someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), dado a que da cumplimiento al literal g) del artículo 3° del RSEIA:

Artículo 3° del RSEIA, literal g.):

“g) Proyectos de desarrollo urbano y turístico, en zonas no comprendidas en alguno de los planes evaluados estratégicamente de conformidad a lo establecido en el párrafo 1° bis del Título II de la Ley.”;

En específico, Artículo 3° del RSEIA, literal n.5.):

g.1.2) Proyectos de equipamiento que correspondan a predios y/o edificaciones destinadas en forma permanente a salud, educación, seguridad, culto, deporte, esparcimiento, cultura, comercio, servicios, fines científicos o sociales que contemplen al menos una de las siguientes características”.

- a) superficie construida igual o mayor a cinco mil metros cuadrados (5.000 m2);
- b) superficie predial igual o mayor a veinte mil metros cuadrados (20.000 m2);
- c) capacidad de atención, afluencia o permanencia simultánea igual o mayor a ochocientas (800) personas;
- d) doscientos (200) o más sitios para el estacionamiento de vehículos.

Por lo tanto, dado a que el proyecto contempla una superficie construida total cercana a los 50.000 m2, el edificio terminal de pasajeros contempla una superficie de 12.391 m2 y la nueva plataforma comercial para aeronaves 25.335 m2, aplica la letra a) del literal.

El proyecto se emplaza en un predio cuya superficie es de aproximadamente 2.559.000 m2 (256 Há), por lo que aplica la letra b) del literal.

La capacidad máxima de pasajeros simultáneos considerada en el diseño del aeródromo es para 972 personas, por lo que aplica la letra c) del literal g.1.2.

El proyecto contempla 273 sitios para estacionamientos, tanto para vehículos livianos (254), como para minibuses (19), por lo que aplica la letra d) del literal.

Debido a estas características aplican las letras a), b), c) y d) del literal g.1.2. del Artículo 3 del D.S. N° 40/2012, razón por lo que el Proyecto debió someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, bajo la modalidad de DIA ya que dicho Proyecto no genera ni presenta ningún efecto, característica o circunstancia señalada en los artículos 11 de la LBGMA y artículos 5 al 10 del RSEIA.

Las obras consideradas con el fin de satisfacer la demanda y mejorar la calidad del servicio son obras de remodelación y/o adecuación, además de la construcción de nuevas obras, de acuerdo a lo que señala a continuación:

Remodelación y/o Adecuación a las Instalaciones Existentes

a) Edificaciones e instalaciones

- Remodelación del Edificio Terminal actual, mediante la restructuración de los espacios interiores para albergar el Nuevo Terminal de Carga, así como las oficinas ARO y RAMPA de la DGAC Chile, y bodegas disponibles para la DAP Regional y la DGAC Chile.

b) Pavimentos e infraestructura horizontal

- Adaptación de la actual plataforma comercial para su uso como plataforma de aviación general.
- Remodelación de calles de acceso y salida de plataforma (calle Fox), a fin de dotar de nueva estructura de pavimento, y de dar cumplimiento a las distancias libres a objeto en plataforma.
- Remodelación Zona estacionamientos existentes en Zona Movimiento de Carga.

Obras Nuevas

a) Edificaciones e instalaciones

- Construcción de nuevo Edificio Terminal de Pasajeros.
- Construcción de Edificio de Estacionamientos
- Construcción de SubEstación Eléctrica (SEE 02).
- Construcción de Puesto de Control de Accesos.
- Construcción de estanque y sala de bombas de abastecimiento de agua potable para área concesionada.
- Construcción de nuevos tramos del cerco perimetral y portones de acceso, exteriores e interiores.
- Construcción de obras de Paisajismo y Señalética.
- Pavimentos e infraestructura horizontal
- Construcción de nuevas vialidades de acceso y salida del nuevo terminal de pasajeros.
- Construcción de estacionamientos exterior en superficie.
- Construcción de estacionamientos para minibuses exterior en superficie.
- Construcción de nueva plataforma de aeronaves.
- Construcción de nueva calle de rodaje de acceso y circulación en plataforma (Calle GOLF)
- Construcción de un helipuerto adyacente a la plataforma actual

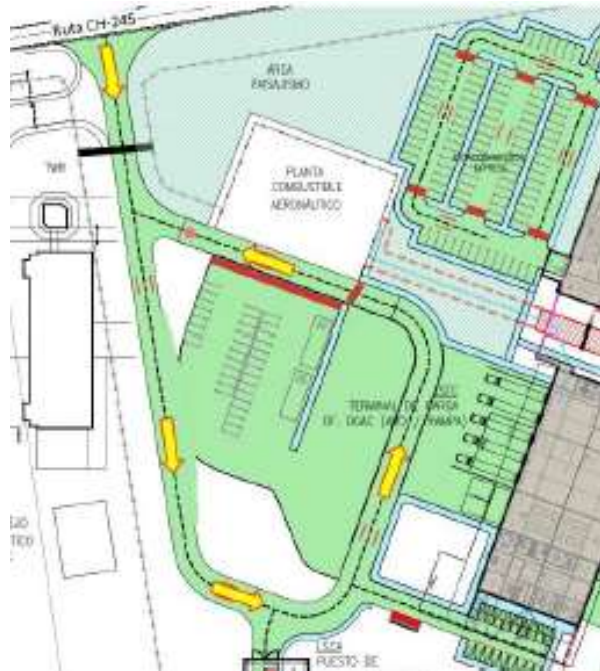
A continuación, se detallan los cambios que se realizan en el aeródromo Balmaceda con el proyecto con RCA favorable N°89/2019 “Ampliación y Mejoramiento Aeródromo Balmaceda”, los que fueron expuestos en la Descripción del Proyecto de la respectiva DIA.

Tabla 6.1: Cambios que introduce RCA N° 89/2019 a la situación actual del Aeródromo Balmaceda (Situación Base)

Obra	Descripción
Remodelación Edificio Terminal Actual	Reestructuración de los espacios interiores para albergar el Nuevo Terminal de Carga, así como oficinas ARO y RAMPA de la DGAC. La superficie en planta corresponderá a 2.176 m². El Nuevo Terminal de Carga se reorganizará en las siguientes áreas programáticas: • Terminal de Carga. • Oficinas DGAC (ARO Oficina de Reporte de Servicio de tráfico aéreo y Logística Provisoria). • Dependencias para el personal de plataforma de las aerolíneas. El terminal de carga será de bajo nivel de automatización, con una capacidad de procesamiento de 5 ton/m² en una superficie equivalente a 1.266 m² para la gestión de las 4.353 toneladas anuales estimadas para el año de diseño. El terminal contará con 5 andenes, para lo cual es necesario modificar el aparcadero de vehículos liviano existente. El acceso ocupará la vialidad de acceso existente, modificando su trazado interior para resolver el acceso a la plataforma de camiones. Las oficinas DGAC consideran las dependencias necesarias para alojar los requerimientos de funcionarios ARO y EMA (notificación de los servicios de tránsito aéreo y estación meteorológica aeronáutica respectivamente), oficinas, además de Apoyo de losa y los recintos necesarios para pilotos en espera, en una superficie de 910 m². Su ubicación en el extremo sur del edificio considera la proximidad a la plataforma y a la estación meteorológica, además de la relación visual directa con el área de movimiento. De modo de garantizar que no conformen obstáculo a las servidumbres aeronáuticas, se considera demoler los dos módulos del extremo sur de la edificación existente, los cuales no formarán parte del edificio remodelado. <i>Edificio Terminal de Carga, planta primer piso</i>
Adaptación plataforma comercial actual	Se adaptará la plataforma existente modificando su demarcación horizontal para acomodar la aviación general, generando una nueva capacidad de 16 estacionamientos de aeronaves clave A y B. Esta modificación consistirá en el borrador de la demarcación anterior y la ejecución de la nueva demarcación horizontal (pintura), que esté orientada a aeronaves de menor tamaño de aviación general, corporativa y de gobierno. La superficie total de esta plataforma será de 16.796 m².

	<i>Adaptación Plataforma Actual</i> 												
Remodelación calles de acceso y salida a plataforma (calle Fox)	Se contempla la remodelación de la calle de acceso Fox a la plataforma actual, esto consistirá en dotar de nueva estructura de pavimento a la misma, y dar cumplimiento a las distancias libres a objetos en la plataforma. La remodelación se realizará en un área de 4.038 m2. <i>Remodelación Calle de Rodaje Fox</i> 												
Remodelación Zona estacionamientos existentes en Zona Movimiento de Carga	Se remodelará la zona de estacionamientos existentes en una zona de movimiento de carga, esta área corresponde a 5.722 m2. El diseño de la vialidad interna considera el tránsito vehicular de Minibuses del tipo Ford Transvit, IVECO Daily, Hyundai H1 y buses urbanos de transporte de pasajeros. Para no descartar el eventual ingreso de buses, se diseñaron sobre anchos en las curvas de 1.17 metros para un bus de 13.7 metro, lo que garantiza que puedan ingresar perfectamente, dejar pasajeros y salir del aeródromo. Cabe mencionar que la velocidad de diseño será de 20 km/hr y el sentido de circulación será el que determine el buen funcionamiento y operación del aeródromo”. Se presenta la cantidad total de estacionamientos separados por tipo, incluyendo la nueva zona de carga. También se indica los usos o destinaciones de estacionamientos; públicos, privados, carga. ESTACIONAMIENTOS CANTIDAD Operación <table border="1"> <tr> <td>Camiones de carga</td><td>5</td></tr> <tr> <td>Funcionarios Aeródromo</td><td>18</td></tr> <tr> <td>Subtotal Operación</td><td>23</td></tr> </table> Público <table border="1"> <tr> <td>Número Techados</td><td>103</td></tr> <tr> <td>Edificio de Estacionamientos</td><td>151</td></tr> <tr> <td>Subtotal Público</td><td>254</td></tr> </table>	Camiones de carga	5	Funcionarios Aeródromo	18	Subtotal Operación	23	Número Techados	103	Edificio de Estacionamientos	151	Subtotal Público	254
Camiones de carga	5												
Funcionarios Aeródromo	18												
Subtotal Operación	23												
Número Techados	103												
Edificio de Estacionamientos	151												
Subtotal Público	254												

Vialidad y Estacionamientos de Terminal de Carga y Vehículos Funcionarios.



El nuevo terminal de pasajeros será de dos plantas rectangulares aproximadamente de 40 x 150 m de dimensión, además de un dique de embarque en el segundo nivel, con acceso a los cinco puentes de embarque. Cabe mencionar que el ancho continuo de 40 m del terminal ha sido dimensionado de acuerdo a los requerimientos de las distintas actividades y procesos que se desarrollan en el funcionamiento del aeródromo, teniendo en consideración la mejor utilización de la franja de terreno disponible entre el actual terminal y la ruta CH 245.

El nuevo terminal de pasajeros estará estructurado en base a marcos rígidos (viga-columna) y muros de hormigón armado, la estructura del techo es en base a cerchas de madera.

El hall de llegadas y salidas de pasajeros se ha resuelto como un espacio de doble altura, dimensionado para abarcar toda la longitud del terminal de pasajeros. El ingreso al hall se realiza por cuatro puertas de acceso, equidistantes a no más de 45 m entre sí. También se cuenta con un ingreso desde el edificio de estacionamiento en forma directa y mediante una pasarela o puente de conexión.

El área de check-in tendrá una superficie de 204,4 m² y contará con 16 counters. Además, tendrá un área de espera, de una superficie de 34,6 m².

El área de retiro de equipajes, de 827 m², considera dos cintas de equipaje de 57 m de longitud cada una.

Nuevo Edificio
Terminal de
Pasajeros

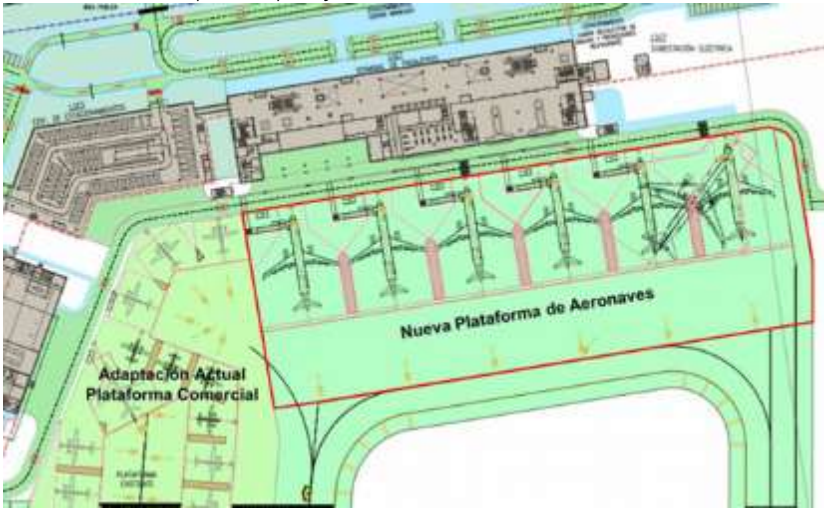
Nuevo Edificio Terminal, planta primer piso



La sala de embarque, ubicada en el segundo piso, tendrá capacidad para 408 asientos, en una superficie de 1.129 m². Además, esta sala considera una cafetería con capacidad para 72 asientos y un área de concesiones de comercio.

El dique de embarque de 6 m de ancho permitirá el acceso a los 5 puentes de embarque, segregar y manejar flujos bidireccionales simultáneos de pasajeros y además servirá como salida de emergencia para evacuación.

	<i>Nuevo Edificio Terminal, planta segundo piso</i> El nuevo terminal de pasajeros contará con un área de concesiones comerciales principal, ubicada en la planta baja, de una superficie de 704,6 m², pero además se consideran áreas de concesiones secundarias asociadas a la espera de control de seguridad (Rayos X, arcos magnéticos entre otros) y en la sala de embarque. Finalmente, el área de oficinas (Aerolíneas, DAP, DGAC, concesionario), se ubican en el extremo poniente del edificio, colindante con el área de check-in.
Nuevo Edificio Estacionamientos	El nuevo edificio de estacionamientos considera dos plantas, donde se tendrá una capacidad para 151 estacionamientos. Cabe mencionar que en la planta baja habrá 9 estacionamientos para minibuses. Ambos niveles cuentan con acceso directo al hall de salidas del terminal de pasajeros mediante un puente cubierto y cerrado. La superficie del edificio de estacionamientos será de 3.435 m². <i>Nuevo Edificio Estacionamientos</i>
Nueva SubEstación Eléctrica (SEE 02)	La nueva subestación tiene como función centralizar la distribución energética de todas las infraestructuras, edificaciones e instalaciones de la futura concesión del aeródromo. Esta SEE02 alimentará las áreas concesionadas, tanto las infraestructuras horizontales y verticales de las áreas de movimiento y pública. La subestación tendrá un voltaje de 25 kV para transformadores de 1.250 kVA, además contará con un grupo electrógeno de 750 kVa de respaldo ante posibles cortes de energía por parte de la compañía eléctrica de la zona. La superficie de la SEE N°2 será de 112 m².
Construcción de 1 puesto de Control de Acceso a Zona Aeronáutica	Este puesto de control contempla la construcción de una caseta de control ubicada a un costado de éste y que controlará los accesos hacia la parte aeronáutica. El puesto de control, de 251 m², tendrá una máquina de rayos x, un mesón y baños.
Construcción de Estanques y Bombas de Abastecimiento de Agua Potable	El nuevo estanque de agua potable se ubicará al oeste de la nueva SEE N° 2, tendrá una superficie de 380 m² y albergará la sala de bombas y el estanque propiamente tal, el cual tendrá una capacidad de 158 m³. Esta capacidad permitirá otorgar autonomía en el uso de agua potable ante un eventual caso de corte de suministro por parte de Aguas Patagonia, que es la empresa encargada del suministro de agua potable.
Nuevos tramos del Cerco Perimetral y	Debido a la construcción del nuevo terminal de pasajeros, se hace necesaria la modificación del cerco perimetral, las características de éste serán con paneles rígidos de malla electrosoldada y postes metálicos. La estructura

Portones de acceso, exteriores e interiores	del cerco ira empotrada en apoyos de hormigón cada 2,5 m. En la parte superior del cerco llevará cuatro hebras de alambre de púas. La malla tendrá un alto de 2,07 m y los hilos de alambre de púas sumarán 36 cm de alto, lo que da como resultado un cerco perimetral de 2,43 m de alto. En total se deberá instalar 717,3 ml de nuevos cercos, los que se instalarán tanto en los límites exteriores del aeródromo.
Construcción de Obras de Paisajismo y señalética	A modo de lograr un desempeño ambiental superior al del actual aeródromo, se contempla el diseño de una propuesta de paisajismo, la cual se basa en un paisajismo natural e integrado a su contexto patagónico. Las obras de paisajismo se materializarán en la franja que queda entre la ruta CH245 y la infraestructura vertical (edificio estacionamientos y terminal de pasajeros), destacándose 4 sectores y/o tipos de diseño paisajístico. Tendrá una superficie de 13.603 m2 <i>Obras de Paisajismo</i> 
Nuevas vialidades de acceso y salida del nuevo terminal de pasajeros	Para la construcción de las nuevas vialidades, tales como circulaciones vehiculares interna y accesos del nuevo terminal de pasajeros considerarán la construcción armónica con el nuevo complejo fronterizo Huemules, a fin de no generar brechas de seguridad en las circulaciones. El diseño de la vialidad interna considera el tránsito vehicular de Minibuses del tipo Ford Transvit, IVECO Daily, Hyundai H1 y buses urbanos de transporte de pasajeros. Para no descartar el eventual ingreso de buses, se diseñaron sobre anchos en las curvas de 1.17 metros para un bus de 13.7 metro, lo que garantiza que puedan ingresar perfectamente, dejar pasajeros y salir del aeródromo. Cabe mencionar que la velocidad de diseño será de 20 km/hr y el sentido de circulación será el que determine el buen funcionamiento y operación del aeródromo". La superficie correspondiente a esta obra es de 6.541 m2.
Nueva Plataforma de Aeronaves	Se proyecta la ampliación, perímetro en rojo, de la plataforma de aeronaves hacia el Oriente de la actual plataforma (ver Figura N°11), la ampliación, tendrá una superficie estimada de 25.335 m2 (no incluye la superficie de la plataforma existente), además contará con un área para 6 posiciones de aeronaves comerciales (correspondiente al área ampliada) de clave C, o para 4 posiciones de aeronaves clave C (aeronaves comerciales de fuselaje angosto tipo Airbus 318, 319, 320 y/o 321) y 1 clave D (para aeronaves de fuselaje ancho tipo Boeing 767-300). <i>Ampliación plataforma estacionamientos aeronaves</i> 

Nueva calle de rodaje de acceso y circulación en plataforma (Calle Golf)	Se proyecta la construcción de una nueva calle de rodaje denominada Golf, esta calle de rodaje permitirá la circulación y acceso a la plataforma y se localiza al costado sureste de la ampliación de la plataforma de estacionamiento de aeronaves. La nueva Calle Golf tendrá una superficie de 8.155 m². <i>Figura N°12: Nueva Calle de Rodaje Golf</i> 
Construcción de Helipuerto	El Proyecto contempla la construcción de un helipuerto, el que se ubicará a un costado de la actual plataforma de aeronaves (Figura N°13). El helipuerto tendrá una superficie de 1.156 m² en una plataforma de 34x34 metros. <i>Helipuerto Aeródromo Balmaceda</i> 

Fuente: Elaboración propia en base a la DIA del proyecto "Ampliación y Mejoramiento Aeródromo Balmaceda"

De acuerdo a lo anterior la modificación de la situación actual de aeródromo mediante la ejecución de dicho proyecto dará como resultado la situación base del presente proyecto de Normalización del Área de Movimiento, lo que se ve reflejado a través del siguiente cuadro resumen:

Tabla 6.2: Cuadro resumen comparativo entre situación actual y futura (Situación Base) de la RCA N° 89/2019

Partes / Obras	Situación Actual	Situación Futura ¹ (Situación Base)
	Obras Infraestructura Vertical	
Terminal de Pasajeros	3.107 m ²	12.391 m ²
Terminal de Carga, Oficinas	339 m ²	2.176 m ²
Edificio Estacionamientos	N/A	3.435 m ² (151 estacionamientos + 9 minibuses)
Estacionamiento Vehículos en superficie	173 (167 automóviles, 6 Minibús)	103 + 10 para minibuses
SEE N° 2	N/A	112 m ²
Puesto de control de accesos	N/A	251 m ²
Estanques y sala de Bombas de Abastecimiento de Agua Potable	N/A	380 m ²
Cerco perimetral y Portones de accesos exteriores e interiores	N/A	717,3 m ²
Central Térmica	N/A	50 m ²

Partes / Obras	Situación Actual	Situación Futura ¹ (Situación Base)
Instalación de Gas	N/A	1 unidad
Obras Infraestructura Horizontal		
Plataforma Comercial de Estacionamiento de Aeronaves	15.000 m ² aprox. 3 Posiciones de Aeronaves clave C	40.335 m ² 6 posiciones de aeronaves comerciales clave C o 4 puestos clave C y 1 clave D
Calles de rodaje de acceso a puestos de estacionamiento	4.038 m ² Una (1)	12.193 m ² Tres (3)
Plataforma Aviación General	N/A	16.798 m ² 15 posiciones de aeronaves clave A y B, más un helipuerto
Vialidades de Acceso y salida Terminal de pasajeros	N/A	6.541 m ²
Paisajismo y Señalética	N/A	13.603 m ²
Helipuerto	N/A	1.156 m ²

¹ Las superficies mencionadas corresponden a la superficie construidas.

Fuente: Elaboración propia en base a la DIA del proyecto "Ampliación y Mejoramiento Aeródromo Balmaceda"

Cabe destacar, que el presente proyecto en estudio "Normalización Área de Movimiento Aeródromo de Balmaceda" corresponde a la modificación de una parte del actual aeródromo, la cual como su nombre lo indica, contempla exclusivamente obras en un sector del área de movimiento no considerada o incluida en el proyecto correspondiente a la RCA N° 89 del 30 de diciembre de 2019 en vigencia. Aunado a esto, destaca también el hecho de que las modificaciones y nuevas obras de infraestructura horizontal que se contemplan en el área de movimiento, responden sólo a la necesidad de mejorar la calidad de servicio y condiciones de seguridad en la operatividad del aeródromo, y no al cambio en la capacidad de operaciones que tiene el aeródromo actualmente ni en la situación base correspondiente a la RCA N° 89/2019.

Por tal razón, el presente proyecto en estudio "Normalización Área de Movimiento Aeródromo de Balmaceda" no se superpone con el área correspondiente al proyecto ya evaluado y calificado ambientalmente favorable por el SEA mediante la RCA citada vigente.

En la siguiente figura se representa gráficamente la situación argumentada en el párrafo anterior, donde se pueden apreciar aquellos sectores destinados a los alcances del presente proyecto en estudio, así como el área correspondiente al proyecto evaluado y calificado ambientalmente favorable (RCA N° 89/2019), el cual constituye la situación base, evidenciándose así, que no se prevé superposición alguna entre ambos.

Figura 6.1: Sectores de alcances del Proyecto y sector de la Situación Base



Fuente: Elaboración Propia en base a información de la DAP

Tal como se pudo dilucidar anteriormente, el presente proyecto en estudio no se superpone sobre lo evaluado y calificado ambientalmente favorable (RCA N° 89/2019) en vigencia, sin embargo, dado a que ambos proyectos modifican el mismo aeródromo y por lo tanto se ubican en el mismo predio, de igual manera a continuación se proceden a destacar los Permisos Ambientales Sectoriales (PAS), en este caso sólo mixtos dado a que no aplican los de contenido únicamente ambiental; así como también, los compromisos ambientales voluntarios adquiridos mediante la citada RCA, los cuales, mientras aún no se dé el inicio de la etapa de construcción del proyecto "Ampliación y Mejoramiento Aeródromo Balmaceda", no se podrá contemplar el cumplimiento de los mismos.

6.1.1.2 PERMISOS AMBIENTALES SECTORIALES (RCA N°89/2019)

Los únicos permisos ambientales sectoriales aplicables a la situación base del proyecto son los siguientes:

Tabla 6.3: Permisos Ambientales Sectoriales (PAS Mixtos) Situación Base (RCA N° 89/2019)

Artículo 140: Permiso para la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase o para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase.	
Fase del Proyecto a la cual corresponde	Fase de Construcción y Operación.
Parte, obra o acción a la que aplica	Fase de Construcción: Habilitación de un patio de salvataje en la "Instalación de Faenas", para el almacenamiento temporal de residuos asimilables a domiciliarios y residuos industriales no peligrosos que resulten de las labores de construcción de las obras. Fase de Operación: Los residuos domésticos en el área del Nuevo Terminal serán dispuestos en dos salas ubicadas a ambos lados del terminal, los cuales se detallarán más adelante, y una sala destinada para el Terminal de Carga. Además, se reubicará la zona de pre-carguío ubicado a un costado del terminal de pasajeros actual, zona la cual llegarán todos los container provenientes del Terminal Nuevo de Pasajeros y Terminal Nuevo de Carga. Tanto la sala de Basura del Terminal de Pasajeros como del Terminal de Carga serán diseñadas para alojar aproximadamente 9 contenedores de basura de entre 90 l. y 240 l, con capacidad máxima de 2.160 l. La zona de pre-carguío será diseñada para dejar aproximadamente 12 contenedores de basura de entre 90 l y 240 l, con capacidad máxima de 2.880 l.

Artículo 140: Permiso para la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase o para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase.	
	La sala de basura ubicada al este del terminal de pasajeros recibirá principalmente basura de la cocina, en esta sala de basura se mantendrá acumulada solo residuos domiciliarios en contenedores cerrados, vale decir, restos orgánicos, cartones, botellas, papeles, etc. La sala destinada para el Terminal de Carga, ubicada al norte de esta instalación, será suficientes para satisfacer la cantidad de basura del área, distribuyendo los contenedores en material doméstico, para la cual se destinarán 4 contenedores y para los residuos industriales no peligrosos con 5 contenedores. En estas salas, la basura permanecerá almacenada hasta su retiro cada 3 días, y para esto se trasladan hacia la sala de pre-carguío, en donde se recopilarán los contenedores ya mencionados, ubicándose cercano a una vialidad, para que los camiones de una empresa autorizada tengan un fácil retiro de éstos y luego sean llevados a un lugar de disposición autorizado, que actualmente corresponde al Relleno Sanitario de la ciudad de Coyhaique, según se presenta en la siguiente tabla.
Condiciones o exigencias específicas para su otorgamiento	El requisito para su otorgamiento consiste en que las condiciones de saneamiento y seguridad eviten un riesgo a la salud de la población
Pronunciamiento del órgano competente	La SEREMI de Salud, Región de Aysén, mediante Ord. N°185, de fecha 21 de febrero de 2019, se pronunció favorablemente respecto de los contenidos técnicos y formales, para la acreditación del cumplimiento del permiso, aportados por el titular en la DIA.
6.2.2. Permiso para todo sitio destinado al almacenamiento de residuos peligrosos según se establece en el artículo 142 del Reglamento del SEIA	
Fase del Proyecto a la cual corresponde	Fase de Construcción y Operación.
Parte, obra o acción a la que aplica	<u>Fase de Construcción:</u> Habilitación en la "Instalación de Faenas" de una Bodega de Acopio Temporal de Residuos Peligrosos (RESPEL) para el almacenamiento temporal de residuos sólidos peligrosos que resulten de las labores de construcción de las obras. <u>Fase de Operación:</u> Los residuos peligrosos generados serán almacenados de forma temporal en la Bodega RESPEL existente ubicada dentro de las dependencias del aeródromo.
Condiciones o exigencias específicas para su otorgamiento	El requisito para su otorgamiento consiste en que el almacenamiento de residuos en un sitio no afecte la calidad de las aguas, suelo y aire que pueda poner en riesgo la salud de la población.
Pronunciamiento del órgano competente	La SEREMI de Salud, Región de Aysén, mediante Ord. N°185, de fecha 21 de febrero de 2019, se pronunció favorablemente respecto de los contenidos técnicos y formales, para la acreditación del cumplimiento del permiso, aportados por el titular en la DIA.
6.2.3. Permiso para subdividir y urbanizar terrenos rurales o para construcciones fuera de los límites urbanos según se establece en el artículo 160 del Reglamento del SEIA	
Fase del Proyecto a la cual corresponde	Fase de Construcción
Parte, obra o acción a la que aplica	Construcción de obras en área fuera de los límites urbanos.
Condiciones o exigencias específicas para su otorgamiento	Los requisitos para su otorgamiento consisten en no originar nuevos núcleos urbanos al margen de la planificación urbana y no generar pérdida o degradación del recurso natural suelo.
Pronunciamiento del órgano competente	La SEREMI de Agricultura, Región de Aysén, mediante Ord. N°333, de fecha 21 de agosto de 2019, se pronunció favorablemente respecto de los contenidos técnicos y formales, para la acreditación del cumplimiento del permiso, aportados por el titular en la DIA y Adenda. El Servicio Agrícola y Ganadero, Región de Aysén, mediante Ord. N°56, de fecha 20 de febrero de 2019, se pronunció favorablemente respecto de los contenidos técnicos y formales, para la acreditación del cumplimiento del permiso, aportados por el titular en la DIA.

Fuente: RCA N° 89/2019

6.1.1.3 NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE EN LA SITUACION BASE (RCA N°89/2019)

En el contexto de Normativa Ambiental que deberá estar en regimiento en la situación base del presente proyecto en estudio, la operación del Aeródromo Balmaceda, al igual que todos los aeródromos y aeropuertos de la red primaria nacional, contemplará el cumplimiento de las siguientes publicaciones legales:

1. Ley N° 19.300 Sobre bases generales del medio ambiente.
2. Decreto Supremo D.S. N°40/2012 y sus modificaciones. Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
3. Decreto Supremo D.S. N°148 del 12 de Junio de 2003. Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos del Ministerio de Salud.
4. Decreto Supremo D.S. N°594 del 15 de septiembre de 1999. Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientes básicos en los lugares de trabajo.
5. Decreto Supremo D. S. N°43 del año 2016. Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas.
6. Decreto Supremo N° 138 del 10 de junio de 2005 y su modificación. Establece Obligación de Declarar Emisiones de Fuentes Fijas.
7. Decreto con Fuerza de Ley N° 1 de 2013. Reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, RETC.
8. Decreto con Fuerza de Ley N°1 del 1990. Determina Materias que Requieren Autorización Sanitaria Expresa.
9. Decreto con Fuerza de Ley N°725 de 1967 Código Sanitario Ministerio de Salud.

6.1.2 Aspectos Ambientales – Territoriales del Área de Influencia del Proyecto

6.1.2.1 CALIDAD DEL AIRE

La zona en la que se ubica el proyecto se caracteriza por encontrarse fuera de límites urbanos oficiales, cuyas condiciones climáticas de altas velocidades de viento, contribuyen a la buena ventilación y en consecuencia a la buena dispersión del material particulado fino. Tampoco existen restricciones ambientales desde el punto de vista atmosférico o de calidad del aire, es decir, no presenta declaratorias de zona saturada y/o latente y en consecuencia tampoco por algún Plan de Descontaminación Atmosférica, pues, las Declaratorias de Zona Saturada o Latente más cercana corresponden a la Zona Saturada tanto por Material Particulado Respirable MP₁₀ como concentración diaria y anual y Material Particulado Respirable Fino MP_{2,5} como concentración de 24 horas de la ciudad de Coyhaique y su zona circundante, la que contando además con un Plan de Descontaminación Atmosférica, el polígono que se indica en tales documentos está lo suficientemente distante al perímetro del Aeródromo de Balmaceda en aproximadamente 45 kilómetros.

Cabe destacar que de acuerdo a los antecedentes meteorológicos que se manejan, el área de estudio presenta condiciones favorables de dispersión, la cual se dirige hacia el este del aeródromo, ya que los vientos predominantes provienen desde el oeste, no considerando así en su dirección asentamientos humanos. Aunado a esto, el alto porcentaje de humedad en el suelo, así como altas precipitaciones, contribuirá a que no se genere un aumento significativo de las concentraciones de contaminantes atmosféricos en el área de influencia del presente proyecto en estudio durante la construcción.

6.1.2.2 RUIDO

La zona en la que se ubica el proyecto se caracteriza por encontrarse fuera de límites urbanos oficiales, siendo la localidad de Balmaceda, ubicada contiguamente al norte del perímetro del aeródromo, el único asentamiento humano cercano que se pueda identificar como sensible al ruido y las vibraciones que producirá el Proyecto, y por lo tanto, que pudiera verse afectada directamente por el aumento de los niveles de presión sonora, destacando las viviendas, una escuela y una iglesia como principales receptores. De igual manera se destacan la comisaría y las viviendas que se emplazan a lo largo de la Av. Los Carrera (Ruta 225-CH) al norte del perímetro del aeródromo, las viviendas aisladas emplazadas en el camino a Portezuelo

ubicadas al oeste del perímetro del aeródromo, así como la vivienda y la capilla ubicada al este del perímetro del aeródromo cercanos al límite con la República Argentina, tal como se puede apreciar en la siguiente 2.2. Destaca también la inexistencia de fuentes fijas de ruido en la zona.

Figura 6.2: Zonas sensibles a la contaminación atmosférica, ruido y vibraciones



Fuente: Elaboración propia en ArcGIS

6.1.2.3 MEDIO BIOTICO

De acuerdo con el Inventario de Humedales del Ministerio del Medioambiente (MMA) del año 2020, actualmente en el sector oeste del aeródromo, parte del predio del mismo se encuentra dentro del área de un área humedal que forma parte de la subcuenca hidrográfica del Río Simpson, este no está asociado a límite urbano y no cuenta con declaratoria de protección ni tramitación alguna a la fecha para su protección oficial. Dicho humedal corresponde al curso de agua permanente del Río Oscuro así como también su vega de inundación, y el predio del aeródromo se inserta en el área del humedal en una distancia que alcanza aproximadamente los 75 metros, tal como se pueda apreciar en la Figura 2.3.

Respecto al componente Flora y Vegetación Terrestre, se descarta la existencia de bosque nativo dentro del AIP, pues, el Catastro Vegetacional de la CONAF indica que el uso de suelo presente dentro del perímetro del aeródromo corresponde a suelos antropizados por la infraestructura horizontal y vertical ya existente del aeródromo; desarrollándose a sus alrededores, vastas áreas de praderas naturales pertenecientes a la estepa fría patagónica en la que predominan arbustos bajos y esparcidos, mezclados con gramíneas cespitosas o coirones esparcidos con un recubrimiento parcial del suelo, donde las áreas desnudas pueden ser ocupadas temporalmente por una variedad de especies introducidas perennes o de ciclo anual que pueden ser observadas sólo en primavera y verano.

De acuerdo al antecedente de la línea base del Medio Biótico de la RCA N° 89/2019, las especies dominantes de este tipo de vegetación correspondiente a la estepa fría patagónica son principalmente de origen autóctono, como el Neneo (*Mulinium spinosum*), el Yuyo Moro (*Senecio neanei*) y el Neneo Macho (*Anarthrophyllum desideratum*), entre los arbustos, y el Coirón Blanco (*Festuca pallenscens*) y varias otras poáceas o gramíneas que crecen en forma de coirón, como *Stypa chrysophylla*, *Stipa ibarii*, *Stypa neanei*, *Stypa psyllantha* y *Poa lingularis*, mezcladas con una variedad de especies introducidas perennes o de ciclo anual.

Figura 6.3: Humedal Río Oscuro y compensación forestal en aeródromo Balmaceda



Fuente: Elaboración propia en ArcGIS.

Una de las formaciones vegetacionales dominantes en el aeródromo es el matorral con dominancia de formaciones arbustivas, como el Neneo (*Mulinum spinosum*), representando sitios son ecosistemas muy frágiles con vocación de protección y vida silvestre.

Como aspecto relevante de la flora de la Estepa Patagónica es la presencia del grupo de las cactáceas más australes de Chile, conformado por *Austrocactus patagonicus*, *Maihueniopsis darwinii* var. *darwinii*, *Maihuenia patagonica*, *Pterocactus australis* y *Pterocactus hickenii*. Éstas son las únicas especies de la región que han sido sometidas al proceso de clasificación de especies y asignadas a la categoría de conservación “En Peligro”, sin embargo, de acuerdo con el estudio de línea base del Medio Biótico en el antecedente citado (RCA N° 89/2019) correspondiente a la situación base del presente proyecto en estudio, se descartó la presencia de especies de flora en estados de conservación en todo el predio del aeródromo.

De acuerdo con lo informado por la DGAC mediante Ley de Transparencia, existe un área de aproximadamente 7,9 há correspondiente a un plan de manejo de compensación forestal dentro del predio del aeródromo, específicamente al noroeste del mismo como se puede apreciar en la figura 2.3, y está constituido por individuos de la especie introducida Pino Insigne (*Pinus Radiata*), por lo que se hace necesario considerar su ubicación, en función de que no sea intervenido o afectado por las obras temporales o permanentes del presente proyecto en estudio. Cabe destacar que la DGAC informa que el titular de dicho plan de manejo es el MOP. Sin embargo, para confirmar la titularidad se ha solicitado mayores antecedentes del mismo a la CONAF mediante Ley de Transparencia.

Sólo una vez realizada la Línea de Base del Medio Biótico del presente estudio (Subetapa 4.2) se presentará análisis completo del componente Flora y Vegetación, y se podrá descartar afectación alguna al mismo en el Área de Influencia del Proyecto.

Respecto al componente Fauna Terrestre de acuerdo con el antecedente de la línea base del Medio Biótico de la RCA N° 89/2019, se identificaron 9 especies de aves observadas directamente en terreno, más 23 especies de aves, 9 especies de mamíferos y 1 especie de reptil cuya presencia en otras estaciones del año fue descrita por los observadores locales y respaldada por literatura o bases de datos abiertas que describen la distribución de estas especies en el predio del aeródromo.

Ninguna de las especies observadas directamente en el terreno de este antecedente de línea de base presenta problemas de conservación. Mientras que, entre las especies descritas por observadores locales, se presentan una especie clasificada “En Peligro”, dos especies clasificadas “Casi Amenazadas”, dos especies en estado “Vulnerable”, una especie clasificada “Rara”, y dos especies en “Preocupación Menor”, sin embargo, todas estas especies registraron baja frecuencia de observación en el interior del aeródromo (máximo 30% de los observadores comentaron haberlas visto alguna vez en el aeródromo).

A continuación, se listan las especies descritas por observadores locales en las distintas categorías de conservación indicadas anteriormente:

- En Peligro:
 - *Cisne Cocoroba (Coscoroba coscoroba)*
- Casi Amenazada:
 - *Piche o Quirquincho (Zaedyus pichiy)*
 - *Puma (Puma concolor)*
- Vulnerable:
 - *Flamenco (Phoenicopterus chilensis)*
 - *Halcón peregrino (Falco peregrinus)*
- Rara:
 - *Perdiz (Attagis gayi)*
- Preocupación menor:
 - *Zorro (Lycalopex griseus o Lycalopex)*
 - *Chingue o Zorrillo (Conepatus chinga humboldtii)*

Destaca de igual forma el antecedente citado, que el área de influencia para fauna considera una superficie más amplia que la de flora, dado a que la mayoría de las especies que visitan el predio del aeródromo especialmente de aves con un peak de fauna en primavera, tienen un rango de hogar amplio y se desplazan por el mismo dirigiéndose a cuerpos de agua que están hacia el oeste del predio o a formaciones boscosas de Lengua-Nirre que están hacia sur del predio, haciendo de la Estepa Patagónica una zona de abundante fauna, por lo que podrían presentarse potenciales áreas de nidificación, reproducción o alimentación dentro del predio y sus adyacencias, especialmente en las estaciones de primavera y verano.

Cuando se realice la campaña en terreno para la Línea de Base del Medio Biótico del presente estudio (Subetapa 4.1) se presentará análisis completo del componente, de no detectarse singularidad para la fauna nativa en estado de conservación que visita el predio del aeródromo, tales como áreas de nidificación, reproducción o alimentación, se podrá descartar afectación alguna al componente Fauna Terrestre en el Área de Influencia del Proyecto.

6.1.2.4 ARQUEOLOGIA

De acuerdo con el antecedente de la línea base Arqueología y Patrimonio Cultural de la RCA N° 89/2019, las referencias bibliográficas específicas de la zona donde se emplaza dicho proyecto sugieren escasas probabilidades de existencia de asentamientos arqueológicos, lo que fue ratificado con los resultados de la prospección pedestre arqueológica realizada para entonces, ya que indicaron la total ausencia en superficie de monumentos nacionales arqueológicos o patrimoniales en el área de emplazamiento del proyecto.

En dicho antecedente también se descartó la presencia de monumentos nacionales definidos por la Ley N° 17.288, así como de elementos del patrimonio cultural en el Área de Influencia de dicho Proyecto. Sin embargo, el área del presente proyecto en estudio no fue prospectada en dicha línea de base, por lo tanto, se deberá hacer una prospección arqueológica para lograr determinar si existe en el área del proyecto susceptibilidad de encontrar sitios arqueológicos o sensibilidades ambientales de este componente durante las actividades de escarpe y/o excavación en la etapa de construcción.

Cabe destacar la existencia en el área de influencia de dos sitios de interés para el análisis del patrimonio cultural: la iglesia de Balmaceda ubicada en la localidad homónima y el cementerio de Balmaceda ubicado a unos 220 metros aproximadamente al sur del predio del aeródromo.

6.1.2.5 USOS DE SUELO, PLANIFICACION Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

La situación de uso del suelo actual del Aeródromo de Balmaceda en relación con los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT) en la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, es que no presenta IPT vigentes involucrados a su espacio territorial, dado a que su perímetro se encuentra fuera del área urbana oficial establecida por el Plan Regulador Comunal (PRC) vigente de Coyhaique (Ordenanza publicada el 10-12-1987 y con última modificación publicada el 28-04-2015). Cabe destacar que actualmente se encuentra en formulación la modificación a este PRC, pero a la fecha, se encuentra en trámite a espera de la aprobación por Decreto Alcaldicio.

Por lo anterior, se puede afirmar que no existe alguna zonificación territorial de indicaciones o restricciones asociadas a la operación del aeródromo, en relación con condiciones de uso de suelo o edificación asociada al área de influencia del aeródromo.

Se destaca además, que actualmente se encuentran en formulación el Plan Regulador Intercomunal (PRI) Coyhaique Puerto Aysén, y a la fecha se encuentra en trámite a espera por la aprobación de la Contraloría. No obstante, no se ha identificado algún IPT en formulación que permita incorporar algún tipo de regulación asociada al Aeródromo de Balmaceda.

También se encuentran en formulación el Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU) de Coyhaique, cuyo objetivo será establecer, entre otras consideraciones, las metas de crecimiento de la región, las relaciones entre las áreas de influencia del territorio, los roles de los centros urbanos, entre otras, siendo un IPT netamente de carácter indicativo y orientador, no imponiendo restricciones de tipo normativo ni marcos regulatorios en el territorio, debiendo sus lineamientos estratégicos ser recogidos por instrumentos de planificación territorial de menor jerarquía. A la fecha se encuentra en trámite a espera por la aprobación de la Contraloría.

Respecto a los Instrumentos de Ordenamiento Territorial en la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y su relación con el área de emplazamiento del proyecto, la Región cuenta con un Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) vigente, aprobado en sesión del CORE con fecha 09 de enero de 2014, y en el mismo, el área donde se ubica el aeródromo se emplaza en un mosaico de zonificación territorial con cinco funciones preferentes distinguibles: “Agropecuaria con prioridad agrícola”; “Agrícola prioritario, pecuario, agroturismo, y turismo rural”; “Agropecuaria”; “Agropecuaria, agroturismo y turismo rural” y “Pecuario”, esto, dado a que la zona es una de las de mayor potencial agrícola y pecuario de la región. En dicho instrumento el aeródromo de Balmaceda corresponde al uso infraestructura dentro de las actividades denominadas habilitantes contempladas en el mismo, y el presente proyecto en estudio se enmarca dentro de su Plan de Acción, siendo el objetivo en este caso la Infraestructura, en lo que concierne a Mejorar la Infraestructura Portuaria y Aeroportuaria.

Dado al análisis anterior, se puede concluir que a la fecha en el área de estudio no se registran incompatibilidades con algún instrumento de planificación o de ordenamiento territorial, pues, el proyecto se desarrollará en el mismo predio del actual aeródromo, bajo el mismo uso actual

6.1.3 Sensibilidades Ambientales

Como principales sensibilidades ambientales se identifican las siguientes:

- Un aspecto relevante de la flora de la Estepa Patagónica característica de la zona donde se emplaza el aeródromo es la presencia del grupo de las cactáceas más australes de Chile, conformado por *Austrocactus patagonicus*, *Maihueiopsis darwinii* var. *darwinii*, *Maihuenia patagonica*, *Pterocactus australis* y *Pterocactus hickenii*. Éstas son las únicas especies de la región que han sido sometidas al proceso de clasificación de especies y asignadas a la categoría de conservación “En Peligro”, por lo que es de especial importancia detectar la presencia de estas especies en el área de influencia del proyecto, aunque de acuerdo con el estudio de línea base del Medio Biótico de la RCA N° 89/2019, se descartó la presencia de especies de flora en estados de conservación en todo el predio.
- Una de las formaciones vegetacionales dominantes en la zona donde se emplaza el aeródromo es el matorral con dominancia de formaciones arbustivas, como el Neneo (*Mulinum spinosum*), éstos representan sitios son ecosistemas muy frágiles con vocación de protección y vida silvestre.
- La Estepa Patagónica característica de la zona donde se emplaza el aeródromo es un ambiente muy rico en fauna, la mayoría de las especies que visitan el predio del aeródromo especialmente de aves con un peak en primavera, tienen un rango de hogar amplio y se desplazan por el mismo dirigiéndose a cuerpos de agua que están hacia el oeste del predio o a formaciones boscosas de Lenga-Ñirre que están hacia el sur del predio del aeródromo, por lo que podrían presentarse potenciales áreas de nidificación, reproducción o alimentación dentro del predio y sus adyacencias, especialmente en las estaciones de primavera y verano.
- De acuerdo con el Inventario de Humedales del Ministerio del Medioambiente (MMA) del año 2020, actualmente en el sector oeste del aeródromo, parte del predio del mismo se encuentra dentro del área de un área de humedal que forma parte de la subcuenca hidrográfica del Río Simpson, este no está asociado a límite urbano y no cuenta con declaratoria de protección ni tramitación alguna a la fecha para su protección oficial. Dicho humedal corresponde al curso de agua permanente del Río Oscuro y su vega de inundación y el predio del aeródromo se inserta en el área del humedal en una distancia que alcanza aproximadamente los 75 metros.

Cabe destacar que si bien este humedal no está protegido, la sensibilidad ambiental radica en que parte de la superficie del predio del aeródromo al encontrarse dentro del área del humedal, este se encuentra muy cercano a sectores donde se prevén los alcances del proyecto en estudio, por lo que se hace susceptible de afectación por obras tales como movimientos de tierra.

- De acuerdo con lo informado por la DGAC mediante Ley de Transparencia, existe un área de aproximadamente 7,9 há correspondiente a un plan de manejo de compensación forestal dentro del predio del aeródromo, específicamente al noroeste del mismo como se puede apreciar en la figura 2.3, y está constituido por individuos de la especie introducida Pino Insigne (*Pinus Radiata*), por lo que se hace necesario considerar su ubicación, en función de que no sea intervenido o afectado por las obras temporales o permanentes del presente proyecto en estudio.

6.2 SUBETAPA 4.B “CONSULTA DE PERTINENCIA”

A continuación, se presentan los análisis del artículo 2, literales g1, g2, g3 y g4, y el artículo 3 del D.S. 40/2012, los cuales permiten descartar que el Proyecto requiera ingresar al SEIA. En primer lugar, se hace análisis del artículo 3 del D.S. 40/2012, pues este artículo considera el ingreso de acuerdo a la totalidad de un proyecto, basado en su tipología.

6.2.1 Indicación de las características generales del Proyecto o Actividad y sus cualidades específicas, de acuerdo con las posibles tipologías establecidas en el Artículo 10 de la Ley 19.300 y especificadas en el Artículo 3 del Reglamento del SEIA.

La Ley N°19.300 sobre bases generales del medio ambiente y sus modificaciones, establece en su Art 8° que los proyectos o actividades indicadas en el Art 10° y detalladas en el Art 3° del D.S. 40/2012, en adelante, el Reglamento, solo podrán

ejecutarse o modificarse previa evaluación de su impacto ambiental. A continuación, se presenta el análisis de cada uno de los literales de los proyectos que deben someterse al SEIA.

Tabla 6.4: Análisis de los literales del Artículo 3 del Reglamento del SEIA

LITERAL DEL DS40/2012 QUE OBLIGA SU INGRESO A EVALUACIÓN EN EL SEIA	FUNDAMENTO
e) Aeropuertos, terminales de buses, camiones y ferrocarriles, vías férreas, estaciones de servicio, autopistas y los caminos públicos que puedan afectar áreas protegidas. e.1. Se entenderá por aeropuerto el aeródromo público que se encuentra habilitado para la salida y llegada de aeronaves en vuelos internacionales. Se entenderá por aeródromo toda área delimitada, terrestre o acuática, habilitada por la autoridad aeronáutica y destinada a la llegada, salida y maniobra de aeronaves en la superficie.	De acuerdo con la Resolución Exenta N° 208 01075 del 26 de agosto de 1999 de la DGAC (Anexo 8) que autoriza el establecimiento y operación del Aeródromo Balmaceda, dicho aeródromo no está habilitado para la llegada y salida de vuelos internacionales, por lo tanto, no corresponde a un aeropuerto o proyecto descrito en el literal e). El Aeródromo Balmaceda es un aeródromo público usado principalmente para operaciones aéreas comerciales a nivel nacional, además de la operación habitual de aviación militar y reducida actividad de aviación general. Este Aeródromo no está habilitado para la llegada y salida de vuelos internacionales, por lo tanto, no corresponde a un proyecto listado en el Artículo 3 del Reglamento.
g) Proyectos de desarrollo urbano o turístico, en zonas no comprendidas en alguno de los planes evaluados estratégicamente de conformidad a lo establecido en el párrafo 1º bis del Título II de la Ley. Se entenderá por planes a los instrumentos de planificación territorial. g.1. Se entenderá por proyectos de desarrollo urbano aquellos que contemplen obras de edificación y/o urbanización cuyo destino sea habitacional, industrial y/o de equipamiento, de acuerdo a las siguientes especificaciones: g.1.1. Conjuntos habitacionales con una cantidad igual o superior a ochenta (80) viviendas o, tratándose de vivienda social, vivienda progresiva o infraestructura sanitaria, a ciento sesenta (160) viviendas. g.1.2. Proyectos de equipamiento que correspondan a predios y/o edificios destinados en forma permanente a salud, educación, seguridad, culto, deporte, esparcimiento, cultura, comercio, servicios, fines científicos o sociales y que contemplen al menos una de las siguientes características: a) superficie construida igual o mayor a cinco mil metros cuadrados (5.000 m²); b) superficie predial igual o mayor a veinte mil metros cuadrados (20.000 m²); c) capacidad de atención, afluencia o permanencia simultánea igual o mayor a ochocientos (800) personas; d) doscientos (200) o más sitios para el estacionamiento de vehículos. g.1.3. Urbanizaciones y/o loteos con destino industrial de una superficie igual o mayor a treinta mil metros cuadrados (30.000 m²). g.2. Se entenderá por proyectos de desarrollo turístico aquellos que contemplen obras de edificación y urbanización destinados en forma permanente al hospedaje y/o equipamiento para fines turísticos, tales como centros para alojamiento turístico; campamentos de turismo o campings; sitios que se habiliten en forma permanente para atracar y/o guardar naves especiales empleadas para recreación; centros y/o canchas de esquí, playas, centros de aguas termales u otros, que contemplen al menos una de las siguientes características: a) superficie construida igual o mayor a cinco mil metros cuadrados (5.000 m²); b) superficie predial igual o mayor a quince mil metros cuadrados (15.000 m²); c) capacidad de atención, afluencia o permanencia simultánea igual o mayor a trescientas (300) personas; d) cien (100) o más sitios para el estacionamiento de vehículos; e) capacidad igual o superior a cien (100) camas; f) doscientos (200) o más sitios para acampar; o g) capacidad para un número igual o superior a cincuenta (50) naves.	Cabe destacar que el Proyecto consiste en modificar parte de la infraestructura horizontal correspondiente al área de movimiento del aeródromo existente, en función de garantizar condiciones de mayor seguridad a las operaciones aéreas que particularmente ahí se realizan. El proyecto no corresponde a conjuntos habitacionales, por ende no aplica el literal g.1.1. De acuerdo a la ordenanza General de Urbanismo y Construcción en su Artículo 2.1.29, los aeródromos se clasifican como Infraestructura de Transporte, por lo tanto, el proyecto no cumple con la clasificación de equipamiento que corresponde a predios y/o edificios destinados en forma permanente a salud, educación, seguridad, culto, deporte, esparcimiento, cultura, comercio, servicios, fines científicos o sociales, indicada en el subliteral g.1.2. El proyecto no corresponde a urbanizaciones y/o loteos con destino industrial, por ende no aplica el literal g.1.3. Tampoco corresponde a proyectos de desarrollo turístico, dado a que no contempla obras de edificación y urbanización destinados en forma permanente al hospedaje y/o equipamiento para fines turísticos, tales como centros para alojamiento turístico; campamentos de turismo o campings; sitios que se habiliten en forma permanente para atracar y/o guardar naves especiales empleadas para recreación; centros y/o canchas de esquí, playas, centros de aguas termales u otros, que contemplen al menos una de las características especificadas en el subliteral g.2.
o) Proyectos de saneamiento ambiental, tales como sistemas de alcantarillado y agua potable, plantas de tratamiento de agua o de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos.	Si bien entre las obras que contempla el proyecto se incluye el saneamiento de aguas lluvias, este consistirá en obras de drenajes que reemplazan o mejoran las obras existentes; en general abiertas, a obras entubadas con sumideros y cámaras, pero que finalmente descargan tal como lo hace actualmente a un drenaje existente, por tal razón, no aplica el siguiente subliteral:

LITERAL DEL DS40/2012 QUE OBLIGA SU INGRESO A EVALUACIÓN EN EL SEIA	FUNDAMENTO
p) Ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos en que la legislación respectiva lo permita.	o.2. Sistemas de alcantarillado o evacuación de aguas lluvias, cuando se interconecten con redes de alcantarillado de aguas servidas que atiendan a una población igual o mayor a diez mil (10.000) habitantes. En cuanto a las otras instalaciones descritas en este literal o), el Proyecto no contempla ninguna de ellas. El Proyecto no será construido en un parque nacional, reserva nacional, monumento natural, reserva de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parque marino, reserva marina, sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad (artículo 11, letra D de la Ley 19.300), humedal asociado a límite urbano u otro colocado bajo protección oficial. La distancia más corta entre el Proyecto y un área colocada bajo protección oficial es mayor a 11 kilómetros, correspondiendo al Parque Nacional Cerro Castillo (Decreto Nº 88 del 27 de julio de 2018 del Ministerio de Bienes Nacionales).

Fuente: Elaboración Propia

6.2.2 Artículo 2 del Reglamento del SEIA

El Artículo 2° letra g) del Reglamento, define el concepto de "Modificación de proyecto o actividad" como la "Realización de obras, acciones o medidas tendientes a intervenir o complementar un proyecto o actividad, de modo tal que éste sufra cambios de consideración." Luego agrega que "Se entenderá que un proyecto o actividad sufre cambios de consideración cuando:

- g.1. Las partes, obras o acciones tendientes a intervenir o complementar el proyecto o actividad constituyen un proyecto o actividad listado en el artículo 3 del presente Reglamento;*
- g.2. Para los proyectos que se iniciaron de manera previa a la entrada en vigencia del sistema de evaluación de impacto ambiental, si la suma de las partes, obras o acciones tendientes a intervenir o complementar el proyecto o actividad de manera posterior a la entrada en vigencia de dicho sistema que no han sido calificados ambientalmente, constituye un proyecto o actividad listado en el artículo 3 del presente Reglamento. Para los proyectos que se iniciaron de manera posterior a la entrada en vigencia del sistema de evaluación de impacto ambiental, si la suma de las partes, obras y acciones que no han sido calificadas ambientalmente y las partes, obras o acciones tendientes a intervenirlo o complementarlo, constituyen un proyecto o actividad listado en el artículo 3 del presente Reglamento;*
- g.3. Las obras o acciones tendientes a intervenir o complementar el proyecto o actividad modifican sustantivamente la extensión, magnitud o duración de los impactos ambientales del proyecto o actividad; o*
- g.4. Las medidas de mitigación, reparación y compensación para hacerse cargo de los impactos significativos de un proyecto o actividad calificado ambientalmente, se ven modificadas sustantivamente.*

De lo señalado en el numeral anterior, se desprende que para estar frente a una modificación de proyecto o actividad y, consecuentemente, para que exista la obligación de su ingreso al SEIA, se debe presentar cualquiera de los cuatro criterios que se citaron anteriormente.

Dado a que la presente Consulta de Pertinencia de Ingreso corresponde a la modificación de un proyecto existente sin RCA vigente, sólo aplica para la misma el análisis de los citados literales g.1 y g.2, análisis que se pormenorizan a continuación:

6.2.2.1 ANÁLISIS DE PERTINENCIA DEL ARTÍCULO 2 DEL REGLAMENTO, LITERAL G1

Las actividades descritas en el presente documento indican que el proyecto consiste en la ejecución de obras que no corresponden a algún proyecto o actividad listada en el Art. 3° del Reglamento del SEIA. Por lo tanto, el proyecto "NORMALIZACIÓN ÁREA DE MOVIMIENTO AERÓDROMO DE BALMACEDA", no constituye por sí solo un proyecto o actividad del Artículo 3° del Reglamento del SEIA.

En efecto, los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y que tiene relación con el proyecto son los siguientes:

1. Letra e) Aeropuertos, terminales de buses, camiones y ferrocarriles, vías férreas, estaciones de servicio, autopistas y los caminos públicos que puedan afectar áreas protegidas;

e.1. Se entenderá por aeropuerto el aeródromo público que se encuentra habilitado para la salida y llegada de aeronaves en vuelos internacionales. Se entenderá por aeródromo toda área delimitada, terrestre o acuática, habilitada por la autoridad aeronáutica y destinada a la llegada, salida y maniobra de aeronaves en la superficie.

Respecto de esta Tipología, cabe señalar que el Código Aeronáutico, Ley N° 18.916 de 1990, define los conceptos de Aeródromo y de Aeropuerto:

Artículo 7°: Aeródromo es toda área delimitada, terrestre o acuática, habilitada por la autoridad aeronáutica y destinada a la llegada, salida y maniobra de aeronaves en la superficie.

Artículo 10°: Son aeropuertos todos los aeródromos públicos que se encuentran habilitados para la salida y llegada de aeronaves en vuelos internacionales.

De acuerdo con la Resolución Exenta N° 208 01075 del 26 de agosto de 1999 de la Dirección General de Aeronáutica Civil-DGAC (Anexo 8) que autoriza el establecimiento y operación del Aeródromo Balmaceda, dicho aeródromo no está habilitado para la llegada y salida de vuelos internacionales, por lo tanto, dicho recinto no corresponde a un aeropuerto.

El Aeródromo Balmaceda es un aeródromo público usado principalmente para operaciones aéreas comerciales a nivel nacional, además de la operación habitual de aviación militar y reducida actividad de aviación general. Esto, sumado a los antecedentes del Código Aeronáutico y la DGAC, los cuales señalan que para que un Aeropuerto califique como tal, deberá tener vuelos internacionales itinerantes asociados a cierta regularidad, por lo tanto, este aeródromo al no está habilitado para la llegada y salida de vuelos internacionales, no concierne a un aeropuerto y en consecuencia no corresponde a un proyecto descrito en el literal e) del Artículo 3 del Reglamento, por lo que no ingresaría al SEIA por esta tipología.

2. Letra g) Proyectos de desarrollo urbano o turístico, en zonas no comprendidas en alguno de los planes evaluados estratégicamente de conformidad a lo establecido en el párrafo 1° bis del Título II de la Ley. Se entenderá por planes a los instrumentos de planificación territorial.

g.1. Se entenderá por proyectos de desarrollo urbano aquellos que contemplen obras de edificación y/o urbanización cuyo destino sea habitacional, industrial y/o de equipamiento, de acuerdo a las siguientes especificaciones:

g.1.2. Proyectos de equipamiento que correspondan a predios y/o edificios destinados en forma permanente a salud, educación, seguridad, culto, deporte, esparcimiento, cultura, comercio, servicios, fines científicos o sociales y que contemplen al menos una de las siguientes características:

a) superficie construida igual o mayor a cinco mil metros cuadrados (5.000 m²);

b) superficie predial igual o mayor a veinte mil metros cuadrados (20.000 m²);

c) capacidad de atención, afluencia o permanencia simultánea igual o mayor a ochocientas (800) personas;

d) doscientos (200) o más sitios para el estacionamiento de vehículos.

Cabe destacar que el Proyecto consiste en modificar parte de la infraestructura horizontal correspondiente al área de movimiento del aeródromo existente, en función de garantizar condiciones de mayor seguridad a las operaciones aéreas que

particularmente ahí se realizan y de acuerdo a la ordenanza General de Urbanismo y Construcción en su Artículo 2.1.29, los aeródromos se clasifican como Infraestructura de Transporte, por lo tanto, el proyecto no cumple con la clasificación de equipamiento que corresponde a predios y/o edificios destinados en forma permanente a salud, educación, seguridad, culto, deporte, esparcimiento, cultura, comercio, servicios, fines científicos o sociales, indicada en el subliteral g.1.2.

3. Letra o) Proyectos de saneamiento ambiental, tales como sistemas de alcantarillado y agua potable, plantas de tratamiento de agua o de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos.

o.2. Sistemas de alcantarillado o evacuación de aguas lluvias, cuando se interconecten con redes de alcantarillado de aguas servidas que atiendan a una población igual o mayor a diez mil (10.000) habitantes.

Si bien entre las obras que contempla el proyecto se incluye el saneamiento de aguas lluvias, este consistirá en obras de drenajes que reemplazan o mejoran las obras existentes; en general abiertas, a obras entubadas con sumideros y cámaras, pero que finalmente descargan tal como lo hace actualmente a un drenaje existente, por tal razón, no aplicaría el subliteral o.2.

En cuanto a las otras instalaciones descritas en este literal o), el Proyecto no contempla ninguna de ellas.

Por lo anterior no aplica el literal o) en ninguno de sus subliterales.

4. Letra p) Ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos naturales, reservas en zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas, o en cualesquiera otras áreas colocadas bajo protección oficial, en los casos en al que la legislación respectiva lo permita.

El Proyecto no será construido en un parque nacional, reserva nacional, monumento natural, reserva de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parque marino, reserva marina, sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad (artículo 11, letra D de la Ley 19.300), humedal asociado a límite urbano u otro colocado bajo protección oficial.

En la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, existen declaradas actualmente dieciocho áreas protegidas pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), las que se desglosan en seis (6) parques nacionales, diez (10) reservas nacionales y dos (2) monumentos naturales.

De acuerdo con el análisis de superposición cartográfica efectuado, entre el perímetro del Aeródromo de Balmaceda y las áreas colocadas bajo protección oficial señaladas anteriormente, se puede apreciar que el aeródromo se ubica distante a las mismas, siendo el Parque Nacional Cerro Castillo (Decreto Nº 88 del 27 de julio de 2018 del Ministerio de Bienes Nacionales), el área protegida más aproximada, estando a más de 11 kilómetros aproximadamente al suroeste del aeródromo.

Figura 6.4: Aeródromo Balmaceda y áreas colocadas bajo protección oficial



Fuente: Elaboración propia en ArcGIS en base a información cartográfica del MMA

En el siguiente cuadro se identifican las 4 áreas colocadas bajo protección oficial más próximas al área del proyecto así como las distancias en kilómetros con respecto al mismo.

Tabla 6.5: Áreas colocadas bajo protección oficial y su distancia al Proyecto

Áreas colocadas bajo protección oficial	Distancia en Kilómetros al Proyecto
Parque Nacional Cerro Castillo	11
Zona de Interés Turístico (ZOIT) Lago Carrera	37,9
Sitio Prioritario para la Biodiversidad Sector Hudson	71,5
Santuario de la Naturaleza Estero de Quitralko	140

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la existencia de humedales en el área de influencia del proyecto, de acuerdo con el actual Inventario Nacional de Humedales del Ministerio del Medioambiente (MMA), en el perímetro occidental del aeródromo está delimitada un área de humedal que forma parte de la subcuenca hidrográfica del Río Simpson, el cual no está asociado a límite urbano y tampoco cuenta con declaratoria de protección ni tramitación alguna a la fecha para su protección oficial. Dicho humedal corresponde al curso de agua permanente del Río Oscuro y su vega de inundación, y si bien el predio del aeródromo se inserta de forma acotada en el área del humedal, las obras del proyecto tampoco lo intervienen, además, que las áreas destinadas a ser intervenidas por las obras del proyecto aledañas al área del humedal, corresponden a terrenos ya intervenidos y sin vegetación aparente, mientras que en el entorno inmediato donde se incluye el área del humedal, se presenta una formación vegetal herbácea poco densa de Coirón Blanco (*Festuca pallenscens*) concerniente a la estepa patagónica, sin registro en terreno de especies de flora evaluadas con alguna categoría de conservación, incluidas hasta el proceso diecisiete (D.S. 44/2021 MMA). Ver Anexo 7. Estudio Línea Base Medio Biótico Terrestre.

En la siguiente figura se puede apreciar la ubicación del Humedal Río Oscuro respecto al perímetro del aeródromo Balmaceda y el emplazamiento de las obras del proyecto.

Figura 4.5: Humedal Río Oscuro (no asociado a límite urbano) aledaño al aeródromo Balmaceda



Fuente: Elaboración propia en ArcGIS en base a cartografía del Inventario Nacional de Humedales del MMA

Por lo tanto, de acuerdo con todo lo anteriormente argumentado, se puede concluir que a la fecha, en el área del aeródromo, en su entorno inmediato o cercano, se descarta por completo la existencia de áreas protegidas u otras áreas colocadas bajo protección oficial que pudiesen ser afectados por las obras y acciones del proyecto.

Por lo anterior no aplica el literal p).

Por lo tanto, dado a todo lo argumentado anteriormente no aplica el literal q1 del Artículo 2 del Reglamento.

6.2.2.2 ANÁLISIS DE PERTINENCIA DEL ARTÍCULO 2 DEL REGLAMENTO, LITERAL G2

g.2. Para los proyectos que se iniciaron de manera previa a la entrada en vigencia del sistema de evaluación de impacto ambiental, si la suma de las partes, obras o acciones tendientes a intervenir o complementar el proyecto o actividad de manera posterior a la entrada en vigencia de dicho sistema que no han sido calificados ambientalmente, constituye un proyecto o actividad listado en el artículo 3 del presente Reglamento. Para los proyectos que se iniciaron de manera posterior a la entrada en vigencia del sistema de evaluación de impacto ambiental, si la suma de las partes, obras y acciones que no han sido calificadas ambientalmente y las partes, obras o acciones tendientes a intervenirlo o complementarlo, constituyen un proyecto o actividad listado en el artículo 3 del presente Reglamento;

Cabe destacar que si bien el Proyecto se inició antes de la entrada en vigencia de la Ley 19.300 y el D.S. 40/2012, se descarta el supuesto de este literal debido a que las partes, obras y acciones que intervienen o complementan el proyecto original, no corresponden a una tipología de ingreso listado en el Artículo 3 del Reglamento.

6.2.3 Análisis de “Cambios de Consideración”

El Instructivo SEA sobre Consultas de Pertinencia de Ingreso³², establece que *“Desde la perspectiva contraria, debe entenderse que los proyectos y actividades no sufren cambios de consideración cuando las obras, acciones o medidas tendientes a intervenirlos o complementarlos no implican una alteración en las características propias del proyecto o actividad. Es decir, cuando la intervención o complementación del proyecto se refiere a obras de mantención o conservación, reparación o rectificación, reconstitución, reposición, o renovación.*

En tal sentido, debe entenderse:

- Una obra de mantención o conservación de un proyecto o actividad es una intervención que tiene por efecto prevenir el deterioro de algunos de sus elementos,
- Una obra de reparación o rectificación de un proyecto o actividad es una intervención que tiene por efecto arreglar, enmendar, corregir o remediar uno o más de sus elementos que se encuentren rotos o estropeados, o que no funcionen tal como en su primer estado,
- Una obra de reconstitución de un proyecto o actividad es una intervención que tiene por efecto volver a constituir o rehacer uno o más de sus elementos, y
- Una obra de renovación de un proyecto o actividad es una intervención que tiene por efecto hacer como nuevo o volver a su primer estado uno o más de sus elementos.”

De acuerdo con esta definición sobre cambios de consideración que establece el Instructivo SEA sobre Consultas de Pertinencia de Ingreso, las obras, acciones o medidas tendientes a intervenir o complementar el actual proyecto no implican una alteración en las características propias y/o actividades del mismo, dado a que el Proyecto corresponde exclusivamente a obras de normalización del área de movimiento del aeródromo, es decir, obras que modificarán parte de la infraestructura horizontal existente, con el fin de subsanar las brechas de carácter normativo en la infraestructura del área de movimiento actual, específicamente en pista, calles de rodaje, sistema de drenaje e iluminación aeroportuaria, las cuales requieren ser subsanadas para que el aeródromo quede en cumplimiento respecto a la normativa aeronáutica vigente y se garantice la seguridad en las operaciones aeroportuarias que allí se realizan.

Por lo anterior, el proyecto no correspondería a un cambio de consideración.

6.2.4 Conclusiones

En base a los antecedentes expuestos, se considera que este proyecto sujeto a consulta no sufre cambios de consideración, puesto que las obras que lo complementan no alteran las características propias del aeródromo, sino que optimizan la seguridad para las operaciones aeroportuarias.

De igual forma, de acuerdo con los antecedentes evaluados, la suma de las partes, obras y acciones del Proyecto sujeto a consulta no corresponden a tipología alguna indicada en el artículo 3° del Reglamento del SEIA.

Por todo lo anteriormente expuesto, el proyecto “Normalización Área de Movimiento Aeródromo de Balmaceda” no debe ingresar al SEIA.

³² ORD N°131456 del 12 de septiembre de 2013: “Consultas de Pertinencia de ingreso de proyectos o actividades o sus modificaciones al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

7 ETAPA 5: EVALUACIÓN SOCIAL

Desarrollo pendiente. Etapa se encuentra actualmente en ciclos de desarrollo y revisión, con programación para emisión de REV-0 el día 02-MAR-2023.

7.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

7.1.1 Área de Estudio e Influencia

En el caso del presente proyecto, su área de estudio e influencia son coincidentes correspondiendo a la delimitación administrativa de la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.

A partir de esta definición se desarrollará su caracterización con el objetivo de contextualizar el área en la cual se encuentra localizado SCBA y el proyecto en estudio, desde un análisis en el que confluyen un conjunto de variables de distinto orden.

Se analiza:

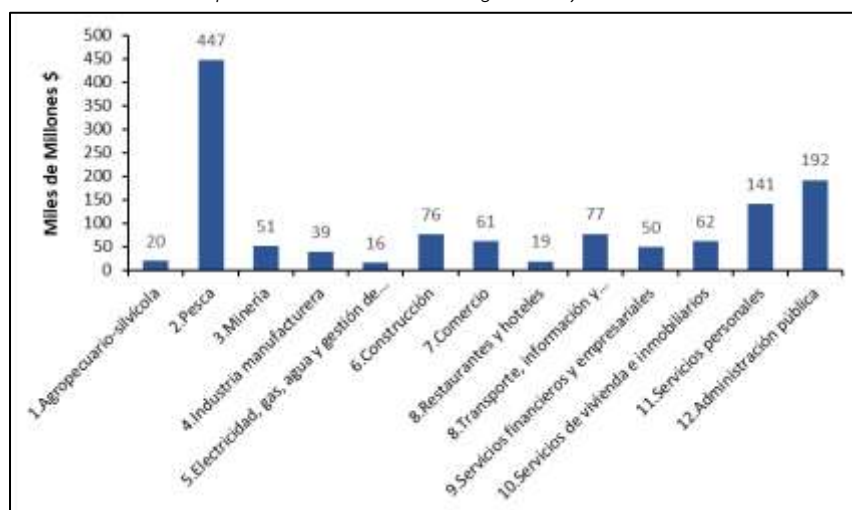
- a) Geografía
- b) Clima
- c) Hidrografía

7.1.2 Actividad Económica

De acuerdo con información obtenida del Banco Central de Chile para el periodo 2013 – 2021, la Región de Carlos Ibáñez del Campo ha representado, en promedio, alrededor de un 0,6% del PIB nacional siendo la de menor participación. En términos de pobreza, la región mantiene un bajo nivel alcanzando un 6,6% (2,3% pobreza extrema), la segunda más baja del país, tal como se refleja en la figura siguiente, bajo el nivel del indicador a nivel nacional que asciende a un 10,8% (4,3% de pobreza extrema).

Desagregado el PIB de la región de Aysén por actividad económica, se puede determinar las principales actividades que se desarrollan en la región:

Figura 7-1. PIB Promedio 2013 – 2021 por actividad económica Región de Aysén del Gral. C. Ibáñez del Campo (Base=2018)



Fuente: Banco Central de Chile

7.1.3 Demografía

De acuerdo con información del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), obtenida a partir del CENSO 2017, la región de Aysén cuenta al año 2021 con una población estimada de 107.737 habitantes. Asimismo, la provincia de Coyhaique tiene una población estimada de 62.415 habitantes, en tanto, la comuna de Coyhaique de 61.496 habitantes. De acuerdo con la misma fuente, se espera un crecimiento promedio interanual a nivel regional de 0,14% para los próximos 15 años, a nivel provincial del orden del 0,17% y comunal del 0,18%.

7.1.4 Infraestructura Aeroportuaria Regional

La región de Aysén cuenta con 33 complejos aeroportuarios (entre aeropuertos y aeródromos) pertenecientes a la red primaria, secundaria y de pequeños aeródromos. Entre ellos se cuentan aeródromos tanto públicos como privados.

7.1.4.1 RED PRIMARIA

El principal complejo aeroportuario de la Región de Aysén, y el único perteneciente a la red primaria, es el aeródromo de “Balmaceda”, ubicado a 55,7 km de distancia al sur de la ciudad de Coyhaique frente a la ciudad de Balmaceda (500 m), en la comuna de Coyhaique. Su clave de referencia es 4D, según su resolución de operación. Durante el año 2021 movilizó un total de 380.184 pasajeros y en el año 2019, previamente a la pandemia por COVID – 19, un total de 681.565 pasajeros.

Dentro de los aeropuertos pertenecientes a la red primaria, ubicados en el área de influencia de Balmaceda, se encuentran El Tepual de Puerto Montt a 501 km y el aeropuerto Carlos Ibáñez del Campo de Punta Arenas a 801 km.

7.1.4.2 RED SECUNDARIA

Esta amplia zona austral de Chile también posee un recinto aeroportuario perteneciente a la Red Secundaria, el Aeródromo “Teniente Vidal” (Código IATA: GXQ, Código OACI: SCCY). Se encuentra ubicado 5 km al sureste de la capital Coyhaique; cuenta con una clave de referencia declarada correspondiente a categoría 3C y es utilizado principalmente por la aviación general.

7.1.4.3 RED DE PEQUEÑOS AERÓDROMOS

Adicionalmente, en la región existen 31 aeródromos menores pertenecientes a la red de pequeños aeródromos, tanto públicos como privados.

Tabla 7-1. Red de pequeños aeródromos región de Aysén del Gral. C. Ibáñez del Campo

Red Pequeños Aeródromos Aysén del Gral. C. Ibáñez del Campo		
Aeródromo Enrique Mayer Soto	Aeródromo Lago Verde	Aeródromo Puyuhuapi
Aeródromo Chile Chico	Aeródromo Laguna San Rafael	Aeródromo Estancia Río Cisnes
Aeródromo Cochrane	Aeródromo Melinka	Aeródromo Villa Tapera
Aeródromo Entrada Baker	Aeródromo Cabo 1° Juan Román	Aeródromo Río Murta
Aeródromo Entrada Mayer	Aeródromo Puerto Cisnes	Aeródromo Río Bravo
Aeródromo Fachinal	Aeródromo Puerto Ingeniero Ibáñez	Aeródromo Río Pascua
Aeródromo Caleta Andrade	Aeródromo Marín Balmaceda	Aeródromo Laguna Redonda
Aeródromo Melimoyu	Aeródromo Río Exploradores	Aeródromo Villa Cerro Castillo
Aeródromo La Junta	Aeródromo Puerto Sánchez	Aeródromo Villa O'Higgins
Aeródromo Cacique Blanco	Aeródromo Valchac	
Aeródromo Quitralco	Aeródromo Los Leones	

Fuente: Elaboración Propia

7.1.5 Definición del Problema

Producto del trabajo conjunto DAP – DGAC, en el denominado “Programa de Normalización de la Red Primaria”, se ha constatado que el aeródromo de Balmaceda posee una serie de brechas de infraestructura en su área de movimiento que no permiten asegurar su óptimo funcionamiento, desde un punto de vista operacional y de seguridad, de acuerdo con los

estándares definidos por la normativa aeronáutica, tanto nacional como internacional, para un aeródromo de sus características (clave de referencia 4D).

De esta manera la presente iniciativa de inversión tiene como principal objetivo subsanar las brechas normativas en infraestructura detectadas en su área de movimiento, en un proceso de normalización que permita dejarlos en óptimas condiciones para el desarrollo de sus actividades regulares.

7.1.6 Déficit Actual y Proyectado

El problema que se suscita en SCBA, se produce principalmente por la inexistencia de: i) áreas de seguridad en extremo de pista (RESA), ii) franja de pista nivelada y iii) ensanches o fillets en los empalmes de algunas calles de rodaje. Junto con lo anterior, se ha detectado la existencia de una vulneración de su superficie limitadora de obstáculos (SLO) de aproximación (SA) y despegue (SAD) asociada al umbral 09.

Con la finalidad de comprender y dimensionar este problema de una manera más tangible se ha calculado el déficit de infraestructura que presenta en la actualidad SCBA, debido a los incumplimientos normativos detectados, el cual se ha medido en términos de metros cuadrados (superficie) para dos escenarios: i) sin proyecto (situación actual) y ii) con proyecto (en cumplimiento) que luego fueron contrastados pudiendo determinar finalmente cuantitativamente la brecha existente.

En el escenario con proyecto se han incluido todas las obras requeridas que permitan subsanar las brechas que permitan cumplir cabalmente con las directrices que entrega la normativa aeronáutica; es decir, refleja el dimensionamiento final de los componentes de infraestructura horizontal que posee actualmente SCBA adecuados a la norma.

En la tabla siguiente se presenta un resumen con el dimensionamiento actual de las áreas a intervenir en el aeródromo, su dimensionamiento proyectado (o final) y la diferencia entre ambos.

Con mayor detalle, a continuación se describen las brechas normativas que la presente iniciativa de inversión viene a solucionar:

- a) **Pista 09/27:** La pista tiene falencias en cuanto a su ancho de franja, la que se encuentra incompleta hacia el umbral 09 (poniente). Adicionalmente, en toda la extensión de pista, más allá de su zona nivelada (75 m del eje de pista) se deberá ajustar a normativa, específicamente por el quiebre abrupto a los 90 m desde el eje de pista aprox. donde se emplaza una zanja de drenaje. Con tal nivelación quedará resuelta la nivelación de los desahogos que actualmente mantienen pendientes variables en especial cercanos a la intersección con Alfa.

Por otra parte, la pista no cuenta con zonas RESA en ambos extremos.

Asimismo, se requiere reubicar la antena del localizador pista del sistema ILS, desde el umbral 09 de Alfa hacia el umbral 09 de pista, dado que en su ubicación actual no es útil para la pista 09/27.

Se debe indicar que hacia el umbral 09 (poniente) de la pista no se cuenta con los terrenos en el recinto aeroportuario que permitan normalizar las brechas relacionadas con su ancho de franja, ausencia de zona RESA y reubicación de la antena del localizador de pista del ILS.

Por último, en su extremo poniente, existe una vulneración de la SLO de aproximación (SA) y ascenso en el despegue (SAD), provocada por vehículos que circulan por el camino existente, pasado el cerco perimetral, situado a 70 m de distancia aproximadamente desde el borde de la franja de pista medida por el eje de la misma. Considerando que dicho camino se encuentra por sobre la cota del umbral 09, la situación es más crítica, puesto que da menor posibilidad de acción, ya que cualquier elemento transitando por este camino es potencial obstrucción, debido a la cercanía del umbral al deslinde aeroportuario y el nivel del entorno.

- b) **Rodajes:** En general cumplen con el ancho mínimo; sin embargo, les falta área en las zonas de giro, según simulaciones de aeronaves en servicio y normativa asociada.
- c) **Calle SSEI:** Permite reducir tiempos de respuesta ante emergencias evitando giros de 90°.

7.2 ALTERNATIVAS

7.2.1 Situación Base Optimizada

En la presente iniciativa de inversión no se visualiza una situación base optimizada, puesto que corresponde a un proyecto de “normalización”, con el cual se busca dar solución a las brechas detectadas de acuerdo con la normativa aeronáutica (nacional e internacional) vigente, no dejando espacio para optimizaciones puesto que un proceso de normalización responde a una decisión binaria, cumple o no cumple.

7.2.2 Alternativa de Solución

A continuación, se describen las obras incluidas en la alternativa de solución definida, cuyo análisis se realizó previamente en la etapa de perfil y que se actualizan en esta etapa de diseño de ingeniería, para eliminar las brechas detectadas en SCBA, dando cuenta del problema.

Según recomendaciones DAN 14 154 *Diseño de Aeródromos*, considerando la categoría del aeródromo 4D, y en forma simultánea la categoría de pista número clave 3C para el rodaje Alfa actuando como pista alternativa (no simultánea), se desarrollan las siguientes alternativas de solución para salvar todas las situaciones de incumplimiento normativo:

- a) **Pista 09/27:** Considera el desplazamiento del umbral poniente en 301 m hacia el oriente, coincidiendo con el inicio del rodaje Alfa. Por ello, se amplía en 300 m hacia el umbral oriente, con una longitud resultante de 2.500 m. El tramo adicional se considera en pavimento rígido en 45 m y márgenes asfálticos de 7,5 m en ambos costados, incluye franja y RESA.

Este desplazamiento permite eliminar las brechas asociadas a la vulneración de la SLO que presenta la pista en su umbral 09 respecto de su SA y SAD. Adicionalmente, genera los espacios necesarios para emplazar una zona RESA, ajustar su ancho de franja e incorporar la antena del localizador de pista en dicho umbral.

De esta forma, la zona de 301 m al poniente del nuevo umbral 09 se considerará zona de franja y RESA; de 60 m x 150 m y 240 m x 90 m de largo y ancho, respectivamente. Luego, la ZPCH quedará contenida dentro de los 60 m x 60 m pavimentados, en tanto que para la RESA se retira la 1ra capa de pavimento asfáltico de los 60 m centrales, rellenando con material granular y el resto hasta completar los 90 m (15 m a cada lado) se nivelará con igual material.

- b) **Rodaje Alfa:** Se amplía en igual dimensión que la pista 09/27, esto es 300 m desde su extremo oriente, incluyendo la conexión hacia el nuevo extremo de pista. Su ancho mantiene 30 m en pavimento rígido y 7,5 m en asfalto de margen.

Cabe señalar que esta obra permite mantener la actual configuración y capacidad de SCBA; en efecto, de no ejecutarse las aeronaves deberán rodar por pista 300 m adicionales en la situación con proyecto restándole capacidad a la pista 09/27 y, por ende, a SCBA. Se debe recordar, que la capacidad de un aeropuerto/aeródromo viene dada por su sistema de pistas.

Es importante recordar que uno de los principales objetivos de toda normalización, consiste en superar las brechas normativas sin afectar al resto de los componentes de una obra de infraestructura.

Por último, la utilización de Alfa como pista se enmarca en el escenario que la pista principal se encuentre inutilizada; en tal caso se requiere de una plataforma de giro en el extremo, tal como actualmente posee Alfa en su extremo oriente, ubicada en el costado sur. Dicha plataforma se diseña con un ángulo de intersección de 29°.

- c) **Franja Nivelada:** La franja se considera 60 m antes del nuevo inicio de pista umbral 09 en un ancho de 150 m y hasta 60 m más allá del nuevo umbral 27, contemplando un largo total de 2.620 m.

Normativamente en pista número clave 4 instrumental se contempla nivelación transversal en los primeros 75 m a ambos lados del eje en una pendiente a lo más de 2,5%; y más allá de los 75 m hasta los 150 m la pendiente no debe superar el 5% ascendente o descendente, en tanto que para una pista número clave 3 visual se nivela un total de 75 m desde el eje. Se evitan cambios de pendiente bruscos, drenajes abiertos fuera de normativa, entre otros. La configuración se consigue con rellenos y cortes según se indica en planos de proyecto. Hacia los costados externos de Alfa y pista se nivela en iguales dimensiones.

- d) **Fillets Aviación Comercial:** Se considera adicionar fillets en pavimento asfáltico en las intersecciones de pista con desahogos; es decir, en los codos poniente y oriente, Bravo y Charlie.
- e) **Calle SSEI:** Se considera un trazado diagonal en sentido oriente, según el análisis de tiempo de respuesta del carro SSEI hacia ambos umbrales. El trazado se inicia al borde del camino transversal SSEI a una distancia de 75 m desde el eje de Alfa al norte. En su trayectoria se conecta con Alfa, llegando a pista a 300 m aprox. al oriente del eje del rodaje Bravo. Con ello tendrá una longitud de 363 m aprox. y 8 m de ancho.

7.3 EVALUACIÓN SOCIAL

Una vez desarrollados los estudios técnicos, corresponde actualizar la evaluación social realizada a nivel de perfil, dado que luego de la ingeniería de detalle realizada se tiene mayor certeza respecto de los costos involucrados, permitiendo determinar con mayor precisión el verdadero costo que tiene para el país la normalización de este aeródromo.

Esta evaluación social se realizará siguiendo las Normas, Instrucciones y Procedimientos de Inversión Pública (NIP) establecidos por el Sistema Nacional de Inversiones (SNI), a través del subsistema de análisis técnico – económico (evaluación ex – ante), el cual se encuentra radicado en el Ministerio de Desarrollo social y Familia (MDSF), específicamente en la División de Evaluación Social de Inversiones.

De acuerdo con lo anterior, se utilizará la “Metodología de Formulación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Aeroportuaria (MESPIA)”, la Guía de Precios Sociales vigente y los Requisitos de Información Sectorial (RIS) del sector transporte (subsector transporte aéreo), todos ellos publicados en la página web del MDSF.

Debido a que la presente iniciativa de inversión corresponde a un proceso de “Normalización”³³, que busca principalmente elevar el estándar de la infraestructura horizontal del aeródromo de Balmaceda al nivel que exige la normativa aeronáutica nacional e internacional³⁴ a la que adhiere el país, su evaluación social se desarrollará utilizando una metodología de evaluación “costo – efectividad”, cuyo principal criterio de decisión es el VACS.

7.3.1 Costos

Como primer paso se deben identificar los costos involucrados en esta iniciativa de inversión, para luego, proceder a su cuantificación y posterior valorización.

De esta forma se han identificado tres tipos de costos presentes en este proyecto: i) costos de inversión, ii) costos de mantención de los pavimentos proyectados y iii) costos producidos por emisiones de CO₂ emanadas a la atmósfera durante la fase de ejecución del proyecto (externalidad negativa). A continuación, se detalla cada uno de los costos involucrados.

³³ El NIP vigente define normalización como: “Modificación de un bien o servicio existente con la finalidad de adecuarlo a ciertas normas predeterminadas” (sic).

³⁴ Chile es país signatario de la Organización Aeronáutica Civil y ha adoptado sus recomendaciones y métodos a través del DAR – 14 “Reglamento de Aeródromos” de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

7.3.1.1 COSTOS DE INVERSIÓN

En la siguiente tabla, se presenta un resumen de los costos directos de inversión, a precios de mercado, involucrados en esta iniciativa de inversión, ordenados por obra.

Tabla 7-2. Costos directo de inversión a precios privados (\$ dic 2022)

N°	Descripción	Monto (\$)
1	Área de Movimiento	6.752.307.078
1.1	Pavimentos	5.003.373.954
1.1.1	Franja Área de Movimiento	606.616.508
1.1.2	Pista 09/27	2.386.646.501
1.1.3	Rodaje Alfa	1.570.057.937
1.1.4	Rodaje Bravo	173.530.523
1.1.5	Rodaje Charlie	216.047.470
1.1.6	Nueva Calle SSEI	50.475.015
1.2	Ayudas Visuales e Iluminación	1.748.933.124
1.2.1	Pista 09/27	1.581.534.803
1.2.2	Rodaje Alfa	167.398.321
1.3	Drenajes	2.021.397.533
2	Obras Exteriores	350.747.367
2.1	Seguridad Cercos Aeroportuarios	314.060.657
2.2	Vialidad	36.686.710
Costo Directo		9.124.451.978

Fuente: Etapa 3A Airside Normalización, "Estudio Normalización Área de Movimiento Aeródromo de Balmaceda"

Los montos considerados para gastos generales y utilidades fueron estimados en la ingeniería de detalle y corresponden a un 30% y 10% del costo directo. Sumando costo directo, gastos generales y utilidades se obtiene un subtotal sobre el que se estima el IVA correspondiente. Finalmente, el monto total de inversión corresponde a la suma del subtotal mencionado e IVA.

Estos porcentajes fueron obtenidos de presupuestos estimados en etapas anteriores de esta consultoría. Con el objetivo de mantener la consistencia a lo largo del estudio, se optó por su utilización en la totalidad de las etapas propias de este estudio. Sin perjuicio de lo anterior, se destaca que estos porcentajes considerados corresponden a estándares de mercado manejados típicamente en el sector construcción, sin perjuicio de que puedan existir desviaciones (principalmente al alza).

A continuación, se presenta el costo total del proyecto a precios privados (en \$ del 31 de diciembre de 2022).

Tabla 7-3. Costo total de inversión a precio privado (costos directos e indirectos) (\$ dic 2022)

Descripción	Monto (\$)
Costo Directo	9.124.451.978
Gastos Generales	2.737.335.593
Utilidad	912.445.198
Sub Total	12.774.232.769
IVA	2.427.104.226
Costo Total	15.201.336.995

Fuente: Etapa 3A Airside Normalización, "Estudio Normalización Área de Movimiento Aeródromo de Balmaceda"

Su conversión a precio social se realizó a nivel de precios unitarios, aplicando los factores de corrección vigentes publicados por MDSF. A continuación, se presenta el presupuesto de inversión corregido.

Tabla 7-4. Costo directo de inversión a precios sociales (\$ dic 2022)

N°	Descripción	Monto (\$)
1	Área de Movimiento	6.685.214.275
1.1	Pavimentos	4.965.586.577
1.1.1	Franja Área de Movimiento	601.754.193
1.1.2	Pista 09/27	2.368.642.981
1.1.3	Rodaje Alfa	1.558.359.018
1.1.4	Rodaje Bravo	172.266.501
1.1.5	Rodaje Charlie	214.437.984
1.1.6	Nueva Calle SSEI	50.125.900
1.2	Ayudas Visuales e Iluminación	1.719.627.698
1.2.1	Pista 09/27	1.555.416.745
1.2.2	Rodaje Alfa	164.210.953
1.3	Drenajes	1.981.580.416
2	Obras Exteriores	350.460.553
2.1	Seguridad Cercos Aeroportuarios	314.060.657
2.2	Vialidad	36.399.896
Costo Directo		9.017.255.244

Fuente: Elaboración Propia

En este caso gastos generales y utilidades se valoran a precios de mercado, asimismo no se considera IVA por tratarse de un impuesto (distorsión de mercado) que implica sólo una transferencia de recursos entre agentes económicos y no un aumento de excedentes netos. A continuación, se presenta el costo total estimado a precios sociales.

Tabla 7-5. Costo total de inversión a precios sociales (costos directos e indirectos) (\$ dic 2022)

Descripción	Monto (\$)
Costo Directo	9.017.255.244
Gastos Generales	2.737.335.593
Utilidad	912.445.198
Sub Total	12.667.036.035
IVA	0
Costo Total	12.667.036.035

Fuente: Elaboración Propia

Adicionalmente, como parte de los costos de inversión se ha considerado la compra de terrenos, vía expropiación, necesarios para el emplazamiento de las obras consideradas en el proyecto de normalización, específicamente de aquellas relacionadas con el desplazamiento de la pista 09/27 y del Rodaje Alfa.

Los terrenos a expropiar alcanzan una superficie 153.219 m², corresponden a un sector contiguo a SCBA y forman parte de la propiedad “Balmaceda Santa Cecilia” de 1.150 há. Se encuentran fuera del límite urbano (rural) y son calificados por el SII como “agrícola”, con capacidad de uso de IV. Se accede a ellos a través de la ruta 245 CH.

Su valor de mercado asciende a los \$ 55.114.706, con un precio de \$ 360 por m². Asimismo, se han considerado costos administrativos por \$ 4.114.339, totalizando un costo por concepto de expropiaciones que alcanza los \$ 59.229.045, cuyo detalle se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 7-6. Costo de expropiación y gastos administrativos a precios privados (\$ dic 2022)

N°	Descripción	Monto (\$)
1	Expropiación	55.114.706
2	Gastos Administrativos	4.114.339
2.1	Honorarios Peritos	2.610.744
2.2	Publicación Diario Oficial	770.811
2.3	Publicación Diario Local	513.874
2.4	Receptor Judicial	154.162
2.5	Plano Expropiación	64.748
Total Expropiaciones		59.229.045

Fuente: Etapa 3B Informe de Expropiaciones, “Estudio Normalización Área de Movimiento Aeródromo de Balmaceda”

Su transformación a precio social se presenta en la tabla siguiente. Como se puede observar, el costo de los terrenos se mantiene invariable en ambos casos, puesto que el mercado de los terrenos es de competencia plena, por lo cual su costo privado es coincidente con su valor social en ausencia de distorsiones. Por su parte, los gastos administrativos asociados al proceso expropiatorio se han corregido a su valor social utilizando el factor de corrección de mano de obra calificada (0,97) para honorarios peritos, receptor judicial y plano de expropiación. Por su parte, en el caso de la publicación en el diario oficial y local se ha utilizado un factor de 0,8.

Tabla 7-7. Costo de expropiación y gastos administrativos a precios sociales (\$ dic 2022)

N°	Descripción	Monto (\$)
1	Expropiación	55.114.706
2	Gastos Administrativos	3.772.513
2.1	Honorarios Peritos	2.532.422
2.2	Publicación Diario Oficial	616.649
2.3	Publicación Diario Local	411.099
2.4	Receptor Judicial	149.537
2.5	Plano Expropiación	62.806
Total Expropiaciones		58.887.219

Fuente: Elaboración Propia

Por último, al final se presenta un análisis comparativo entre el presupuesto de inversión estimado en la fase anterior del ciclo de vida de preinversión (perfil) y la presente etapa de ingeniería.

7.3.1.2 COSTOS DE MANTENCIÓN

A continuación, se presenta el Plan de Mantenimiento de esta iniciativa de inversión, incluyendo así únicamente las zonas a construir. Básicamente considera la mantención de los pavimentos rígidos involucrados en el proyecto, de manera de mantenerlos con un estándar estructural adecuado durante todo el horizonte de evaluación (20 años) de esta iniciativa. No se ha incluido una mantención asociada a los pavimentos flexibles puesto que corresponden; en este caso, a márgenes, zonas de protección al chorro (ZPCH) y fillets, zonas que en general, no tienen tránsito y, por ende, se reparan en muy puntuales ocasiones (casi nunca). A continuación, se pueden apreciar las áreas que considera el proyecto con ambas materialidades (asfalto y hormigón).

Tabla 7-8. Áreas por materialidad (m²)

Ítem	Área		
	Asfalto (m2)	Hormigón (m2)	Total (m2)
Pista	7.760	15.137	22.897
Rodaje Alfa	11.628	12.931	24.559
Rodaje Bravo	3.770	0	3.770
Rodaje Charlie	4.246	0	4.246
Calle SSEI	2.058	0	2.058

Fuente: Elaboración Propia

Para cuantificar y valorar el plan de mantenimiento se han considerado los siguientes criterios y supuestos:

- ✓ Antes de 5 años de operación el pavimento no sufrirá daños con un nivel de severidad que requiera mantenimiento; debido a ello los trabajos comienzan a partir de los 6 años de edad del pavimento aprox.
- ✓ Conservadoramente, se consideran trabajos de mantenimiento localizado preventivo cada 3 años aprox.
- ✓ Se estiman trabajos de conservación mayor cada 20 años, del tipo recapado o reconstrucción, lo que puede ser aplazado o adelantado dependiendo del comportamiento del pavimento y las conservaciones localizadas efectuadas que ralenticen el avance de los deterioros.
- ✓ El área a intervenir en un pavimento rígido se asociará a un tamaño de losa estándar de 4,5 x 4,5 m con el fin de poder estandarizar los volúmenes de reparación. Con ello, el área global de hormigón se traduce en una cantidad de

losas de 20,25 m²; luego se estima que las reparaciones corresponderán al 3,0% del número de losas resultante para sello de grietas y bacheos de espesor parcial (éstas últimas generalmente para reparar astillamientos) y al 0,5% para reparaciones de daños estructurales correspondientes a bacheos de espesor total con un área por bacheo de 2,0 X 2,0 m² por losa (en general corresponde a reparación de grieta de esquina) y reemplazo de losas con un área de 20,25 m² por cada una de éstas.

- ✓ Antes de los 10 años es inusual que el pavimento estructural sufra deterioros por carga en severidad media a alta que requiera reparación, pudiendo ser detectado en forma puntual algún daño. Por ello un reemplazo de losa se ve poco probable que ocurra antes de los 10 años.
- ✓ El sello de juntas se aplica más allá de los 10 años de construcción, con una periodicidad de 10 años aprox.

De acuerdo con estos criterios en la tabla siguiente se presentan las superficies a mantener por actividad y año para el pavimento rígido:

Tabla 7-9. Superficies a mantener para pavimento de hormigón, según actividad de mantención (m²)

Año	Sello Grietas	Bacheo Parcial	Bacheo Total	Reemplazo Losas	Sello Juntas	Conservación Mayor
2026	0	0	0	0	0	0
2027	0	0	0	0	0	0
2028	0	0	0	0	0	0
2029	0	0	0	0	0	0
2030	0	0	0	0	0	0
2031	189	11	28	0	0	0
2032	0	0	0	0	0	0
2033	0	0	0	0	0	0
2034	189	11	28	0	0	0
2035	0	0	0	0	0	0
2036	0	0	0	0	0	0
2037	189	11	28	142	12.479	0
2038	0	0	0	0	0	0
2039	0	0	0	0	0	0
2040	189	11	28	142	0	0
2041	0	0	0	0	0	0
2042	0	0	0	0	0	0
2043	189	11	28	142	0	0
2044	0	0	0	0	0	0
2045	0	0	0	0	0	28.068

Fuente: Elaboración Propia

Una vez que se han dimensionado las áreas que se deben mantener por cada año del horizonte de evaluación del proyecto, se procede a su valorización, para lo cual se han utilizado los precios unitarios que se presentan en la tabla siguiente a precios de mercado, con IVA e incluyendo gastos generales y utilidades, para cada actividad de mantención.

Tabla 7-10. Precios unitarios por actividad de mantención a precios privados (\$dic 2022/m²)

Actividad	PU (\$/m ²)
Sello de Grietas	3.808
Bacheo Parcial	78.483
Bacheo Total	101.811
Reemplazo Losas	97.744
Sellado de Juntas	8.505
Conservación Mayor	136.749

Fuente: Elaboración Propia

Luego, en la tabla siguiente se presenta el costo del programa de mantención valorado a precios privados.

Tabla 7-11. Plan de mantención a precios privados (\$ dic 2022)

Año	Sello Grietas	Bacheo Parcial	Bacheo Total	Reemplazo Losas	Sello Junturas	Conservación Mayor	Total Mantención
2026	0	0	0	0	0	0	0
2027	0	0	0	0	0	0	0
2028	0	0	0	0	0	0	0
2029	0	0	0	0	0	0	0
2030	0	0	0	0	0	0	0
2031	719.711	824.076	2.850.704	0	0	0	4.394.491
2032	0	0	0	0	0	0	0
2033	0	0	0	0	0	0	0
2034	719.711	824.076	2.850.704	0	0	0	4.394.491
2035	0	0	0	0	0	0	0
2036	0	0	0	0	0	0	0
2037	719.711	824.076	2.850.704	13.855.254	106.125.161	0	124.374.907
2038	0	0	0	0	0	0	0
2039	0	0	0	0	0	0	0
2040	719.711	824.076	2.850.704	13.855.254	0	0	18.249.745
2041	0	0	0	0	0	0	0
2042	0	0	0	0	0	0	0
2043	719.711	824.076	2.850.704	13.855.254	0	0	18.249.745
2044	0	0	0	0	0	0	0
2045	0	0	0	0	0	3.838.267.353	3.838.267.353

Fuente: Elaboración Propia

La conversión a precios sociales del costo de mantención se realizó a nivel de precios unitarios, utilizando los factores de corrección publicados por MDSF (para mano de obra y bienes transables), manteniendo los valores privados de gastos generales y utilidades y eliminando el IVA. Finalmente, se presentan los precios unitarios convertidos a precios sociales y posteriormente el programa de mantención valorado a precios sociales.

Tabla 7-12. Precios unitarios por actividad de mantención a precios privados (\$dic 2022/m²)

Actividad	PU (\$/m ²)
Sello de Grietas	3.152
Bacheo Parcial	65.525
Bacheo Total	84.524
Reemplazo Losas	81.217
Sellado de Junturas	7.018
Conservación Mayor	114.113

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7-13. Plan de mantención a precios sociales (\$ dic 2022)

Año	Sello Grietas	Bacheo Parcial	Bacheo Total	Reemplazo Losas	Sello Junturas	Conservación Mayor	Total Mantención
2026	0	0	0	0	0	0	0
2027	0	0	0	0	0	0	0
2028	0	0	0	0	0	0	0
2029	0	0	0	0	0	0	0
2030	0	0	0	0	0	0	0
2031	595.689	688.015	2.366.685	0	0	0	3.650.389
2032	0	0	0	0	0	0	0
2033	0	0	0	0	0	0	0
2034	595.689	688.015	2.366.685	0	0	0	3.650.389
2035	0	0	0	0	0	0	0
2036	0	0	0	0	0	0	0
2037	595.689	688.015	2.366.685	11.512.553	87.575.714	0	102.738.656
2038	0	0	0	0	0	0	0
2039	0	0	0	0	0	0	0
2040	595.689	688.015	2.366.685	11.512.553	0	0	15.162.942
2041	0	0	0	0	0	0	0
2042	0	0	0	0	0	0	0
2043	595.689	688.015	2.366.685	11.512.553	0	0	15.162.942
2044	0	0	0	0	0	0	0
2045	0	0	0	0	0	3.202.923.851	3.202.923.851

Fuente: Elaboración Propia

7.3.1.3 COSTO SOCIAL POR EMISIONES DE CO₂ A LA ATMÓSFERA

Durante la fase de inversión se producirán emisiones de CO₂ por el uso de maquinarias y producción de materiales, provocando contaminación atmosférica que representa una externalidad negativa para la población del sector, que debe ser recogida en la evaluación social como un costo adicional para la sociedad provocado por la materialización de este proyecto. Con este objetivo se procedió a cuantificar las emisiones de CO₂ que producirá el proyecto durante su fase de inversión, utilizando para este propósito la metodología de “Análisis de Ciclo de Vida” (ACV) establecida en la normativa internacional ISO 14040 e ISO 14044 (2006a y 2006b), con un enfoque Cradle to Gate. Esta metodología, junto con su aplicación, se detallan en el documento “Sustentabilidad Estructura de Pavimentos” que se acompaña en anexos. De acuerdo con los resultados de este estudio se ha cuantificado una emisión de CO₂ a la atmósfera (huella de carbono) producto de la ejecución de esta iniciativa de inversión de 0,122 toneladas de CO₂/eq tal como se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 7-14. Cuantificación emisiones de CO₂ fase de inversión

Descripción	Toneladas
Emisiones CO ₂	0,122

Fuente: “Sustentabilidad Estructura de Pavimentos”

Una vez que han sido cuantificadas las emisiones de CO₂ se procede a valorarlas en unidades monetarias con el propósito de incluirlas como costo en la evaluación social, para lo cual se utilizó el precio social del carbono publicado por el MDSF en su Guía de Precios Sociales vigente, cuyo valor alcanza los \$25.505 por tonelada al 31 de diciembre de 2022. En la tabla siguiente se presentan los resultados obtenidos de la valoración realizada.

Tabla 7-15. Valorización emisiones de CO₂ fase de inversión a precios sociales (\$ dic 2022)

Descripción	Monto (\$)
Emisiones CO ₂	3.112

Fuente: Elaboración Propia

Este monto se imputa en el flujo de caja en la misma proporción que se realiza la inversión de esta iniciativa, es decir, durante los años 2024 y 2025 como se muestra a continuación:

Tabla 7-16. Costos emisiones CO₂ por Año a precios sociales (\$ dic 2022)

Año	Monto (\$)
2024	1.556
2025	1.556

Fuente: Elaboración Propia

Si bien es cierto, que en la fase de operación también se producen emisiones de CO₂ provocadas por la operación de las aeronaves que utilizan el aeródromo, éstas no se han considerado en la presente evaluación puesto que no existe un diferencial de emisiones entre la situación sin y con proyecto, siendo iguales en ambos escenarios.

7.3.2 Valor Residual

En el último año del horizonte de evaluación se ha considerado el valor residual de las inversiones del proyecto en análisis. De esta manera se incluyen los beneficios futuros que no se encuentran reflejados en el horizonte de evaluación (20 años) de las intervenciones proyectadas cuya vida útil trasciende dicho horizonte.

Con este propósito, se ha utilizado el método de depreciación lineal para su valoración, como segundo mejor, ante la ausencia de un mercado secundario que refleje los precios de mercado (valor económico) de estos activos. De esta forma el valor residual de éstos vendría a corresponder a su valor contable o en libros.

Para su cálculo se han utilizado las definiciones establecidas en las Normas Internacionales de Contabilidad del Sector Público (NICSP) impartidas por la Contraloría General de la República, en las que se considera una vida útil de 50 años para infraestructura horizontal (pistas, calles de rodaje y plataformas) cuya materialidad es hormigón y una de 20 años para aquella infraestructura en pavimento asfáltico. Para el caso de la nueva calle SSEI se ha considerado una vida útil de 20 años, como indica el Servicio de Impuestos Internos (SII) en su “Nueva Tabla de Vida Útil de los Bienes Físicos del Activo Inmovilizado”³⁵.

De esta manera se ha considerado un valor residual sólo de aquellas intervenciones en hormigón, ya que cuentan con una vida útil superior al horizonte de evaluación. En la tabla siguiente se presenta el valor residual estimado a precios de mercado al 31 de diciembre de 2022.

Tabla 7-17. Valor residual de la inversión a precios privados (\$ dic 2022)

Ítem	Materialidad		Vida Útil Materialidad		Valor Residual Materialidad		Valor Residual (\$)
	Asfalto (\$)	Hormigón (\$)	Asfalto (años)	Hormigón (años)	Asfalto (\$)	Hormigón (\$)	
Pista	2.583.033.501	5.038.579.653	20	50	0	3.023.147.792	3.023.147.792
Rodaje Alfa	1.370.513.193	1.524.088.932	20	50	0	914.453.359	914.453.359
Rodaje Bravo	289.101.851	0	20	50	0	0	0
Rodaje Charlie	359.935.085	0	20	50	0	0	0
Calle SSEI	84.091.375	0	20	50	0	0	0
Total							3.937.601.151

Fuente: Elaboración Propia

Su conversión a precios sociales se realizó a nivel de precios unitarios cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 7-18. Valor residual de la inversión a precios sociales (\$ dic 2022)

Ítem	Materialidad		Vida Útil Materialidad		Valor Residual Materialidad		Valor Residual (\$)
	Asfalto (\$)	Hormigón (\$)	Asfalto (años)	Hormigón (años)	Asfalto (\$)	Hormigón (\$)	
Pista	2.154.015.304	4.201.717.740	20	50	0	2.521.030.644	2.521.030.644
Rodaje Alfa	1.144.643.518	1.272.908.956	20	50	0	763.745.373	763.745.373
Rodaje Bravo	241.678.710	0	20	50	0	0	0
Rodaje Charlie	300.856.972	0	20	50	0	0	0
Calle SSEI	70.315.906	0	20	50	0	0	0
Total							3.284.776.017

Fuente: Elaboración Propia

A este monto se le debe sumar el valor residual de las expropiaciones de terrenos consideradas, alcanzado un valor residual total de \$ 3.339.890.723 (\$ 55.114.706 de expropiaciones).

7.3.3 Flujos de Caja

Una vez que se han valorado los costos sociales se procede a construir el flujo de caja de la iniciativa de inversión en análisis.

Se considera un horizonte de evaluación de 20 años, es decir, el primer año de operación se considera en el año 2026 y el último en el año 2045. Complementariamente, se considera que la inversión se ejecuta en dos años calendario (2024 y 2025).

A continuación, se presenta el flujo de caja del proyecto, valorado a precios sociales (\$ al 31 de diciembre de 2022)

³⁵ Resolución Exenta N°43 del 26 de diciembre de 2002.

Tabla 7-19. Flujo de caja a precios sociales (\$ dic 2022)

Año	CAPEX (\$)	Terrenos (\$)	Mantenición (\$)	Emisiones CO2 (\$)	V. Residual (\$)	Flujo de Caja (\$)
2024	6.333.518.018	59.229.045	0	1.556	0	6.392.748.618
2025	6.333.518.018	0	0	1.556	0	6.333.519.573
2026	0	0	0		0	0
2027	0	0	0		0	0
2028	0	0	0		0	0
2029	0	0	0		0	0
2030	0	0	0		0	0
2031	0	0	3.650.389		0	3.650.389
2032	0	0	0		0	0
2033	0	0	0		0	0
2034	0	0	3.650.389		0	3.650.389
2035	0	0	0		0	0
2036	0	0	0		0	0
2037	0	0	102.738.656		0	102.738.656
2038	0	0	0		0	0
2039	0	0	0		0	0
2040	0	0	15.162.942		0	15.162.942
2041	0	0	0		0	0
2042	0	0	0		0	0
2043	0	0	15.162.942		0	15.162.942
2044	0	0	0		0	0
2045	0	0	3.202.923.851		-3.339.890.723	-136.966.872

Fuente: Elaboración Propia

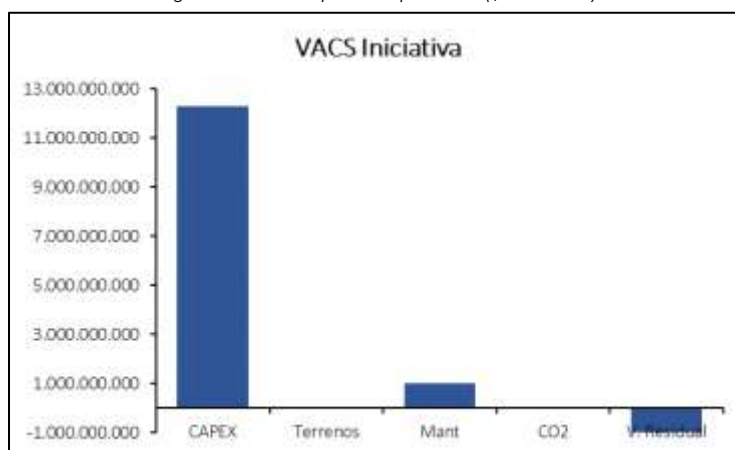
7.3.4 Criterio de Decisión

Finalmente, una vez que se ha construido el flujo de caja se procede a estimar el criterio de decisión para este tipo de iniciativas de inversión, que corresponde al VACS.

Para su cálculo se utiliza la tasa social de descuento vigente que asciende a un 6% real anual.

El VACS de la iniciativa asciende a \$ 12.391.091.705 (31 de diciembre de 2022), siendo el monto de inversión el concepto más incidente en el indicador, tal como se puede apreciar en la figura siguiente:

Figura 7-2. VACS por componente (\$ dic 2022)



Fuente: Elaboración Propia

7.3.5 Conclusiones

A partir de los antecedentes presentados durante el desarrollo del presente estudio se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- ✓ La normalización del Aeródromo de Balmaceda tiene un costo para el país que asciende a los \$ 12.391.091.705 en valor presente (\$ 31 de diciembre de 2022), principalmente asociado a su costo de inversión.
- ✓ La presente iniciativa de inversión permitirá adecuar esta unidad aeroportuaria a los estándares que se ha impuesto el país para este tipo de infraestructura, de acuerdo con la normativa nacional e internacional a la cual adscribe Chile, asegurando de esta forma su óptimo funcionamiento desde un punto de vista operacional y de seguridad, sin afectar la capacidad actual del área de movimiento de SCBA.
- ✓ Se espera un crecimiento de la demanda de pasajeros de 3,1% promedio anual para las próximas décadas en su escenario base (pesimista 2,9% y optimista 3,4%), lo cual se traduce en un aumento de sus operaciones en un 2,6% promedio anual (pesimista 2,3% y optimista 2,8%).
- ✓ Se estima que la hora punta (H1) de operaciones comerciales pase de 5 operaciones a la hora estimadas para 2022, a 9 operaciones a la hora hacia el final del horizonte de proyección (2050). En el caso de las operaciones totales del aeródromo se espera que su hora punta se eleve desde las 7 operaciones por hora estimadas para 2022, a 10 operaciones por hora al año 2050.
- ✓ Por su parte, se proyecta que la hora punta de pasajeros embarcados (H40) aumente de 400 pasajeros por hora en 2022 a 671 para el año 2050 en el escenario base (pesimista 664 pax/h y optimista 697 pax/h).
- ✓ SCBA se constituye como el principal complejo aeroportuario de la región de Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo (XI región), siendo el único que alberga operaciones comerciales y que pertenece a la red primaria de aeropuertos/aeródromos del país.
- ✓ Su vocación es eminentemente comercial, lo cual ha sido reflejado en su proyección hacia el 2050 estimando que este tipo de operaciones representen alrededor de un 85% de las operaciones totales proyectadas para el periodo.

7.4 COMPARACIÓN PRESUPUESTO ETAPA DE PERFIL VS ETAPA DE INGENIERÍA

A continuación, se realiza una comparación entre los presupuestos elaborados en la etapa de perfil y de ingeniería de la presente iniciativa de inversión, a nivel de ítems globales.

Dado que estos presupuestos fueron desarrollados en distintos momentos en el tiempo se han expresado en moneda de diciembre de 2022, eliminando el efecto inflacionario de manera de poder observar sus diferencias en términos reales, tal como se presenta a continuación.

Tabla 7-20. Comparación cuantitativa presupuesto perfil (EP) vs ingeniería de detalle (ID) (\$ dic 2022)³⁶

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Perfil (EP)	Ingeniería (ID)
		\$ dic 2022	\$ dic 2022
A	NORMALIZACIÓN RADIOS DE GIRO CALLE DE RODAJE CHARLIE	212.853.854	295.124.208
B	NORMALIZACIÓN RADIOS DE GIRO CALLE DE RODAJE BRAVO	235.599.699	252.607.261
C	NORMALIZACIÓN RESA UMBRAL 27	2.394.962.207	3.618.109.263
D	NORMALIZACIÓN RESA UMBRAL 09	2.704.016.668	0
E	NORMALIZACIÓN FRANJA DE PISTA Y DRENAJE	1.014.368.409	2.628.014.041
F	NORMALIZACIÓN RADIOS DE GIRO CALLE DE RODAJE ALFA PONIENTE	0	99.728.504
G	NORMALIZACIÓN RADIOS DE GIRO CALLE DE RODAJE ALFA ORIENTE	0	205.797.521
H	EXTENSIÓN CAMINO PERIMETRAL	0	36.686.712
I	SEGURIDAD CERCOS AEROPORTUARIOS	0	314.060.656
J	ALARGUE RODAJE ALFA	0	1.576.203.916
K	NUEVA CALLE SSEI	0	50.475.015
L	REPINTADO PISTA Y ALFA	0	47.644.881
TOTAL COSTO DIRECTO		6.561.800.836	9.124.451.978
	GG	2.624.720.335	2.737.335.593
	UTILIDADES	656.180.084	912.445.198
	TOTAL NETO	9.842.701.255	12.774.232.769
	IVA	1.870.113.238	2.427.104.226
	TOTAL PRIVADO	11.712.814.493	15.201.336.995
M	EXPROPIACION PARA REUBICACION LUCES BAJO NORMA IFR	73.733.058	59.229.046
TOTAL		11.786.547.551	15.260.566.041

Fuente: Etapa 5 Comparación Diseño de Ingeniería Definitiva versus Etapa Preinversional,
"Estudio Normalización Área de Movimiento Aeródromo de Balmaceda"

Como es posible observar, a nivel de costo directo existe una diferencia de \$ 2.562.651.144 que porcentualmente asciende a un 39,05%. Al considerar costos indirectos, la diferencia en términos absolutos alcanza los \$ 3.474.018.490, representando una diferencia porcentual de un 29,47%.

Cabe señalar que existe una diferencia en la estructura de costos indirectos considerada en el Estudio de Perfil desarrollado por la DAP, respecto de aquella determinada en la Ingeniería de Detalle. En efecto, en el caso del estudio de perfil se consideran gastos generales de un 40% sobre el costo directo, no así en la ingeniería de detalle, que considera gastos generales de un 30% sobre el costo directo.

A continuación, se explican cualitativamente las principales diferencias entre ambos presupuestos.

³⁶ Para el caso del Proyecto de Ingeniería (FAIC) se considera como una sola obra la normalización de ambos umbrales, que incluye desplazamiento del umbral poniente y su consiguiente alargue al oriente, ZPCH y zonas RESA en ambos umbrales, además de la modificación de las ayudas visuales y radioayudas.

Tabla 7-21. Comparación cualitativa presupuesto perfil (EP) vs ingeniería de detalle (ID) (\$ dic 2022)

ÍTEM	OBRAS	CARACTERÍSTICAS	EP	< ó >	ID	OBSERVACIONES
A	NORMALIZACIÓN RADIOS DE GIRO CALLE DE RODAJE CHARLIE	AREA		<		EP considera un área menor. El área en ID fue ratificado según normativa FAA
		TIPO PAVIMENTO				EP considera hormigón en fillet y asfalto en margen. ID considera todo en asfalto
		VOLUMEN MARGEN FILLET ASFALTO		<		Según los espesores y área, el volumen en ID es mayor
		VOLUMEN CAPA GRANULAR		<		Según los espesores y área, el volumen en ID es mayor
		PRECIO ASFALTO MARGEN (RAP)/m3		>		Aunque el precio de EP es mayor al de ID, considerando que éste tiene mayor volumen el precio final es mayor en este ítem
		PRECIO CAPA SUPERFICIAL/m3		>		EP considera hormigón en fillet. ID en asfalto. El precio final de esta capa es mayor en IP
		PRECIO CAPA GRANULAR/m3		>		Aunque el precio de EP es mayor al de ID, considerando que este último tiene mayor volumen el precio final es mayor en este ítem. Esta es la mayor diferencia de precio y aumenta el de ID
		OTROS: AYUDAS VISUALES		<		EP no considera obras de ayudas visuales. ID si incluye
B	NORMALIZACIÓN RADIOS DE GIRO CALLE DE RODAJE BRAVO	AREA		<		EP considera un área menor. El área en ID fue ratificado según normativa FAA
		TIPO PAVIMENTO				EP considera hormigón en fillet y asfalto en margen. ID considera todo en asfalto
		VOLUMEN MARGEN FILLET ASFALTO		>		Según los espesores y área margen, el volumen en ID es menor
		VOLUMEN CAPA GRANULAR		<		Según los espesores y área, el volumen en ID es mayor
		PRECIO ASFALTO MARGEN (RAP)/m3		>		Aunque el precio de EP es mayor al de ID, considerando que este último tiene menor volumen el precio final es menor en este ítem
		PRECIO CAPA SUPERFICIAL/m3		>		EP considera hormigón en fillet. ID en asfalto. El precio final de esta capa es mayor en IP
		PRECIO CAPA GRANULAR/m3		>		Aunque el precio de EP es mayor al de ID, considerando que este último tiene mayor volumen el precio final es mayor en este ítem. Esta es la mayor diferencia de precio y aumenta el de ID
		OTROS: AYUDAS VISUALES		<		EP no considera obras de ayudas visuales. ID si incluye
CyD	NORMALIZACIÓN RESA UMBRAL 27 Y NORMALIZACIÓN RESA UMBRAL 09	VOLUMEN PAVIMENTO HORMIGÓN PISTA		<		Se entiende que tanto en IP e ID corresponde al alargue de pista U27 y zona de giro. La diferencia de volumen podrá aplicarse al área de zona de giro y los espesores de hormigón
		VOLUMEN MARGEN ASFALTO PISTA Y ZPCH		>		Se entiende que tanto en IP e ID corresponde al margen de alargue de pista U27 y ZPCH. No es directo saber porque el volumen de asfalto es mayor en IP
		VOLUMEN CAPA GRANULAR		<		Se entiende que tanto en IP e ID corresponde a la base colocada bajo el hormigón y asfalto en el alargue de pista U27, margen y ZPCH. La diferencia de volumen podrá aplicarse al área de zona de giro y los espesores de esta capa
		PRECIO ASFALTO/m3		>		El precio de EP es mayor al de ID, considerando que este último tiene menor volumen el precio final es menor en este ítem
		PRECIO HORMIGÓN/m3		<		El precio de EP es menor al de ID, considerando que este último tiene mayor volumen el precio final es mayor en este ítem
		PRECIO CAPA GRANULAR/m3		>		El precio de EP es mayor al de ID, sin embargo, aunque este último tiene mayor volumen el precio final es menor en este ítem
		OTROS: MONTO OBRAS AYUDAS VISUALES Y RADIOAYUDAS		>		En ID se desarrolla el alargue de pista al oriente incluyendo ZPCH y RESA al mismo tiempo que se normaliza la RESA de umbral poniente, por lo que no es directa la comparación entre ID e IP. Sin embargo, la sumatoria final de ayudas visuales y radioayudas en la normalización de ambas zonas RESA es superior en IP
		OTROS: PARTIDAS DE ESTE ÍTEM				En ID se desarrolla el alargue de pista al oriente incluyendo ZPCH y RESA al mismo tiempo que se normaliza la RESA de umbral poniente, por lo que no es directa la comparación entre ID e IP
		OTROS: MONTO GLOBAL REPOSICIÓN PISTA 300m AFECTADOS POR NORMALIZACIÓN RESA				No es posible dilucidar que obras contempla este ítem en EP. En ID la reposición se desglosa por alargue de pista, incluyendo margen, ZPCH, RESA, franja, ayudas visuales. Se estima corresponde a obras de radioayudas
		VOLUMEN CORTE		>		En IP el corte es mayor.
E	NORMALIZACIÓN FRANJA DE PISTA Y DRENAJE	VOLUMEN TERRAPLÉN		<		En IP el relleno es menor.
		PRECIO CORTE/m3		>		Considerando que el volumen y precio en IP es mayor que en ID, IP resulta superior
		PRECIO TERRAPLÉN/m3		>		Considerando que el volumen en ID es mayor, aunque el precio sea inferior el valor final resulta superior en ID
		OTROS: OBRAS DE DRENAJE		<		En ID se incluyen obras hidráulicas enterradas, con sumideros, cámaras de inspección, ductos, entre otros. En IP se considera drenaje abierto
F	NORMALIZACIÓN RADIOS DE GIRO CALLE	OBRAS PARA FILLET EN RODAJE		<		EP no contempla fillet. En ID fue ratificado según normativa FAA. Se diseña margen en asfalto. Incluye obras de ayudas visuales

ÍTEM	OBRAS	CARACTERÍSTICAS	EP	< ó >	ID	OBSERVACIONES
	DE RODAJE ALFA PONIENTE					
G	NORMALIZACIÓN RADIOS DE GIRO CALLE DE RODAJE ALFA ORIENTE	OBRAS PARA FILLET EN RODAJE		<		EP no contempla fillet. En ID fue ratificado según normativa FAA. Se diseña fillet y margen en asfalto. Incluye obras de ayudas visuales
H	EXTENSIÓN CAMINO PERIMETRAL	EXTENSIÓN CAMINO POR AMPLIACIÓN PISTA ORIENTE		<		EP no lo contempla. En ID se diseña ampliación de camino perimetral bordeando la extensión de pista al oriente
I	SEGURIDAD CERCOS AEROPORTUARIOS	INCLUSIÓN DE NUEVOS CERCOS OACI		<		EP no contempla nuevos cercos OACI. En ID se incluyen nuevos cercos por extensión de pista al oriente, el reemplazo de cerco actual de menor altura por uno según normativa en umbral poniente y nuevo cerco en VOR
J	ALARGUE RODAJE ALFA	OBRAS DE ALARGUE DE ALFA PARA COINCIDIR CON NUEVO UMBRAL 27 DE PISTA. INCLUYE CONEXIÓN CON RODAJE PERPENDICULAR		<		EP no lo contempla. En ID se diseña ampliación de Alfa en pavimento de hormigón y margen de asfalto. Incluye ZPCH, RESA, franja y obras de ayudas visuales
K	NUEVA CALLE SSEI	NUEVA CALLE OBLICUA HACIA UMBRAL ORIENTE		<		EP no lo contempla. En ID se incluye calle SEI en pavimento asfáltico.
L	REPINTADO PISTA Y ALFA	REPINTADO TOTAL DEL ÁREA DE MOVIMIENTO		<		EP no lo contempla. En ID se incluye demarcación general.
M	EXPROPIACION PARA REUBICACION LUCES BAJO NORMA IFR	ÁREA EXPROPIACIÓN		<		En ID el área es superior a lo considerado en IP. En ID el área a expropiar mantiene igual ancho que líneas horizontales de cerco actual y deja una holgura más allá de las luces en sentido transversal a pista, tal como se muestra en figura siguiente. Posiblemente el área inferior de EP se deba a que únicamente se considera un ancho franja o más ajustado al borde de luces (no se detalla en EP).
		PRECIO EXPROPIACIÓN/m2		>		Aunque en ID el área es superior, considerando que el precio/m2 es inferior, resulta un valor final inferior en ID. Se desconoce cómo se llega a monto en EP, en tanto que en ID existe un análisis de expropiación.

Fuente: Etapa 5 Comparación Diseño de Ingeniería Definitiva versus Etapa Preinversional,
"Estudio Normalización Área de Movimiento Aeródromo de Balmaceda"